



FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO

Carrera de Arquitectura y Urbanismo

“ESTRATEGIAS DE DISEÑO DE LA ARQUITECTURA PASIVA PARA LOGRAR EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN COAR, TRES MOLINOS - CAJAMARCA - 2019”.

Tesis para optar el título profesional de:

ARQUITECTA

Autor:

Bach. Rosa María Urquiaga Villalobos

Asesor:

Mtra. Arq. Blanca Alexandra Bejarano Urquiza.

Cajamarca - Perú

2019

DEDICATORIA

A DIOS por brindarme salud, fortaleza y su bendición para poder lograr mis objetivos.

A mi madre María Maximira y hermanos Yola e Yván por ser mi apoyo en todo momento, por brindarme consejos, inculcarme valores, por motivarme cada día para luchar por mis sueños y seguir siempre adelante con mucho esfuerzo, cariño y dedicación, gracias sobre todo por su amor.

A mis docentes por sus enseñanzas y su buen trato, por compartir cada conocimiento e inculcarme una buena educación de calidad, además por ser el pilar ejemplo de la carrera.

A mi mejor amiga y a su mamá por apoyarme en cada momento difícil, por ser parte de mi formación y enseñarme a luchar por mis sueños

A mis amigos por mostrarme el valor de la amistad y por cada momento juntos durante mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por su bendición, fortaleza y su compañía durante toda mi carrera, por ser mi guía y bendición en todo momento.

A la Universidad Privada del Norte por darme la oportunidad de formarme en su casa de estudios y poder realizar mi sueño de ser profesional.

A Beca 18 por el apoyo brindado durante toda la carrera, puesto que me brindó la oportunidad de realizar mis estudios en una buena universidad.

También agradezco a todos mis docentes de mi carrera profesional porque han aportado con sus enseñanzas, paciencia y motivación en especial a la directora de carrera Arq. Doris Sullca Porta por ser la imagen guía de la carrera y el apoyo incondicional, hago extensivo mi agradecimiento a mi asesora Arq. Blanca Alexandra Bejarano Urquiza, por ser nuestra amiga y nuestro ejemplo, gracias por su disponibilidad, su dedicación y su espíritu de apoyo, a mi maestro y asesor Arq. Marco Zulueta, por su buen ejemplo profesional, sus consejos, comprensión y apoyo incondicional.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a los que agradezco infinitamente su amistad, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles, gracias por todo lo que me han dado, bendiciones y éxitos para todos.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
RESUMEN.....	10
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	11
1.1 Realidad problemática.....	11
1.2 Formulación del problema.....	26
1.3 Objetivos	26
1.3.1 Objetivo general	26
1.3.2 Objetivos específicos.....	26
1.4 Hipótesis.....	26
1.4.1 Hipótesis general	26
1.4.2 Hipótesis específicas.....	26
CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA	27
2.1 Tipo de investigación.....	27
2.2 Presentación de Casos/Muestra.....	27
2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	30
CAPÍTULO 3 RESULTADOS.....	34
3.1 Estudio de Casos/Muestra.....	34
3.2 Lineamientos del diseño.....	51
3.3 Dimensionamiento y envergadura	52
3.4 Programa arquitectónico	53
3.5 Determinación del terreno	57
3.6 Análisis del lugar	62
3.7 Idea rectora y las variables.....	64
3.8 Proyecto arquitectónico	65
3.9 Memoria descriptiva.....	78

CAPÍTULO 4	CONCLUSIONES	90
4.1	Discusión	90
4.2	Conclusiones	95
REFERENCIAS		96
ANEXOS		99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1.1	Zonificación Bioclimática del Perú	15
Tabla N° 1.2	Ubicación de provincias por zona bioclimática.....	15
Tabla N° 1.3	Características de cada zona bioclimática.....	16
Tabla N° 1.4	Tipo de iluminación natural	17
Tabla N° 1.5	Coeficiente de captación térmica de un Muro Trombe	19
Tabla N° 1.6	Coeficiente de captación térmica de un Muro de inercia simple	19
Tabla N° 1.7	Área de apertura de vanos.....	20
Tabla N° 1.8	Tipos de ventanas según incidencia de vientos.....	21
Tabla N° 1.9	Transmitancia térmica en ventanas.....	22
Tabla N° 1.10	Transmitancia térmica en puertas	22
Tabla N° 1.11	Materiales en la envolvente según propiedades térmicas	23
Tabla N° 1.12	Valores límites máximos de transmitancia térmica en W/m ² k.....	24
Tabla N° 1.13	Calor específico y Capacidad calorífica de algunos materiales	24
Tabla N° 1.14	Conductividad térmica en materiales constructivos.....	25
Tabla N° 2.1	Colegio Rochester	27
Tabla N° 2.2	Colegio estadual Erich Walter Heine	28
Tabla N° 2.3	Colegio Un aula un patio, un colegio un gran patio.....	29
Tabla N° 2.4	Resumen de fichas documentales.....	31
Tabla N° 2.5	Resumen de fichas de contexto	32
Tabla N° 2.6	Resumen de fichas de análisis de casos	32
Tabla N° 3.1	Cuadro comparativo y resultados de forma	34
Tabla N° 3.2	Comparativo de forma.....	34
Tabla N° 3.3	Cuadro comparativo y resultados de orientación	35
Tabla N° 3.4	Comparativo de orientación	35
Tabla N° 3.5	Cuadro comparativo y resultados de iluminación natural - lateral.....	36
Tabla N° 3.6	Comparativo de iluminación natural-lateral.....	36
Tabla N° 3.7	Cuadro comparativo y resultados de iluminación natural - cenital	36
Tabla N° 3.8	Comparativo de iluminación natural-cenital	37
Tabla N° 3.9	Cuadro comparativo y resultados de iluminación natural - combinada	37
Tabla N° 3.10	Comparativo de iluminación natural-combinada	38
Tabla N° 3.11	Cuadro comparativo y resultados de muros de inercia.....	38
Tabla N° 3.12	Comparativo de muros de inercia.....	39
Tabla N° 3.13	Cuadro comparativo y resultados de vegetación	39
Tabla N° 3.14	Comparativo de vegetación.....	39
Tabla N° 3.15	Cuadro comparativo y resultados de ubicación de vanos	40
Tabla N° 3.16	Comparativo de ubicación de vanos.....	40
Tabla N° 3.17	Cuadro comparativo y resultados de área de apertura de vanos	41
Tabla N° 3.18	Comparativo de área de apertura de vanos.....	41

Tabla N° 3.19	Cuadro comparativo y resultados de transmitancia térmica en ventanas	42
Tabla N° 3.20	Comparativo de transmitancia térmica en ventanas.....	42
Tabla N° 3.21	Cuadro comparativo y resultados transmitancia térmica en puertas.....	42
Tabla N° 3.22	Comparativo de transmitancia térmica en puertas	43
Tabla N° 3.23	Cuadro comparativo y resultados de transmitancia térmica en muros y cubiertas .	43
Tabla N° 3.24	Comparativo de transmitancia térmica en muros y cubiertas	43
Tabla N° 3.25	Cuadro comparativo y resultados de inercia térmica en vanos, muros y cubiertas	44
Tabla N° 3.26	Comparativo inercia térmica en vanos, muros y cubiertas	44
Tabla N° 3.27	Cuadro comparativo y de resultados de la variable dependiente	45
Tabla N° 3.28	Comparativo de la variable dependiente.....	45
Tabla N° 3.29	Cuadro comparativo resumen de análisis de casos	46
Tabla N° 3.30	Comparativo resumen de análisis de casos	47
Tabla N° 3.31	Relación de variable independiente en base a Givoni.....	48
Tabla N° 3.32	Sustento normativo de Archiwizard	48
Tabla N° 3.33	Cruce de variables	49
Tabla N° 3.34	Lineamientos de diseño	51
Tabla N° 3.35	Filtros para demanda	53
Tabla N° 3.36	Zonas de un COAR.....	55
Tabla N° 3.37	Perfil de estudiante	55
Tabla N° 3.38	Programa arquitectónico: zona académica.....	57
Tabla N° 3.39	Programa arquitectónico: sumatorio total de zonas	57
Tabla N° 3.40	Consideraciones urbanísticas para el terreno.....	58
Tabla N° 3.41	Criterios de análisis de terreno	59
Tabla N° 3.42	Resumen de terrenos analizados en base a normativa.....	59
Tabla N° 3.43	Evaluación síntesis de terrenos analizados	61
Tabla N° 3.44	Evaluación final de terrenos - comparación	61
Tabla N° 3.45	Análisis contextual, peligros, uso de suelo y vulnerabilidad de terreno elegido	63
Tabla N° 3.46	Zonas de COAR, para idea rectora	64
Tabla N° 3.47	Cuadro resumen de lineamientos de diseño de COAR.....	66
Tabla N° 3.48	Cuadro de transmitancia térmica en vanos, paredes y cubiertas	71
Tabla N° 3.49	Cuadro de inercia térmica en vanos, paredes y cubiertas.....	73
Tabla N° 3.50	Cifras de envolvente térmica.....	75
Tabla N° 3.51	Cifras de clave de la edificación	76
Tabla N° 3.52	Balance energético	76
Tabla N° 3.53	Zonificación general del proyecto	79
Tabla N° 3.54	Cuadro de áreas.....	80
Tabla N° 3.55	Predimensionamiento de columnas.....	82
Tabla N° 3.56	Dimensiones de columnas	83
Tabla N° 3.57	Predimensionamiento de vigas	83
Tabla N° 3.58	Predimensionamiento de zapatas	83

Tabla N° 3.59 Cálculos de demandas.....	85
Tabla N° 3.60 Unidades de descarga	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1.1	Muro trombe	18
Figura N° 3.1	Organigrama	56
Figura N° 3.2	Área de estudio para implantación de terreno	58
Figura N° 3.3	Análisis de tres molinos-terreno elegido	62
Figura N° 3.4	Idea concepto del proyecto	65
Figura N° 3.5	Forma de aulas lineales de este a oeste	67
Figura N° 3.6	Aulas orientadas al Norte.....	68
Figura N° 3.7	Corte arquitectónico que expresa iluminación lateral en aulas.....	68
Figura N° 3.8	Corte arquitectónico que expresa iluminación cenital en laboratorios	69
Figura N° 3.9	Corte arquitectónico que expresa iluminación combinada en piscina y losas	69
Figura N° 3.10	Cortes arquitectónicos que expresan ubicación de vanos en aulas y talleres.....	70
Figura N° 3.11	Plantas arquitectónicas que expresan ubicación de vanos en aulas y talleres	70
Figura N° 3.12	Confort lumínico en zona académica	74
Figura N° 3.13	Confort térmico en zona académica.....	75
Figura N° 3.14	Medidas del terreno.....	78
Figura N° 3.15	Zonificación del proyecto	79

RESUMEN

La presente investigación busca determinar las estrategias de Diseño de la arquitectura pasiva que puedan aplicarse en un Colegio de Alto Rendimiento Académico para lograr eficiencia energética, pretende desde la arquitectura pasiva cambiar el prototipo típico de un colegio que genera consumo energético descontrolado, hacia un colegio que apoyado de estrategias de diseño pasivo en su arquitectura irradie cuidado ambiental y disminuya el consumo energético, la investigación busca generar e impulsar eficiencia energética ante la situación de crisis energética y el cambio climático que está afrontando nuestro planeta.

La metodología que se aplica en la investigación parte del estudio situacional de la educación en el Perú, del aporte de calidad educativa de un Colegio de Alto Rendimiento Académico, y su relación directa con el cuidado ambiental y la eficiencia energética, esta última analizada a partir del uso de estrategias de diseño de la arquitectura pasiva, teniendo como base teórica la Passivhaus, que permite establecer estrategias de estudio de acuerdo a elementos clima de la zona de emplazamiento del proyecto para los que se plantea las siguientes estrategias: diseño en el edificio, captación solar, refrigeración pasiva y mejora en la envolvente térmica, las que apoyadas del estudio contextual y documental permitan determinarlas como estrategias pasivas que logren espacios educativos óptimos en eficiencia energética, especialmente en una construcción educativa que desarrolle por sí sola la arquitectura pasiva. Además, la investigación tiene un soporte de comprobación de indicadores dado por el software Archiwizard el que permite expresar de manera cuantificada la disminución de consumo energético y la generación de arquitectura pasiva ambientalmente amigable. Se presenta a continuación 4 capítulos en los que se pretende dar a conocer y determinar estrategias de diseño pasivo para un Colegio de Alto Rendimiento Académico, que evidencie eficiencia energética y aporta con centros de difusión para el cuidado ambiental.

Se concluye que la arquitectura pasiva apoyada en estrategias de diseño permite generar disminución de consumo energético y coopera con el cuidado ambiental, su estudio y determinación permiten disminuir la huella ecológica de una institución educativa con excesivo consumo energético.

Palabras clave: Arquitectura pasiva, envolvente térmica, eficiencia energética, Passivhaus.

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

La palabra educación proviene de un étimo latino "ēdūcere" etimológicamente significa el promover al desarrollo (intelectual y cultural) del educando, es decir, desarrollar las potencialidades psíquicas y cognitivas propias del educando desde su intelecto y su conocimiento haciendo en tal proceso al educando activo. Campoya (2013), explica que: "La educación puede definirse como el proceso de socialización de los individuos. Al educarse, una persona asimila y aprende conocimientos", se da de diversas maneras, nos educamos desde el momento en que aprendemos a caminar, a hablar, etc. Pero la educación es mucho más enfocada y metodológica en las instituciones educativas.

En el Perú se tiene un sistema educativo basado en niveles denominados inicial, primaria, secundaria y superior, de acuerdo a la Constitución, la educación inicial, primaria y secundaria es obligatoria y gratuita. El sistema educativo se caracteriza por un bajo desempeño en rendimiento escolar, la Sociedad de Comercio Exterior del Perú (2017) indicó que, en el último reporte de competitividad elaborado por el Foro Económico Mundial, en cuanto a calidad de la educación primaria, Perú se ubica en la posición 131, siendo uno de los últimos, en educación secundaria, Perú registra una tasa bruta de escolaridad del 95.6%, ocupando la posición 62 del ranking. Por el lado de la educación terciaria o superior, tiene una tasa bruta de asistencia del 40.5%, y está en la posición 13 a nivel de la región Asia Pacífico, pero en la posición 67 a nivel mundial, ante ello se planteó recuperar la calidad educativa en el Perú, se implantó sistemas de mejora en metodología de enseñanza y se buscó mejorar la infraestructura planteando los denominados Colegios Emblemáticos, pero uno de los avances con mayor envergadura para el caso de educación secundaria, ya que es el pase al nivel superior y por tanto, lo que indicará su futuro laboral de una persona, se dio mediante la creación de los COAR.

Los COAR: Colegio de Alto Rendimiento Académico, según explica el Ministerio de Educación (2019) son una red de 24 colegios a nivel nacional (uno por cada región), colegios con los mejores estándares de calidad educativa y que funcionan como un programa del Estado, su modo de acción es el de un internado, su educación se da en los tres últimos grados de educación secundaria y permite acceder a la mejor educación a alumnos con alto rendimiento académico y con bajos recursos económicos, la principal función radica en la idea de mejorar la calidad educativa del país, es una manera de generar oportunidad de educación para los más necesitados y permite difundir la inclusión, interculturalidad y cuidado ambiental en los jóvenes líderes.

En Cajamarca hoy se cuenta con la presencia de Colegio de Alto Rendimiento Académico, este funciona en el distrito de Jesús, y tiene infraestructura provisional, el proyecto está destinado a una población de 300 estudiantes que pasan por diversos filtros de elección.

Primero se tiene como población destinataria de 43 000 estudiantes que son toda la población estudiantil que ocupan los tres primeros lugares en todos los colegios a nivel nacional, de los que solo postulan a un Colegio de Alto Rendimiento Académico, los estudiantes de colegios públicos, por lo que la población disminuye a 30 917 estudiantes, de ellos un 70% son de la región, es decir en este caso para el Colegio de Alto Rendimiento de Jesús, son de la región Cajamarca y el otro 30% son del resto del país, como se tiene 24 Colegios de Alto Rendimiento Académico a nivel nacional solo para el caso de Cajamarca se tiene 1 289 postulantes, ellos pasan etapas de evaluaciones de competencias, vivencial y entrevista, llegando a la población base para la que se diseña todo Colegio de Alto Rendimiento Académico, que es de 300 estudiantes, esta población es fija puede ser menor más no mayor, en base a esta población se diseña la infraestructura de todos estos colegios a nivel nacional a excepción del Colegio de Alto Rendimiento Académico de Lima que recibe a 500 estudiantes.

La población a la que se destina el servicio está dada en base a Normativa del Ministerio de Educación, que establece 300 estudiantes para cada uno de los Colegios de Alto Rendimiento Académico. El Colegio de Alto Rendimiento - Jesús, alberga hoy a 291 estudiantes. Pero este colegio hoy no tiene una infraestructura que proyecte cuidado ambiental en la actualidad los estudiantes solo realizan labores de reforestación en las zonas donde se ubican, más no se ha tomado en cuenta temas medioambientales en su arquitectura, a pesar de que según la ONU (2016) la arquitectura es uno de los principales medios contaminantes, especialmente con el consumo de energía que esta demanda, haciendo un total de un 40% de emisiones de CO₂ y de uso de recursos naturales, hoy en día menciona Rendón (2012) los edificios consumen alrededor de un 50% de la energía total a nivel mundial y son responsables de aproximadamente la mitad de las contribuciones artificiales (20 millones de toneladas) de CO₂ al año. El 80% de los gases causantes del efecto invernadero vienen del consumo energético.

Es así que ante esto es necesario plantear un Colegio que con su infraestructura genere eficiencia energética a través de estrategias de diseño pasivo, por lo que se estudia antecedentes a nivel mundial que permitan esclarecer el tema medioambiental en infraestructura educativa precisamente enfocándolo a la eficiencia energética.

En Latinoamérica, explica Restrepo (2012) los números oficiales del US Green Building Council (USGBC), entidad que evalúa y entrega el sello de acuerdo con un sistema de puntos preestablecidos, a la fecha hay 69 edificaciones certificadas en América latina. Se tiene el caso de Uruguay que cuida el medio ambiente con construcciones con arquitectura pasiva, a ello no es ajeno las instituciones educativas en ellas no hay aire acondicionado para combatir el invierno ni calor uruguayo. La escuela no está conectada a la red eléctrica ni a tuberías de agua. Su presencia se distingue por su arquitectura pasiva con bajo consumo energético.

Colombia en la actualidad está impulsando también una nueva forma de construir que considera centros educativos con arquitectura de bajo consumo energético. School (2014)

expone el caso de Rochester situada en Bogotá, fue diseñado y construido para ser un colegio verde, a diferencia de otros colegios, las aulas del Rochester, están dotadas con sistemas de difusión en la iluminación, sensores de temperatura, ventilación natural y pisos con materiales que evitan el ruido. Este enfatiza el uso ético y eficiente de la energía, basada en estrategias de diseño pasivo.

Al analizar situaciones de antecedentes reales de infraestructura educativa enfocada a la eficiencia energética se plantea conceptos de solución al problema de uso descontrolado de energía, tales como la arquitectura pasiva enfocada en eficiencia energética en un Colegio de Alto Rendimiento Académico. Existen antecedentes documentales que permiten enfocar la investigación de la arquitectura pasiva para lograr eficiencia energética como el caso de la tesis: "Estudio de la eficiencia energética en Edificios Municipales comparando herramientas de simulación con medidas experimentales", donde explica la aplicación de estrategias de arquitectura pasiva y bioclimática para lograr eficiencia energética, además, presenta sistemas de cuantificación de indicadores que son dados en base a software como el Climate Consult, Energy Plus y el Archiwizard.

EcoHabitar (2013) menciona que la arquitectura pasiva se basa en el diseño de construcciones que aprovechan las energías y el clima del entorno, para conseguir el confort interior sin necesidad de utilizar fuentes activas de calefacción o refrigeración. En Alemania se fue más allá de este enunciado para buscar una cuantificación que pudiera hacer más fácil su uso en la práctica. El sistema PassivHaus (Casa Pasiva), se reduce básicamente a un gasto energético mínimo para poder considerar "innecesario" un sistema convencional de calefacción o refrigeración. La Plataforma de Passivhaus (2019) indica que el estándar de construcción nacido en Alemania en 1991 se ha ido extendiendo por el resto del mundo. Combina un elevado confort interior con un consumo de energía muy bajo, gracias al máximo cuidado de la envolvente del edificio y a un sistema de ventilación controlada. Se formula por el Prof. Bo Adamson y el Prof. Wolfgang (fundador) su primer proyecto se dio en 1990, Cuatro casas apareadas en Darmstadt-Alemania y se creó bajo la directiva europea 2010/31 UE, establece que los estados deberán tomar medidas para que a partir del 2020 todos los edificios de nueva planta sean de consumo de energía casi nulo, 2018 en el caso de edificios públicos, el concepto Passivhaus: edificios de consumo energético casi nulo, cumple con lo siguiente:

- Alto grado de aislamiento.
- Control de puentes térmicos y de infiltraciones de aire (estudio de vanos).
- Carpinterías de gran calidad.
- Aprovechamiento del soleamiento.

La Passivhaus es la base teórica de esta investigación y establece principios que permiten determinar estrategias de diseño pasivo para lograr eficiencia energética, a continuación, se explica en primer lugar, el súper aislamiento: espesores de envolventes que doblan o triplican los tradicionales, en segundo lugar: eliminación de puentes térmicos: son

puntos débiles de la envolvente debido a su cambio de composición busca minimizar pérdidas de energía, en tercer lugar: control de las infiltraciones sin hacer uso de sistemas activos, en cuarto lugar: mantener el calor interno sin ser alterado por el exterior, quinto lugar: ventanas y puertas de altas prestaciones: las carpinterías con las zonas más débiles de la envolvente, se estudia su coeficiente de transmisión térmica y aislamiento y por último: optimización de ganancias solares y de calor interior: aprovechamiento de ganancias externas.

La Guía del Estándar Passivhaus (2011), permite conocer puntos clave de las edificaciones pasivas, adecuar las edificaciones de acuerdo realidades climáticas y da a conocer de manera clara, precisa y ordenada el correcto diseño de una edificación pasiva considerando como punto clave la eficiencia energética,

Por lo que se tomará en cuenta estrategias de diseño pasivo basados en la Passivhaus tales como: elementos clima, diseño del edificio, captación solar, refrigeración pasiva, y mejora de la envolvente térmica, todas ellas enfocadas en la reducción de consumo de energía. En primer lugar se tiene los elementos clima de la zona donde se emplazará un proyecto, según la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (2012) existen parámetros ambientales para determinar la evaluación del confort térmico en un espacio, para lo cual es necesario mencionar al clima, que estudia en primer lugar la temperatura del exterior: es aquella temperatura que rodea al usuario y esta se mide en grados centígrados, Gardey (2016) menciona que la temperatura, es aquella relacionada directamente con la atmósfera y se refiere al nivel de calor que tiene el aire en un determinado sitio y un momento específico, se considera 21°C de temperatura ideal para el interior.

Otro aspecto climático a tomar en cuenta es la humedad relativa que según la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (2012), mide la cantidad de vapor de agua existente en el aire a una determinada temperatura, por otro lado, Hernández (2014), define humedad relativa como la cantidad de vapor que tiene el aire, se mide en porcentajes en el que el ideal oscila entre 30% y 70%.

Como último elemento clima se estudia el viento es el aire en movimiento, el cual se produce en dirección horizontal, a lo largo de la superficie terrestre. La dirección, depende directamente de la distribución de las presiones, tiende a soplar desde la región de altas presiones hacia la de presiones más bajas. Se debe evitar primordialmente la ubicación de la edificación directa a la dirección de velocidad de vientos, además en el caso de educación, de acuerdo con el Ministerio de Educación, las aulas deben ir perpendicular al norte. Para filtrar vientos se determina como punto de apoyo la vegetación que funciona como agente rompeviento o cortinas rompeviento, son hileras de árboles o arbustos de diferentes alturas que forman una barrera opuesta a la dirección predominante del viento, la vegetación permite filtrar la velocidad de los vientos.

En segundo lugar, se considera otra estrategia de mayor aporte a la eficiencia energética y es el diseño en edificio que estudia principalmente la ubicación, forma y orientación, de acuerdo a Olygay (1998) se debe tomar en cuenta primero la ubicación donde se implantará la edificación, pues existen microclimas que varían el tipo de estrategias a

aplicar de acuerdo a la zona clima, toma en cuenta la latitud, longitud y altura, teniendo como referencia la topografía del lugar. El Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2014) menciona que es importante tomar en cuenta la zona bioclimática los que permite definir parámetros, para los que será necesario aplicar estrategias de diseño bioclimático para favorecer el confort térmico y mejorar la eficiencia energética.

Tabla N° 1.1
Zonificación Bioclimática del Perú

Zona Bioclimática	Definición climática
1	Desértico Costero
2	Desértico
3	Interandino bajo
4	Mesoandino
5	Altoandino
6	Nevado
7	Ceja de montaña
8	Subtropical húmedo
9	Tropical húmedo

Fuente: Perú. Ministerio de Vivienda y Saneamiento (2014) Decreto Supremo N°006-2014-Vivienda Incorporación de la Norma Técnica EM 110 "Confort térmico y Lumínico con Eficiencia Energética" Reglamento Nacional de Edificaciones.

Dentro de cada zona bioclimática el Ministerio de vivienda sitúa las provincias, considerando su ubicación y sus variedades climáticas, de acuerdo a ellas establece parámetros y estrategias bioclimáticas.

Tabla N° 1.2
Ubicación de provincias por zona bioclimática

Ubicación de Provincias por Zona Bioclimática						
Departamento	1 Desértico Marino	2 Desértico	3 Interandino Bajo	4 Mesoandino	5 Alto Andino	6 Nevado
Cajamarca				Cajabamba		
				Cajamarca		
				Celendín		
				Chota		
				Contumazá		
				Hualgayoc		
				San Marcos		
				San Miguel		
				San Pablo		

Fuente: Perú. Ministerio de Vivienda y Saneamiento (2014) Decreto Supremo N°006-2014-Vivienda Incorporación de la Norma Técnica EM 110 "Confort térmico y Lumínico con Eficiencia Energética" Reglamento Nacional de Edificaciones.

Tabla N° 1.3

Características de cada zona bioclimática

Características climáticas		Zonas Bioclimáticas del Perú					
		1 Desértico Costero	2 Desértico	3 Interandino Bajo	4 Mesoandino	5 Alto Andino	6 Nevado
1	Temperatura media anual	18 a 19°C	24 °C	20°C	12°C	6°C	<0°C
2	Humedad relativa media	>70%	50 a 70%	30 a 50%	30 a 50%	30 a 50%	30 a 50%
3	Velocidad de viento	Norte: 5-11 m/s Centro: 4-5 m/s Sur: 6-7 m/s	Norte: 5-11 m/s Centro: 4-5 m/s Sur: 6-7 m/s	Norte: 4 m/s Centro: 6 m/s Sur: 5-7 m/s	Norte: 10 m/s Centro: 7.5 m/s Sur: 4 m/s Sur Este: 7 m/s	Centro: 6 m/s Sur: 7 m/s Sur Este: 9 m/s	Centro: 7 m/s Sur: 7 m/s
4	Dirección pred. de viento	S-SO-SE	S-SO-SE	S	S-SO-SE	S-SO	S-SO
5	Radiación solar	5 a 5.5 kwh/m ²	5 a 7.5 kwh/m ²	2 a 7.5 kwh/m ²	5 a 5.5 kwh/m ²	S kwh/m ²	S kwh/m ²
6	Horas de sol	Norte: 5 h Centro: 4.5 h Sur: 6 h	Norte: 6 h Centro: 5 h Sur: 7 h	Norte: 5-6 h Centro: 7-8 h Sur: 6 h	Norte: 6 h Centro: 8-10 h Sur: 7-8 h	Centro: 8-10 h Sur: 8-10 h	Centro: 8-10 h Sur: 8-11 h
7	Precipitación anual	<150 mm	<150 a 500 mm	<150 a 1500 mm	<150 a 2500 mm	<150 a 2500 mm	250 a 750 mm
8	Altitud	0 a 2000 msnm	400 a 2000 msnm	2000 a 3000 msnm	3000 a 4000 msnm	4000 a 4800 msnm	>4800 msnm
Equivalente en la clasificación Koppen		BsS - BW, BW	Bw	BSw	Dwb	ETH	EFH

Fuente: Perú. Ministerio de Vivienda y Saneamiento (2014) Decreto Supremo N°006-2014-Vivienda Incorporación de la Norma Técnica EM 110 "Confort térmico y Lumínico con Eficiencia Energética" Reglamento Nacional de Edificaciones.

A continuación, se estudia la forma de la construcción, Serra y Cosh (2001) consideran que las formas lineales de este a oeste tienen el mejor comportamiento térmico durante todo el año, además el Ministerio de Educación proponen formas regulares y con un patio central.

Como último elemento del diseño del edificio se estudia la orientación, por lo que Oleas (2014) explica que la orientación geográfica determina la exposición a la radiación solar y al viento, que afectan a la temperatura y humedad de los ambientes habitables, el Ministerio de Educación también explica que en el caso de construcciones para educación se orientará las aulas perpendicular al Norte, a lo que sumado a la arquitectura bioclimática permite aprovechar recursos naturales y evitar uso de sistemas activos que generen consumo energético excesivo.


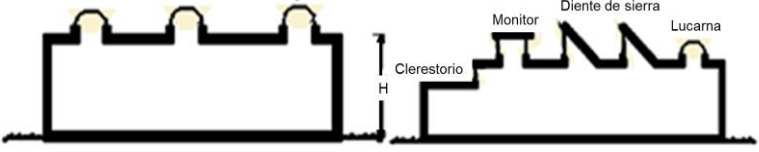

Otra estrategia a considerar para aporte pasivo en una construcción que genere eficiencia energética es la captación solar, Hernández (2014) menciona que es el método que nos permite aprovechar la energía que proviene del sol, sin necesitar ningún tipo de aporte

energético externo. La captación solar se divide en directa e indirecta según Iñarrea (2015) los sistemas de captación directa son aquellos que se limitan a una correcta optimización y orientación de los vanos propuestos en una edificación, este tipo de sistema tiene una gran dependencia de las horas solares que tenga el día. El Ministerio de Educación con ayuda de la arquitectura bioclimática determina para el caso de Cajamarca, ventanas bajas al sur, variación de orientación 22.5°.

Por otro lado, dentro de los sistemas directos de captación solar se considera de gran importancia la iluminación natural, Pattini (2000) explica que son básicamente tres sistemas de iluminación natural utilizados: En primer lugar, se tiene la iluminación lateral, la luz llega desde una abertura ubicada en un muro lateral, y es por eso que la iluminación del plano de trabajo cercano a la ventana tiene un nivel alto y aporta en forma importante a la iluminación general. Este tipo de iluminación se utiliza en espacios como aulas y talleres, permite el ingreso moderado de luz, evita uso de sistemas activos de iluminación, promueve el ahorro energético (ver tabla N°1.4)

En segundo lugar, se tiene la iluminación cenital, se utiliza en localidades con predominio de cielo nublado. El plano de trabajo es iluminado directamente desde la parte más luminosa de estos tipos de cielos, el cenit. Se plantea en ambientes como laboratorios, para evitar microorganismos y contaminación. En último lugar, se tiene la iluminación combinada, hay aperturas en muros y en techos. En un interior donde la envolvente no está claramente dividida en muros y techos, por ejemplo, en cerramientos abovedados, se le considera como iluminación lateral si la abertura es más baja que 2.5 m; por encima de esta altura se considera iluminación cenital superior. Se da en espacios como piscinas y losas deportivas (ver tabla N°1.4).

Tabla N° 1.4
Tipo de iluminación natural

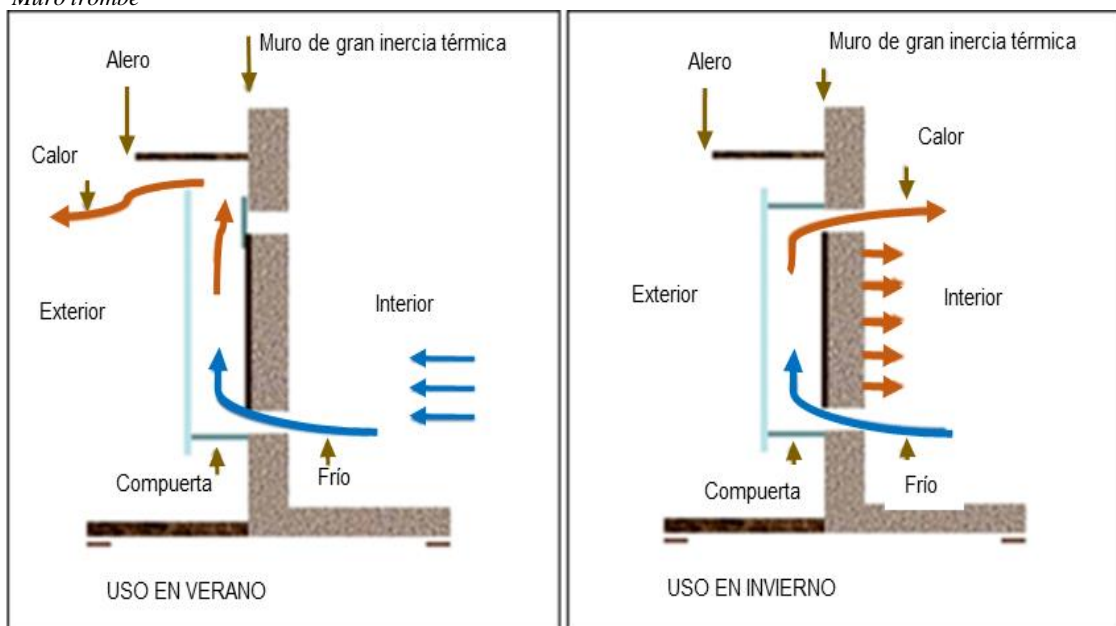
NORMATIVA	GRÁFICO DESCRIPTIVO
Espacios educativos en los que se aplica: Aulas Talleres	
Espacios educativos en los que se aplica: Laboratorios	
Espacios educativos en los que se aplica: Losas deportivas Piscinas	

Fuente: Pattini (2000) *Iluminación natural en los Centros Educativos -Universidad Técnica. Argentina.*

La captación indirecta a su vez son sistemas que tienen una captación solar en forma aislada; absorben la radiación durante el día y lo expulsan durante la noche, además, se da por un sistema que puede regular el ingreso del calor a los recintos a través de vidrios o muros que generan gran inercia térmica, son los denominados muros captadores y acumuladores, entre ellos tenemos el Muro Trombe y el Muro de Inercia, la Junta de Castilla y León (2015) mencionan que el muro de inercia y el muro trombe; son los sistemas más utilizados y más eficientes en cuanto a captación solar indirecta. A continuación, se describe cada sistema de captación solar indirecta, tomando en cuenta la efectividad que pueda tener de acuerdo al entorno donde se implantará el proyecto arquitectónico, si el entorno donde se implantará no necesita de este sistema se debe obviar su puesta en práctica (temperaturas menores a 5°C en caso del muro trombe).

De acuerdo al instituto de la Construcción de Chile (2012) el muro trombe es un sistema compuesto por un revestimiento de vidrio y un muro de material con inercia térmica. Entre estas dos capas se encuentra una cámara de aire, se recomienda orientarlo directamente al norte o con un ángulo aproximado de 5°.

Figura N° 1.1
Muro trombe



Fuente: Instituto De La Construcción (2012). *Manual De Diseño Y Eficiencia Energética En Edificios Públicos- Parte 01. Proyecto Innova Chile.*

En los climas fríos se recomienda considerar un cálculo preliminar de entre 0.04 y 0.09 m² de superficie vidriada al norte por cada m² de área a calentar, los materiales predominantes son el tapial, adobe, termo arcilla, etc. Para lograr confort térmico se debe considerar los coeficientes de ganancia térmica que puede tener este tipo de sistemas.

Tabla N° 1.5
Coefficiente de captación térmica de un Muro Trombe

Coeficientes - Muro Trombe	
Absorbancia solar del muro	0.65-0.70
Espesor del muro de inercia (m)	0.35-0.50
Transmitancia térmica (W/m ² .k)	1.05-1.52
Capacidad de almacenamiento térmico (MJ/m ³ .k)	1.46-1.67
Factor solar del vidrio	0.48-0.85

Fuente: *Junta de Castilla y León (2015) Manual práctico de soluciones Bioclimáticas para la Arquitectura Contemporánea. Consejería de Economía y Hacienda. España.*

Junta de Castilla y León (2015) explican el muro de inercia como un sistema que tiene la capacidad de almacenar el calor durante varios días sin que el cambio climático exterior afecte el interior, generalmente se utiliza piedras pequeñas asentadas con un mortero simple, estucado de barro y paja. Los materiales que se pueden utilizar son aquellos con una destacada inercia térmica o capacidad calorífica como el granito, la tierra seca y el adobe con una capacidad calorífica entre 500 y 1000 Kcal/m³°C. También se puede considerar la madera, el ladrillo o el hormigón cuentan con un promedio de 400 Kcal/m³°C de capacidad calorífica. En el caso del ladrillo expuesto cumple con buena capacidad calorífica.

Tabla N° 1.6
Coefficiente de captación térmica de un Muro de inercia simple

Coeficientes - Muro de Inercia Simple	
Absorbancia solar del muro	0.36-0.70
Espesor del muro de inercia (m)	0.42-0.54
Transmitancia térmica (W/m ² .k)	0.72-1.82
Capacidad de almacenamiento térmico (MJ/m ³ .k)	1.46-2.51

Fuente: *Junta de Castilla y León (2015) Manual práctico de soluciones Bioclimáticas para la Arquitectura Contemporánea. Consejería de Economía y Hacienda. España.*

Se presenta a continuación otra estrategia de diseño pasivo de gran importancia y es la refrigeración pasiva existen diversas estrategias de refrigeración o enfriamiento para lograr un confort térmico, basados principalmente en la ventilación natural. Para el caso de climas medios que no sean extremos se tiene la protección solar que se da solo por el filtro y protección de la vegetación como agente rompeviento y filtro de radiación. Para un óptimo agente rompeviento se considera distancias mínimas para las especies vegetales que se propone. La separación entre hileras y plantas depende del desarrollo de las especies (ver anexo n°26) y de la porosidad que se desee. FAO (1961), reporta que los porcentajes de reducción de la velocidad del viento son de 60 a 80% en la parte más cercana a ésta, siendo un promedio de 70%.

En materia de ventilación se plantea la ventilación natural que permita mediante la hermeticidad de vanos una buena ventilación en épocas de mayor temperatura y aislamiento térmico en épocas de frío. El Ministerio de Educación (2019), plantea normatividad para

Centros Educativos en cuestión de ventilación de espacios, partiendo del principio eficiencia energética en base a estrategias pasivas.

Según este todas las aulas, talleres, laboratorios, sala de cómputo y polideportivo, dispondrán de ventilación natural, medida mediante la oposición de vanos y el área de apertura de vanos. Dentro de las estrategias de ventilación natural con mayor eficiencia y control hermético se encuentra la ventilación cruzada que combinada un ambiente bien ventilado con uno bien iluminado, según explica el Instituto de la Construcción de Chile (2012) la ventilación cruzada se basa en las diferencias de temperatura. El aire circula entre aberturas situadas en fachadas opuestas, el aire fresco entra por aberturas situadas a nivel del suelo al ir recorriendo la vivienda se va calentando, asciende y sale por la fachada opuesta a través de aberturas situadas cerca del techo, el criterio más importante para hacer eficiente la ventilación cruzada es generar aberturas simultáneas en superficies con altas y bajas presiones de viento, es más eficiente cuando sus posibilidades se llevan al límite, es decir, cuando los flujos de aire pueden cruzar el espacio de la manera más amplia posible.

El Ministerio de Educación propone que para ambientes académicos la ventilación recomendada es la ventilación cruzada. También determina: Criterios normativos para el diseño de locales de Educación Básica Regular niveles de inicial, primaria, secundaria y básica especial:

- La ubicación de vanos optimiza la ventilación cruzada, en caso de vanos en paredes adyacentes, las aberturas deberán estar ubicadas en los puntos más distantes entre sí, expresados en una diagonal. En el diseño, deberá tenerse en cuenta la altura de ubicación de la abertura de entrada del aire por lo que se recomienda una altura de alfeizar a partir de 1.10 mts o más, según la zona climática (ver tabla n°1.2); mientras que la ubicación de las aberturas de salida no afecta significativamente el comportamiento del aire, pero se recomienda que sea en la parte superior a fin de asegurar una adecuada evacuación del aire caliente.
- En lo que respecta a área de apertura de vanos se determina porcentajes recomendados con respecto a la superficie del ambiente, para los diferentes climas:

Tabla N° 1.7
Área de apertura de vanos

ÁREA DE APERTURA DE VANOS	
Clima	% de área de ambiente
Costa	7%-10%
Sierra	5%-7%
Selva	10%-15%

Fuente: Ministerio de Educación (2008) *Guía de aplicación de arquitectura Bioclimática en locales educativos* Recuperado de http://www.arquitectos-peru.com/docs/guia_diseno_bioclimatico_19may08.pdf.

Como ultima estrategia de diseño pasivo se tiene la mejora de la envolvente térmica para tener un aislamiento térmico hermético, sin pérdida de energía se debe tener en cuenta









los materiales constructivos en la envolvente térmica, así se tendrá eficiencia energética. La conservación de energía y la acumulación térmica se relaciona directamente con la eficiencia energética ya que busca no perder energía y mantener el calor.

La conservación de energía plantea de acuerdo a la Passivhaus un sistema continuo de la envolvente térmica, en ella se mide el grado de aislamiento en vanos, muros y cubiertas en los que estudia y determina su transmitancia térmica para evitar pérdida de energía y lograr disminuir el consumo energético.

A continuación, se habla de un elemento determinante para la Passivhaus, los vanos: ventanas y puertas, primero se explicará las ventanas que son un elemento arquitectónico que se ubica en un vano o hueco elevado sobre el suelo, que se abre en una pared con la finalidad de proporcionar luz y ventilación a la estancia correspondiente. El 25% y el 30% del gasto energético de la calefacción es debido a las pérdidas que producen las ventanas. Según la Organización de Consumidores y Usuarios (2018) una ventana eficiente con gran aislamiento térmico puede reducir hasta un 20% la factura de la luz.

Se tiene tipos de ventana de acuerdo a incidencia de vientos

Tabla N° 1.8
Tipos de ventanas según incidencia de vientos

Ventana Guillotina 45%		Ventana Guillotina 45%	doble	
Ventana Corredera 45%-50 %		Ventana Abatible con eje horizontal inferior 45%		
Ventana Batiente 90%		Ventana Batiente 90%	Doble	
Ventana Romanilla 75%		Ventana Abatible con eje horizontal superior 75%		

Fuente: *Fuente: Plataforma de Edificaciones Passivhaus (2019) Guía de Estándares Passivhaus, Madrid*
Recuperado de <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-del-Estandar-Passivhaus-fenercom-2011.pdf> .

Las ventanas son uno de los puntos críticos a tratar en una edificación pasiva debido a las pérdidas de calor, por ello, se estudia tipos de acuerdo a su incidencia de vientos, es recomendable usar ventanas guillotinas o correderas, para el caso de colegios se utiliza con mayor incidencia las correderas. Hermet (2019) , explica: la transmitancia térmica de una ventana (U) representa la cantidad de calor o frío que atraviesa una ventana por unidad de tiempo, por área y por diferencia de temperatura. Es decir, los grados de temperatura que la edificación pueden ganar o perder, en función del tipo de ventana e instalación.

La pérdida de calor es proporcional al coeficiente de transmitancia térmica (U), se debe reducir U en las ventanas incrementando el número de láminas, considerando lleno de gases y ventanas con vacíos.

Tabla N° 1.9
Transmitancia térmica en ventanas

Transmitancia térmica en ventanas	
DESCRIPCIÓN	COEFICIENTE U (W/m ² k)
Panel simple	5.7
Panel doble	2.8
Panel triple	1.9
Panel triple sellado con revestimiento de baja emisividad	1.4
Además con dos revestimientos de baja emisividad	0.8
Ventana de vacío (alto vacío)	0.5

Fuente: *Plataforma de Edificaciones Passivhaus (2019) Guía de Estándares Passivhaus, Madrid*

Recuperado de <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-del-Estandar-Passivhaus-fenercom-2011.pdf>.

El material de la ventana evita presencia de puentes térmicos, por ende, se mantiene la continuidad y la eficiencia energética, los marcos de las ventanas pueden ser de aluminio, madera y PVC. El aislamiento viene determinado por el coeficiente de transmisibilidad térmica que mide el trasvase de calor entre el exterior y el interior. Los materiales con mayor consideración para climas medios es la madera como opción de mayor aislamiento y cuidado ambiental. A continuación, se presenta la puerta que es un elemento de complemento en construcción con muy diversas aplicaciones, usos y emplazamientos, que industrialmente se fabrica en materiales básicos (madera, aluminio, vidrio, plástico).

Tabla N° 1.10
Transmitancia térmica en puertas

Transmitancia térmica en puertas	
MATERIAL	U(W/m ² k)
PVC	1.80
Madera	2.00
Aluminio	5.87

Fuente: *Karpenterium (2019)*.

Para la mejora y continuidad de la envolvente térmica se utiliza puerta madera en climas templados, ahorra más energía, evita pérdida de calor, y cumple con los estándares de la Passivhaus.

Por último, como otro elemento que busca disminuir la pérdida de energía y producir eficiencia energética se estudia la transmitancia térmica en muros y cubiertas.

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú (2014) menciona que para lograr una eficiente envolvente térmica se debe tomar en cuenta algunos valores de materiales y/o componentes; estos son: transmitancia térmica e inercia térmica la segunda engloba el calor específico y la conductividad; estos valores van de acuerdo al tipo de material que se aplique al recinto. Blender (2015) menciona que de acuerdo a la norma NCh 853-2007, la transmitancia térmica se define como el "flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperaturas entre dos ambientes

separados por dicho elemento". Por lo tanto, su unidad en el Sistema Métrico Decimal es $W/(m^2 \cdot K)$, Watt por metro cuadrado por Kelvin. La transmitancia térmica es una característica específica de un elemento constructivo, como un muro o un techo, y depende de la conductividad térmica y la geometría de los materiales que lo componen, así como de la radiación térmica y convección en las superficies del elemento. Se utiliza entre otros, para determinar las pérdidas de calor de un edificio a través de los elementos que componen la envolvente.

- Cuanto mayor sea la transmitancia térmica (U), menor es el efecto de aislamiento térmico del elemento.
- Cuanto menor sea el valor de transmitancia térmica (U), mejor es la aislación térmica y menor es la pérdida de calor a través del elemento.

Un muro y cubierta con el valor $U = 1 W/(m^2 \cdot K)$ pierde por hora, por cada metro cuadrado de superficie y por cada grado de diferencia de temperatura entre el interior y el exterior una cantidad de calor de 1 Watt. A continuación, se estudia también los grados U de los materiales utilizados en muros y cubiertas según la Passivhaus:

Tabla N° 1.11
Materiales en la envolvente según propiedades térmicas

MATERIAL	TRANSMITANCIA TÉRMICA (U)
Hormigón	2.30
Tabique maciso	0.80
Tabique aligerado	0.40
Madera conífera	0.13
Paja	0.05
Aislamiento estándar (fibra de madera)	0.04
Aislamiento mejorado EPS (lana de roca/poliestireno)	0.03

Fuente: Plataforma de Edificaciones Passivhaus (2019) Guía de Estándares Passivhaus, Madrid

Recuperado de <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-del-Estandar-Passivhaus-fenercom-2011.pdf>.

Los materiales que tienen menor grado U, son los tabiques, que no representan contaminación según la Passivhaus, a comparación de los aislamientos que son altamente inflamables, ellos son mayormente utilizados en climas templados, dentro de los materiales con mejor transmitancia térmica están los ladrillos que se apoyan de sistemas de aparejos y cámaras de aires internas para conservar energía y aislar, ejemplo de ello es el aparejo belga que está formado por ladrillo y cámara de aire intermedio (ver anexo n°6).

En la transmitancia térmica se debe analizar los valores límites de cada material de acuerdo a la zona bioclimática en la que se encuentre, la norma presenta la demanda energética máxima por zona bioclimática, los valores de transmitancia térmica por componente unitario por zona bioclimática.

Tabla N° 1.12
Valores límites máximos de transmitancia térmica en W/m^2k

Zona Bioclimática	Transmitancia térmica máxima del muro (U muro)	Transmitancia térmica máxima del techo (U techo)	Transmitancia térmica máxima del piso (U piso)
1. Desértico costero	2.36	2.21	2.63
2. Desértico	3.20	2.20	2.63
3. Interandino bajo	2.36	2.21	2.63
4. Mesoandino	2.36	2.21	2.63
5. Altoandino	1.00	0.83	3.26
6. Nevado	0.99	0.80	3.26
7. Ceja de montaña	2.36	2.20	2.63
8. Subtropical húmedo	2.36	2.20	2.63
9. Tropical húmedo	3.60	2.20	2.63

Fuente: Perú. Ministerio de Vivienda y Saneamiento (2014) Decreto Supremo N°006-2014-Vivienda Incorporación de la Norma Técnica EM 110 "Confort térmico y Lumínico con Eficiencia Energética" Reglamento Nacional de Edificaciones.

Por otro lado, se explica la inercia térmica como una propiedad en vanos, muros y cubiertas que permiten cuidar el confort térmico y evitar la pérdida de energía, según la Junta de Castilla y León (2015) la inercia térmica se basa principalmente en los materiales de elevada masa térmica; posee una gran capacidad para almacenar el calor para luego poder liberarlo durante un tiempo determinado, la inercia capta el sol durante el día y libera el calor durante la noche. Allamegui (2013) explica que los materiales con buena inercia térmica son aquellos con un elevado calor específico y baja conductividad térmica, a continuación se presenta cuadros resumen de cada material constructivo con su calor específico y grado de conductividad, para el caso de ventanas y puertas se considera la madera con una buena inercia térmica y que cumple con la Passivahus.

Tabla N° 1.13
Calor específico y Capacidad calorífica de algunos materiales

MATERIAL	CALOR ESPECÍFICO (kcal/kg °C)	CAPACIDAD CALORÍFICA (kcal/m ² °C)
Tierra Seca	0.44	660.00
Madera de roble	0.57	430.00
Ladrillo	0.20	400.00
Piedra arenisca	0.17	374.00
Hormigón	0.16	350.00
Poliestireno expandido	0.40	10.00
Fibra de vidrio	0.19	2.80

Fuente: Calor específico y capacidad calorífica de algunos materiales (2010) El calor Recuperado de <http://elcalor-equipo2.blogspot.com/2010/11/calor-latente.html>.

Tabla N° 1.14
Conductividad térmica en materiales constructivos

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/(m-k))
Hormigón	1,63 - 2,74
Mortero de cemento	0,35 - 1,40
Ladrillo macizo	0,72 - 0,90
Ladrillo hueco	0,49 - 0,76
Madera	0,10 - 0,21
Aislamientos	0,03 - 0,05

Fuente: Aislamiento térmico y comportamiento energético de los edificios. (2011) prestaciones térmicas debe tener un material para ser considerado como aislante térmico. Recuperado de http://www.aipex.es/faq_es.php?s=9#f17.

Dentro de los materiales con mejor inercia térmica están los ladrillos y la madera, que tienen baja conductividad térmica y buen calor específico.

Todo lo antes mencionado se ha descrito con el fin de reducir el consumo energético basado en estrategias de diseño pasivo, Redondo (2013) menciona que el consumo energético está relacionado con la demanda de energía, rendimiento del sistema y la energía renovable, además explica que la unidad de medida es el kilovatio hora (kwh) que es un término de consumo y se define para ver la potencia utilizada durante un periodo de tiempo. Este es uno de los medios más contaminantes en cuanto edificación de refiere especialmente en infraestructuras educativas que actualmente no incluyen en su infraestructura la eficiencia energética, por lo que se pretende disminuir el uso de sistemas activos de calefacción o refrigeración, lo que se logra con las estrategias de diseño pasivo fundamentadas en bases teóricas de la Passivhaus, busca desde ya disminuir la huella ecológica tomando como punto de inicio la eficiencia energética en un Colegio de Alto Rendimiento en Cajamarca.

La presente investigación permitirá reducir el consumo energético que generan los centros educativos en la región de Cajamarca y a nivel nacional. Además se aporta con una nueva arquitectura basada en estrategias de diseño pasivo y se crea conciencia, hace que la arquitectura educacional en colegios que albergan líderes sea ejemplo de cuidado ambiental y permite establecer estas estrategias pasivas como punto de partida y guía de diseño para todos los recintos educativos que logren desde su arquitectura eficiencia energética, planteando elementos clima, diseño en el edificio, captación solar, refrigeración pasiva y mejora en la envolvente como estrategias de diseño pasivo que logran eficiencia energética.

Se concluye que la infraestructura educativa en el Perú apoyada de estrategias de diseño pasivo logra eficiencia energética y aporta con el cuidado ambiental, contribuye a la disminución de consumo de energía en un COAR, en Tres Molinos, Cajamarca. Aporta con estrategias que disminuyen el gasto energético a 0 kwh en centros educativos, las que se pueden adaptar a edificaciones y contribuiría a tener espacios educativos con confort térmico y que mejora y estimula su aprendizaje.

1.2 Formulación del problema

¿Cuáles son las estrategias de diseño de la arquitectura pasiva para lograr eficiencia energética en un COAR, Tres Molinos - Cajamarca - 2019?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar las estrategias de Diseño de la Arquitectura Pasiva para lograr eficiencia energética en un COAR, Tres Molinos – Cajamarca - 2019.

1.3.2 Objetivos específicos

- OE 1: Determinar las estrategias de diseño pasivo en un Centro Educativo.
- OE 2: Determinar requerimientos para reducir el consumo de energía y lograr eficiencia energética.
- OE 3: Determinar las condicionantes clima y estrategias necesarias de diseño pasivo para Cajamarca que permiten lograr eficiencia energética.
- OE 4: Determinar cuáles son las estrategias de Diseño de la arquitectura pasiva para lograr eficiencia energética en un COAR en el sector Tres Molinos - Cajamarca en el año 2019.
- OE 5: Establecer lineamientos de diseño pasivo para lograr eficiencia energética en un COAR en Cajamarca.

1.3.3 Objetivo del proyecto

Diseñar un Colegio de Alto Rendimiento Académico en base estrategias de diseño pasivo para lograr eficiencia energética, buscando cambiar la arquitectura educacional típica hacia una que aporta al cuidado ambiental mediante la arquitectura pasiva.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

Mediante las estrategias de diseño pasivo se logra eficiencia energética en un COAR, Tres Molinos - Cajamarca - 2019.

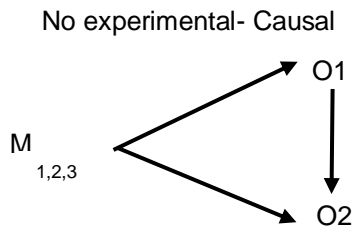
1.4.2 Hipótesis específica

- HE 1: Mediante estrategias se logrará el diseño pasivo en un Colegio de Alto Rendimiento Académico.
- HE 2: Para lograr eficiencia energética se requiere disminuir el consumo de energía.
- HE 3: Con ayuda de condicionantes clima y estrategias de diseño para Cajamarca se logra eficiencia energética.
- HE 4: Gracias a la aplicación de las estrategias de Diseño de la arquitectura pasiva se logra eficiencia energética en un COAR en el sector Tres Molinos - Cajamarca en el año 2019.
- HE 5: Debido a los lineamientos de diseño pasivo se logra eficiencia energética en un COAR en Cajamarca.

CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

La investigación es descriptiva no experimental causal, que busca determinar estrategias de diseño pasivo para lograr eficiencia energética de un Colegio de Alto Rendimiento, pretende aportar con el cuidado ambiental y cambiar el prototipo de la infraestructura educativa hacia una que difunda ahorro energético.



M(muestra): Las muestras serán los casos.

O1 (Observación de la variable 1): Estrategias de diseño pasivo.

O2 (Observación de la variable 2): Eficiencia energética.

2.2 Presentación de Casos/Muestra

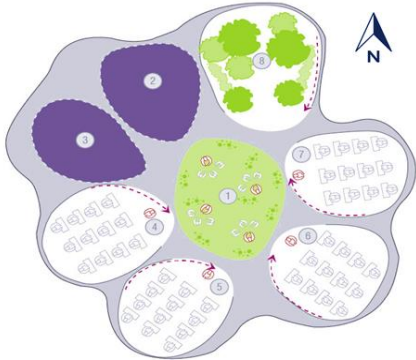
Se analizó casos muestra que permitan obtener antecedentes de arquitectura pasiva enfocada a eficiencia energética, que permita buscar colegios prototipos con características similares para lo que se pretende en la investigación.

CASO N°1: Colegio Sostenible Rochester ubicado en Colombia, aplica en su arquitectura la eficiencia energética basada en la iluminación natural en espacios académicos. Este colegio es ejemplo de uso de estrategias pasivas mediante las que se disminuye la demanda energética, además se ubica en una zona con temperatura promedio de 14°C, que lo asemeja al clima donde se pretende plantear el proyecto, lo que permite tomar en cuenta algunas estrategias de acuerdo a clima y entorno.

Tabla N° 2.1

Caso N°1: Colegio Rochester

Caso N° 1: Colegio Rochester	
Datos generales	
Nombre del proyecto:	Colegio sostenible Rochester- Colombia
Ubicación:	Kilómetro 15 de la Autopista Norte del municipio de Chía (Cundinamarca)- Bogotá.
Área:	28 475.13 m2
Elementos clima	




Latitud:	4.8612976
Altitud:	2 600 m s. n. m
Longitud:	-74.0599286
Clima:	En Chía (clima templado), los veranos son cómodos; los inviernos son cortos, frescos y mojados y está nublado durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 7 °C a 19 °C y rara vez baja a menos de 3 °C o sube a más de 21 °C.
Temperatura:	Máxima: 21 °C Mínima: 7°C Promedio: 14 °C
Humedad:	Máxima:90% Mínima:50 % Relativa: 67%
Vientos:	Este - Oeste- 10 km/h
<p>Colegio Rochester, ubicado en el kilómetro 15 de la Autopista Norte del municipio de Chía (Cundinamarca), ciudad de Bogotá, ha sido el primer colegio en todo Latinoamérica en obtener la certificación LEED, es un colegio 'verde', no sólo desarrolla proyectos orientados al respeto al medio ambiente y la sostenibilidad, sino que desde su origen su enfoque fue ser un colegio 100% ecológico.</p> <p>El proyecto tiene como principio fundamental el uso de estrategias pasivas que disminuyan la demanda energética, por lo que aplica buena iluminación natural en espacios de zonas académicas, en donde la iluminación lateral lo aplica en aulas y talleres, cenital en laboratorios y combinada en espacios deportivos.</p> <p>Otro aporte de este caso analizado es los materiales que se utilizan en la envolvente térmica con el fin de lograr confort térmico, propone envolvente de ladrillo expuesto, la que en su sistema constructivo alberga una cámara de aire y aporta con un alto grado de aislamiento térmico.</p>	

Fuente: Rochester (2017). En base a Plataforma virtual de Rochester.

El siguiente caso se tomó en cuenta debido a los materiales constructivos que se utilizan en la envolvente térmica, además de la volumetría que se utiliza.

Tabla N° 2.2

Colegio estadual Erich Walter Heine

Caso N° 2: Colegio estadual Erich Walter Heine	
Datos generales	
Nombre del proyecto:	Colegio estadual Erich Walter Heine
Ubicación:	Santa Cruz, zona oeste de la ciudad de Río de Janeiro
Área:	7 060,00 m ²
	

Elementos clima	
Latitud:	-22.9110137
Altitud:	210 m s. n. m
Longitud:	-43.2093727
Clima:	Santa Cruz tiene un clima tropical y templado.
Temperatura:	Máxima: 25 °C Mínima: 10 °C Promedio: 20 °C
Humedad relativa:	Máxima:97% Mínima:59 % Relativa: 84%
Vientos:	Sureste-Nor este - 15 km/h
<p>Situada en Santa Cruz, zona oeste de la ciudad de Río de Janeiro, la Escuela Estadual Erich Walter Heine es la primera de América Latina en recibir el certificado Leed School, del Green Building Council.</p> <p>El edificio, que desde el inicio del proyecto logró reducir en un 40% su consumo de energía, se sometió a una serie de inspecciones que demostraban la eficacia de las más de 50 medidas destinadas a maximizar el uso de los recursos naturales y la eficiencia energética.</p> <p>Este proyecto hace uso de formas regulares predispuestas alrededor de un patio central, lo que permite buena iluminación y ventilación, además la orientación de la zona académica es perpendicular al norte lo que permite que el ingreso del sol sea moderado.</p> <p>También pone énfasis en la iluminación natural, en donde se subdivide y plantea la iluminación lateral en aulas y cenital en laboratorios.</p>	

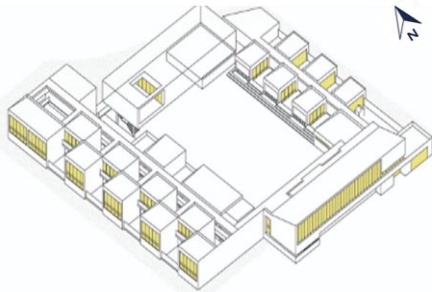
Fuente: *Plataforma de Arquitectura, Baratto (2013).*

El ultimo caso que se estudió es el colegio Un Aula, un patio, un colegio un gran patio, este se tomó en cuenta debido a la similitud de las variaciones climáticas que se tiene que se relaciona y asemeja con las de Cajamarca, por ende es un ejemplo a tomar en cuenta en cuanto a estrategias utilizadas.

Tabla N° 2.3

Colegio Un aula un patio, un colegio un gran patio

Caso N° 3: Colegio Un aula un patio, un colegio un gran patio	
Datos generales	
Nombre del proyecto:	Colegio Un aula un patio, un colegio un gran patio-Bogotá
Ubicación:	Fontibón, Bogotá, Bogotá, Colombia
Área:	6 934.0 m ²



Elementos clima	
Latitud:	4.678737
Altitud:	2 548 m s. n. m
Longitud:	-74.1469882
Clima:	Templado
Temperatura promedio:	Máxima: 22 °C Mínima: 9 °C Promedio: 14 °C
Humedad relativa:	Máxima:95% Mínima:40 % Relativa: 78%
Vientos:	Este-Oeste - 11 km/h
<p>El principio ordenador del proyecto consiste en una serie de patios que articulan cada uno de los componentes del programa, funcionando como extensiones a cielo abierto de los espacios educativos. Esto posibilita llevar las actividades fuera del aula y permite su integración con la naturaleza. Da a conocer el cuidado ambiental mediante la eficiencia energética.</p> <p>El proyecto parte del uso de eficiente de energía dado por el diseño del edificio partiendo de la forma general del proyecto que plantea forma rectangular unido por patios y zona académica lineal de este a oeste, además en la zona académica se orienta todas las aulas hacia el norte, evitando así la incidencia excesiva de sol.</p> <p>Otro de los aportes pasivos que plantea el colegio es el uso de la iluminación lateral especialmente en aulas y talleres, además de uso de materiales como el ladrillo expuesto para generar confort térmico en la envolvente.</p>	

Fuente: *Colegio un gran Patio: Galdames (2014).*

2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

A. Ficha documental: Es la recopilación de datos e información ya existente, dadas por autores. Son bases teóricas que sustentan algunos indicadores de la investigación, por ejemplo: diseño en el edificio, captación solar directa e indirecta, refrigeración pasiva y mejora en la envolvente térmica, estas fichas esclarecen y dan mayor sustento a la investigación, permiten determinar y cuantificar o cualificarla los indicadores, algunos de los soportes teóricos es el Ministerio de Educación, el Ministerio de vivienda y la Guía de Estándares de la Passivhaus.

Tabla N° 2.4

Resumen de fichas documentales

Variables	Sub dimensiones	Ítems	Ficha Documental	Descripción	N° de Anexo		
ESTRATEGIAS DE DISEÑO DE LA ARQUITECTURA PASIVA (V.I)	Diseño en el edificio		Ubicación	Esta ficha explica cada elemento de diseño del edificio: ubicación, forma y orientación, los que permitirán generar eficiencia energética, sustenta la teoría en base a Olgay y el Ministerio de Educación.	Anexo N°1		
			Forma				
			Orientación				
	Captación solar	Directa		Orientación de ventanas	Esta ficha explica los tipos de luz natural, los divide en luz lateral, cenital y combinada .	Anexo N°2	
				Iluminación natural			Lateral
							Cenital
		Indirecta	Muros captadores y acumuladores	Muro trombe	Determina sistemas captadores y acumuladores de energía indirecta, explica grados de aislamiento de cada sistema y los materiales que en ellos se utiliza.	Anexo N°3	
				Muro de inercia			
	Refrigeración pasiva	Ventilación natural		Ubicación de vanos	Explica y detalla la normativa de ubicación de vanos y área de apertura de vanos.	Anexo N°4	
				Área de apertura de vanos			
	Mejora de la envolvente térmica	Conservación de la energía		Aislamiento en vanos	Transmitancia térmica en ventanas	Relaciona el grado de transmitancia con el grado U de un material constructivo, permite determinar los mejores materiales para una envolvente térmica.	Anexo N°5
					Transmitancia térmica en puertas		
				Aislamiento en muros	Transmitancia térmica en muros		
Aislamiento en cubiertas				Transmitancia térmica encubiertas			
Acumulación térmica			Inercia térmica en vanos	Inercia térmica en ventanas	Esta ficha explica el grado de inercia de cada material constructivo considerando propiedades térmicas como el calor específico y la conductividad térmica.	Anexo N°6	
				Inercia térmica en puertas			
			Inercia térmica en muros				
			Inercia térmica en cubiertas				
EFICIENCIA ENERGÉTICA	Reducción de consumo de energía		Consumo de energía (kwh)	Esta ficha detalla el significado de consumo energético explica el medio de comprobación de la eficiencia energética y realiza una comparación para determinar si un centro educativo es eficiente energéticamente.	Anexo N°7		

Fuente: *Elaboración propia en base a fichas documentales elaboradas.*

B. Ficha de análisis de contexto: Es información de campo, implica el estudio de la zona donde se implantará el proyecto, permite conocerlo y adaptar indicadores a la realidad.

Tabla N° 2.5
Resumen de fichas de contexto

VARIABLES	Sub dimensiones	Ítems	Ficha de análisis contextual	Descripción	N° de Anexo
ESTRATEGIAS DE DISEÑO DE LA ARQUITECTURA PASIVA (V.I)	Elementos clima	Temperatura	Temperatura promedio	Se obtiene datos de la temperatura de la zona para plantear estrategias de solución ante problemas de temperaturas extremas.	Anexo N° 8
		Humedad	Humedad relativa	Se recopila datos de la humedad de la zona para plantear estrategias de solución ante problemas de humedad extrema.	Anexo N° 9
		Vientos	Velocidad de vientos	Explica y da a conocer marco teórico y normativa de los vientos, se detalla datos de la zona donde se implantará el proyecto, trabaja en base a un diagnóstico de observación directa.	Anexo N° 10
			Dirección de vientos	Presenta un diagnóstico y marco teórico de la dirección de vientos de la zona donde se implantará el proyecto	Anexo N° 11
	Refrigeración pasiva	Protección solar	Vegetación	Se explica la vegetación como medio de filtro de vientos y de protección , además se realiza un diagnóstico de la vegetación de la zona para determinar su aptitud como cortina rompeviento.	Anexo N° 12

Fuente: *Elaboración propia en base a fichas contextuales de estrategias de diseño pasivo.*

C. Ficha de análisis de casos: Son fichas que se basan en el estudio de casos prototipo a los que se les aplica indicadores y sistema de medición, permiten conocer estrategias ya puestas en práctica y considerarlas como antecedentes para la investigación, apoyan a la investigación para elegir los puntos con mayor incidencia en colegios que logren mediante estrategias de diseño eficiencia energética.

Tabla N° 2.6
Resumen de fichas de análisis de casos

VARIABLES	Sub dimensiones	Ítems	Ficha de Análisis de casos	Descripción	N° de Anexo
ESTRATEGIAS DE DISEÑO DE LA ARQUITECTURA PASIVA (V.I)	Diseño en el edificio	Ubicación	Forma	Primero se presenta una ficha de comparación de tres casos prototipo en los que se analiza y determina mediante Givoni, sus estrategias térmicas de cada caso de acuerdo a clima.	Anexo N°13 y N°14
		Orientación			

	Captación solar	Directa	Orientación de ventanas		Explica mediante la comparación de casos prototipo la aplicación de la iluminación lateral en espacios de aulas y talleres.	Anexo N°15	
			Iluminación natural	Lateral			
				Cenital			
		combinada			Compara casos prototipo y estudia especialmente la zona de piscinas y losas deportivas.	Anexo N°17	
		Indirecta	Muros captadores y acumuladores	Muro trombe	Analiza y compara tres casos mediante el grado térmico del material constructivo utilizado en los muros, determina coeficientes de muro de inercia o muro de trombe en base al clima donde se emplaza el proyecto.	Anexo N°18	
				Muro de inercia			
	Refrigeración pasiva	Ventilación natural	Vegetación		Se realiza un comparativo de tres casos en los que se analiza la vegetación y su distanciamiento en cada especie vegetal.	Anexo N°19	
			Ubicación de vanos		Compara la ubicación de vanos en los tres casos prototipo especialmente en aulas y talleres.	Anexo N°20	
			Área de apertura de vanos		Compara casos prototipos se fija en talleres, aulas y laboratorios, en ellas se analiza su área de apertura de vanos.	Anexo N°21	
	Mejora de la envolvente térmica	Conservación de la energía	Aislamiento en vanos	Transmitancia térmica en ventanas	Se compara tres casos prototipo en los que se determina el material constructivo utilizado en vanos lo que se analizan en base a su grado U.	Anexo N°22	
				Transmitancia térmica en puertas			
			Aislamiento en muros	Transmitancia térmica en muros	Se compara los materiales utilizados en muros y cubiertas de tres casos prototipo, en los que se determina el mejor material a utilizar de acuerdo a su grado U.	Anexo N°23	
		Aislamiento en cubiertas	Transmitancia térmica encubiertas				
		Acumulación térmica	Inercia térmica en vanos	Inercia térmica en ventanas	Se analiza y compara materiales constructivos utilizados en vanos, muros y cubiertas de tres casos prototipo, en ellos se determina su calor específico y su conductividad térmica.	Anexo N°24	
Inercia térmica en puertas							
Inercia térmica en muros							
		Inercia térmica en cubiertas					
EFICIENCIA ENERGÉTICA (V/D)			Consumo de energía (kwh)	Se realiza un comparativo de cada caso en los que se determina el grado de consumo energético en base a estrategias como ganancia térmica, calefacción o refrigeración.	Anexo N°25,26 y 27		

Fuente: *Elaboración propia en base a fichas de análisis de casos de ambas variables.*

CAPÍTULO 3 RESULTADOS

3.1 Estudio de Casos/Muestra

Para el análisis de cada indicador de las subdimensiones: elementos clima, diseño en el edificio, captación solar, refrigeración pasiva y mejora en la envolvente, se planteó un sistema comparativo de casos por cada uno de los indicadores, obteniendo los siguientes resultados:

3.1.1 Variable independiente: estrategias de diseño pasivo

A. Subdimensión: diseño en el edificio

A.1 Forma

De acuerdo a la ficha documental (ver anexo N°1), consideran que formas lineales de este a oeste tiene un mejor comportamiento térmico y se debe considerar un espacio céntrico como patio para renovación de aire, se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla N° 3.1

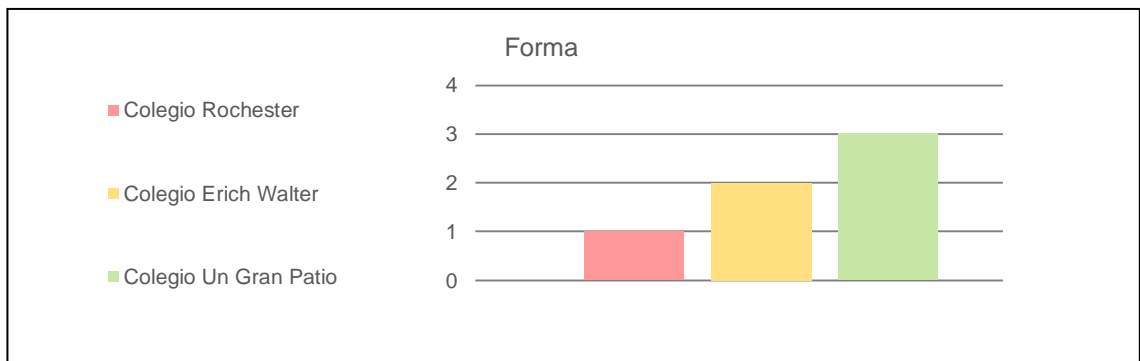
Cuadro comparativo y resultados de forma

Comparación de casos de acuerdo a análisis del indicador forma	
Casos analizados	Puntaje
Caso n° 1: Colegio Sostenible Rochester	1
Caso n° 2: Colegio Estadual Erich Walter Heine	2
Caso n° 3: Colegio Un aula un patio, un colegio un Gran Patio	3
Sistema de medición	
Formas lineales de este a oeste con patio	3
Cuadrada sin patio	2
Irregular	1
Conclusiones: El colegio que aporta más con forma de la edificación es el Colegio un aula un Gran Patio, debido a que considera una forma lineal de este a oeste apoyada de un patio central.	

Fuente: *Elaboración propia en base a fichas de análisis de casos.*

Tabla N° 3.2

Comparativo de forma



Fuente: *Elaboración propia en base a fichas de análisis de casos.*

A.2 Orientación

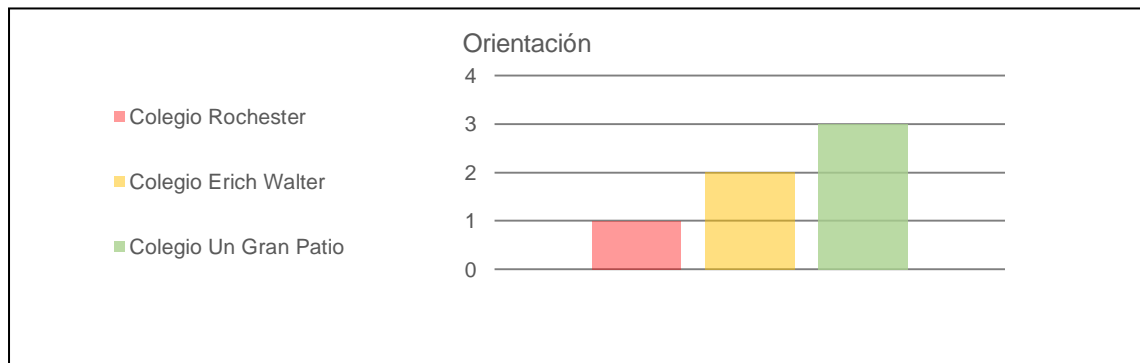
Según la ficha documental N°1 (ver anexo N°1) la orientación geográfica determina la exposición a la radiación solar y al viento, que afectan a la temperatura y humedad de los ambientes habitables, en el caso de construcciones para educación se orientará las aulas perpendiculares al Norte, se presenta los siguientes resultados:

Tabla N° 3.3
Cuadro comparativo y resultados de orientación

Comparación de casos de acuerdo a análisis del indicador orientación	
Casos analizados	Puntaje
Caso n° 1: Colegio Sostenible Rochester	3
Caso n° 2: Colegio Estadual Erich Walter Heine	2
Caso n° 3: Colegio Un aula un patio, un colegio un Gran Patio	2
Sistema de medición	
Aulas perpendiculares al Norte	3
Aulas perpendiculares de este a oeste	2
Aulas perpendiculares al sur	1
Conclusiones: El colegio Rochester es el que tiene mejor orientación al cumplir con el requerimiento aulas perpendicular al norte para evitar excesivo asoleamiento	

Fuente: *Elaboración propia en base a fichas de análisis de casos.*

Tabla N° 3.4
Comparativo de orientación



Fuente: *Elaboración propia en base a fichas de análisis de casos.*

B. Subdimensión: captación solar

B.1 Directa

B.1.1 Iluminación natural - lateral

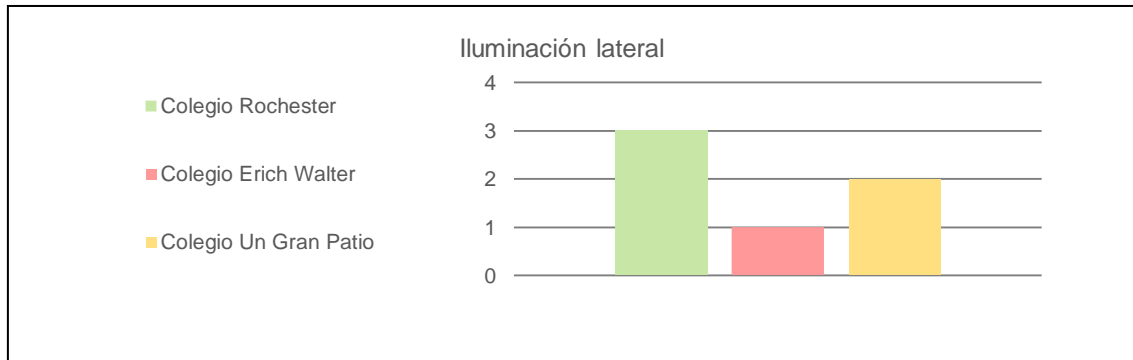
Según la ficha documental N°2 (ver anexo N°2) la iluminación lateral es cuando la luz llega desde una abertura ubicada en un muro lateral, tiene un nivel alto de iluminación. Se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla N° 3.5
Cuadro comparativo y resultados de iluminación natural-lateral

Comparación de casos de acuerdo a análisis del indicador iluminación lateral	
Casos analizados	Puntaje
Caso n° 1: Colegio sostenible Rochester	3
Caso n° 2: Colegio estadual Erich Walter Heine	1
Caso n° 3: Colegio Un aula un patio, un colegio un gran patio	2
Sistema de medición	
Vanos ubicados laterales, aulas y talleres perpendicular al NORTE	3
Vanos ubicados de ESTE-OESTE	2
Vanos ubicados al SUR	1
Conclusiones: El colegio que aporta más con iluminación lateral es el Rochester, tiene aulas y talleres perpendiculares al NORTE, cumple con MINEDU.	

Fuente: *Elaboración propia en base a fichas de análisis de casos.*

Tabla N° 3.6
Comparativo de iluminación natural-lateral



Fuente: *Elaboración propia en base a análisis de casos.*

B.1.2 Iluminación natural - cenital

Según la ficha documental N°2 (ver anexo N°2) la iluminación cenital es aquella que se utiliza en localidades con predominio de cielo nublado. El plano de trabajo es iluminado directamente desde la parte más luminosa denominado cenit. Se obtuvo los siguientes resultados:

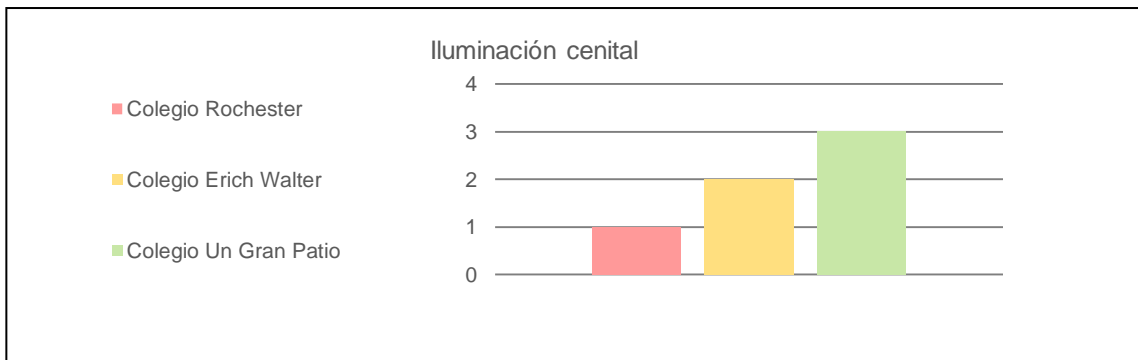
Tabla N° 3.7
Cuadro comparativo y resultados de iluminación natural-cenital

Comparación de casos de acuerdo a análisis del indicador iluminación cenital	
Casos analizados	Puntaje
Caso n° 1: Colegio sostenible Rochester	1
Caso n° 2: Colegio estadual Erich Walter Heine	2
Caso n° 3: Colegio Un aula un patio, un colegio un gran patio	3
Sistema de medición	

Ancho de aberturas en la cenit en relación con la altura del local.	3
Genera iluminación en el techo pero no cumple la relación de altura y cenit	2
No genera iluminación en los techos	1
Conclusiones: El colegio que aporta más con iluminación cenital es el Colegio un Gran Patio, debido a que el ancho de aberturas en la cenit en relación con la altura del local.	

Fuente: *Elaboración propia en base a fichas de análisis de casos.*

Tabla N° 3.8
Comparativo de iluminación natural-cenital



Fuente: *Elaboración propia en base a fichas de análisis de casos.*

B.1.3 Iluminación natural - combinada

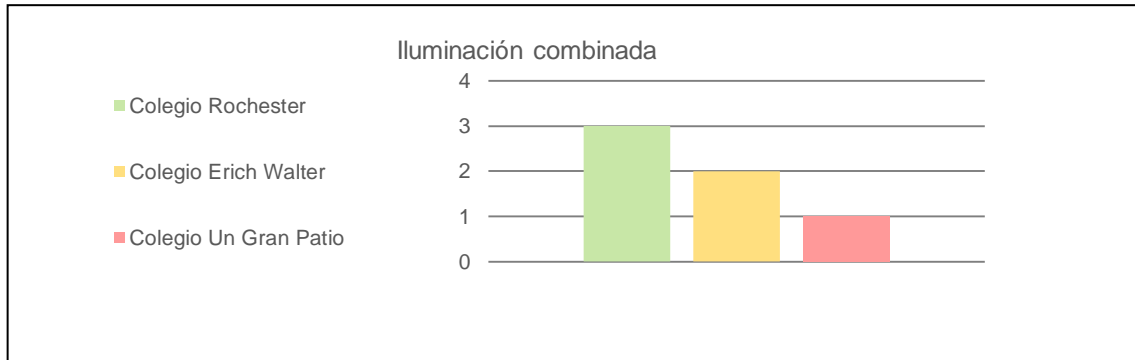
Según la ficha documental N°2 (ver anexo N°2) la iluminación combinada es la que tiene aperturas en muros y en techos, por ejemplo, en cerramientos abovedados, se le considera como iluminación lateral si la abertura es más baja que 2.5 m; por encima de esta altura se considera iluminación cenital superior. Se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla N° 3.9
Cuadro comparativo y resultados de iluminación natural-combinada

Comparación de casos de acuerdo a análisis del indicador iluminación combinada	
Casos analizados	Puntaje
Caso n° 1: Colegio sostenible Rochester	3
Caso n° 2: Colegio estadual Erich Walter Heine	2
Caso n° 3: Colegio Un aula un patio, un colegio un gran patio	1
Sistema de medición	
Presenta cerramientos abovedados, tiene una abertura es más alta a 2.5 m	3
Tiene cerramientos abovedados y abertura que no es mayor a 2.5m	2
No presenta iluminación combinada.	1
Conclusiones: El colegio que aporta más con iluminación cenital es el Rochester, debido a que presenta cerramientos abovedados, tiene una abertura es más alta a 2.5 m	

Fuente: *Elaboración propia en base a fichas de análisis de casos.*

Tabla N° 3.10
Comparativo de iluminación natural-combinada



Fuente: *Elaboración propia en base a fichas de análisis de casos.*

El Colegio Rochester presenta mejor iluminación lateral y combinada, pero necesita mayor atención en la iluminación cenital, esto hace que este colegio genere ahorro energético en base a la iluminación natural, evitando así uso de sistemas activos de iluminación.

B.2 Indirecta

B.2.1 Muros captadores y acumuladores - muros de inercia.

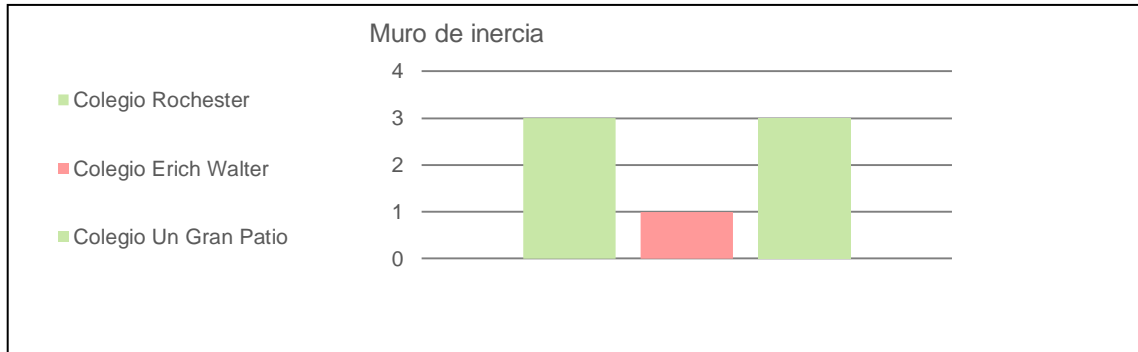
Según la ficha documental N°3 (ver anexo N°3) los muros de inercia son un sistema que tiene la capacidad de almacenar el calor durante varios días sin que el cambio climático exterior afecte el interior, generalmente se utiliza piedras pequeñas asentadas con un mortero simple, estucado de barro y paja. Los materiales que se pueden utilizar son aquellos con una destacada inercia térmica, se puede considerar la madera, el ladrillo o el hormigón. Se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla N° 3.11
Cuadro comparativo y resultados de muros de inercia

Comparación de casos de acuerdo a análisis del indicador muro de inercia	
Casos analizados	Puntaje
Caso n° 1: Colegio sostenible Rochester	3
Caso n° 2: Colegio estadual Erich Walter Heine	1
Caso n° 3: Colegio Un aula un patio, un colegio un gran patio	3
Sistema de medición	
Muro con alta carga térmica(cumple con coeficiente propuesto por el Instituto de Construcción de Chile de acuerdo a material de la envolvente)	3
Muro con media carga térmica	2
Muro con baja carga térmica	1
Conclusiones: Los colegios que más con muro de inercia debido al material de ladrillo expuesto que se utiliza son el Rochester y el Gran Patio, ambos generan cámaras de aire intermedio y doble muro de ladrillo.	

Fuente: *Elaboración propia en base a fichas de análisis de casos.*

Tabla N° 3.12
Comparativo de muros de inercia



Fuente: *Elaboración propia en base a fichas de análisis de casos.*

C. Refrigeración pasiva

C.1 Vegetación

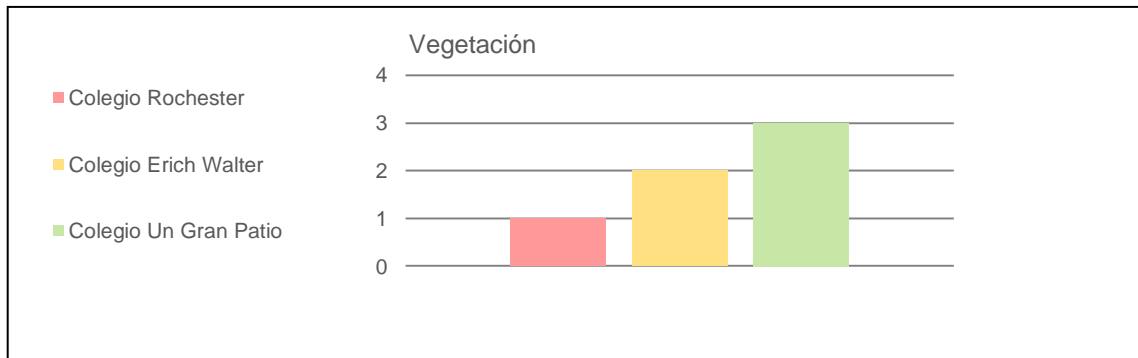
Según la ficha de contexto N°26 (ver anexo N°26) la vegetación puede reducir la velocidad del viento de entre 60 a 80%. Se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla N° 3.13
Cuadro comparativo y resultados de vegetación

Comparación de casos de acuerdo a análisis del indicador vegetación	
Casos analizados	Puntaje
Caso n° 1: Colegio sostenible Rochester-Colombia	1
Caso n°2 : Colegio estadual Erich Walter Heine	2
Caso n°3: Colegio Un aula un patio, un colegio un gran patio	3
Sistema de medición	
Se ubica a 1m arbusto y a 2m árboles/se disminuye velocidad hasta 70%	3
Se cumple solo con distancia para árbol o arbusto/se disminuye velocidad solo a un 30%	2
Plantas se ubican sin orden alguno/solo se disminuye velocidad de vientos en un 5 % mínimo	1
Conclusiones: El colegio con mayor aporte en vegetación como filtro de la velocidad de viento es Un gran Patio, ya que tiene mejor control de distancias entre cada árbol o arbusto.	

Fuente: *Elaboración propia en base a fichas de análisis de casos.*

Tabla N° 3.14
Comparativo de vegetación



Fuente: *Elaboración propia en base a fichas de análisis de casos.*

C.2 Ventilación natural

C.2.1 Ubicación de vanos

En la ficha documental N°4 (ver anexo n°4) se explica la ubicación de vanos como aberturas deberán estar ubicadas en los puntos más distantes entre sí, expresados en una diagonal. A continuación, se presenta los siguientes resultados:

Tabla N° 3.15

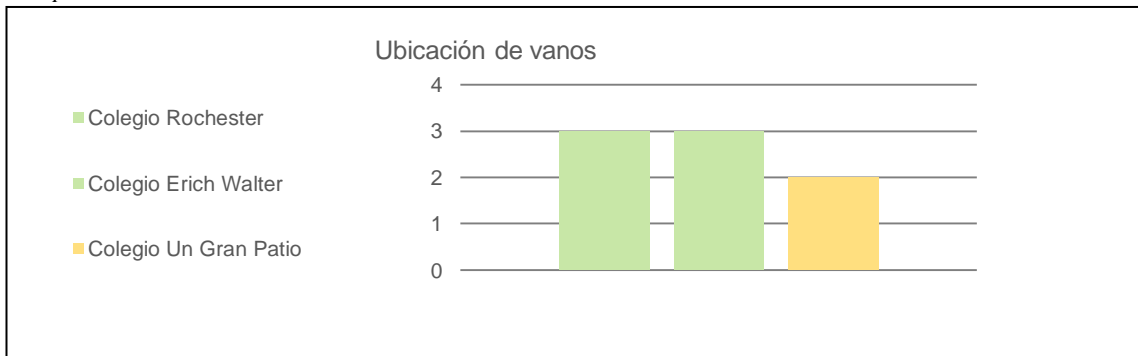
Cuadro comparativo y resultados de ubicación de vanos

Comparación de casos de acuerdo a análisis del indicador ubicación de vanos	
Casos analizados	Puntaje
Caso n° 1: Colegio sostenible Rochester	3
Caso n° 2: Colegio estadual Erich Walter Heine	3
Caso n° 3: Colegio Un aula un patio, un colegio un gran patio	2
Sistema de medición	
Si por lo menos tiene dos vanos opuestos uno a mas altura que el otro	3
Tiene vanos opuestos ambos a la misma altura	2
Si solo tiene un vano	1
Conclusiones: El colegio que aporta más con ubicación de vanos es el Rochester, debido a que por lo menos tiene dos vanos opuestos uno a mas altura que el otro.	

Fuente: *Elaboración propia en base a fichas de análisis de casos.*

Tabla N° 3.16

Comparativo de ubicación de vanos



Fuente: *Elaboración propia en base a análisis de casos.*

C.2.2 Área de apertura de vanos

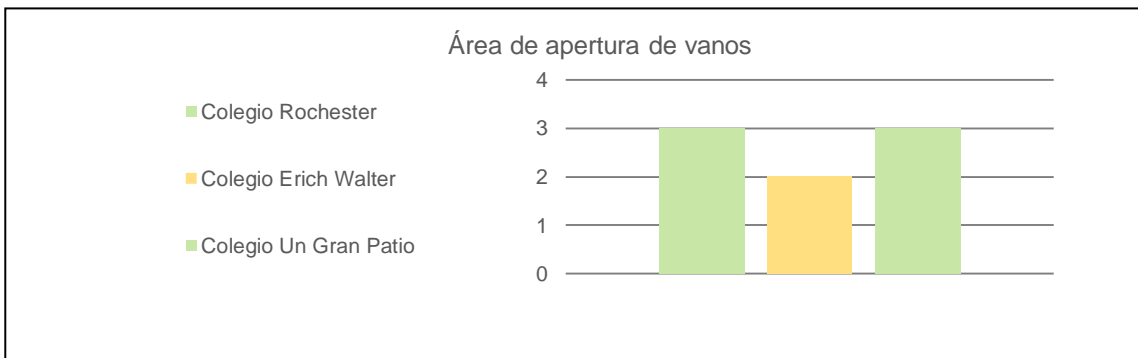
En la ficha documental N°4 (ver anexo n°4) se explica que para el área de apertura de vanos se tiene en cuenta la zona climática de cada proyecto, en base a ello se da porcentajes de apertura de vanos. A continuación, se presenta los resultados:

Tabla N° 3.17
Cuadro comparativo y resultados de área de apertura de vanos

Comparación de casos de acuerdo a análisis del indicador área de apertura de vanos	
Casos analizados	Puntaje
Caso n° 1: Colegio sostenible Rochester-Colombia	3
Caso n° 2: Colegio estadual Erich Walter Heine	2
Caso n° 3: Colegio Un aula un patio, un colegio un gran patio	3
Sistema de medición	
Área de vanos es el 6% del área total	3
Tiene un 3%-5% de área de apertura de vanos	2
Tiene menos del 3% de área de apertura de vanos	1
Conclusiones: Los colegios que son ejemplo en área de apertura de vanos son el Rochester y el Gran Patio con un 6% del total del área del ambiente destinada a vanos .	

Fuente: *Elaboración propia en base a fichas de análisis de casos.*

Tabla N° 3.18
Comparativo de área de apertura de vanos



Fuente: *Elaboración propia en base a fichas de análisis de casos.*

D. Mejora de la envolvente térmica

D.1 Conservación de la energía

D.1.1 Aislamiento en vanos - Transmitancia térmica en puertas y ventanas

La ficha documental N°5 (ver anexo N °5) explica la transmitancia térmica en puertas y ventanas en el que se explica que para que un material sea el mejor en transmitancia térmica debe tener el menor grado U (transmitancia térmica). Así se obtiene los siguientes resultados de los casos:

Tabla N° 3.19

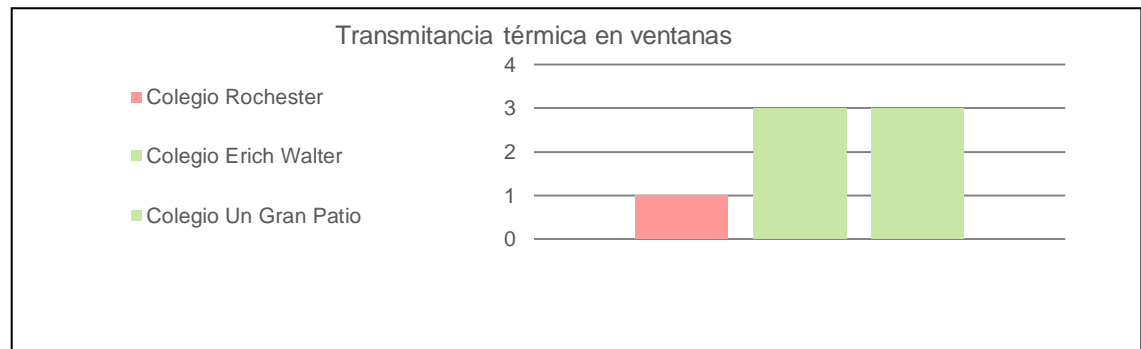
Cuadro comparativo y resultados de transmitancia térmica en ventanas

Comparación de casos de acuerdo a análisis del indicador transmitancia térmica en ventanas	
Casos analizados	Puntaje
Caso n° 1: Colegio sostenible Rochester	1
Caso n° 2: Colegio estadual Erich Walter Heine	3
Caso n° 3: Colegio Un aula un patio, un colegio un gran patio	3
Sistema de medición	
Ventana con revestimiento y/o vacío (Transmitancia térmica U:0.5-0.8)	3
Ventana con panel triple (Transmitancia térmica U:1.4-1.9)	2
Ventana simple (Transmitancia térmica U:2.8-5.7)	1
Conclusiones: Los colegios que son ejemplo en transmitancia térmica en ventanas son el Erich Walter y El Gran Patio debido a que utilizan vidrio mejorado como material de fondo y marcos de madera, ambos con el menor grado U: 0.55	

Fuente: *Elaboración propia en base a fichas de análisis de casos.*

Tabla N° 3.20

Comparativo de transmitancia térmica en ventanas



Fuente: *Elaboración propia en base a fichas de análisis de casos.*

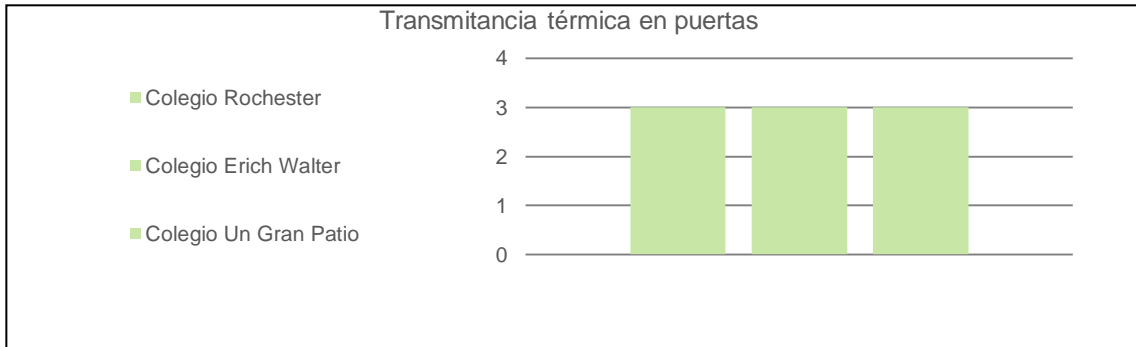
Tabla N° 3.21

Cuadro comparativo y resultados transmitancia térmica en puertas

Comparación de casos de acuerdo a análisis del indicador transmitancia térmica en puertas	
Casos analizados	Puntaje
Caso n° 1: Colegio sostenible Rochester	3
Caso n° 2: Colegio estadual Erich Walter Heine	3
Caso n° 3: Colegio Un aula un patio, un colegio un gran patio	3
Sistema de medición	
Puerta PVC o madera (Transmitancia térmica U:1.80-2.00)	3
Puerta de aluminio y madera (Transmitancia térmica U:3.00-4.00)	2
Puerta de aluminio (Transmitancia térmica U:5.00-6.00)	1
Conclusiones: Todos los colegios son buen referente para transmitancia térmica en puertas, puesto que se utilizó la madera como material con menor grado U.	

Fuente: *Elaboración propia en base a fichas de análisis de casos.*

Tabla N° 3.22
Comparativo de transmitancia térmica en puertas



Fuente: *Elaboración propia en base a fichas de análisis de casos.*

D.1.2 Aislamiento en muros y cubiertas - Transmitancia térmica en muros y cubiertas

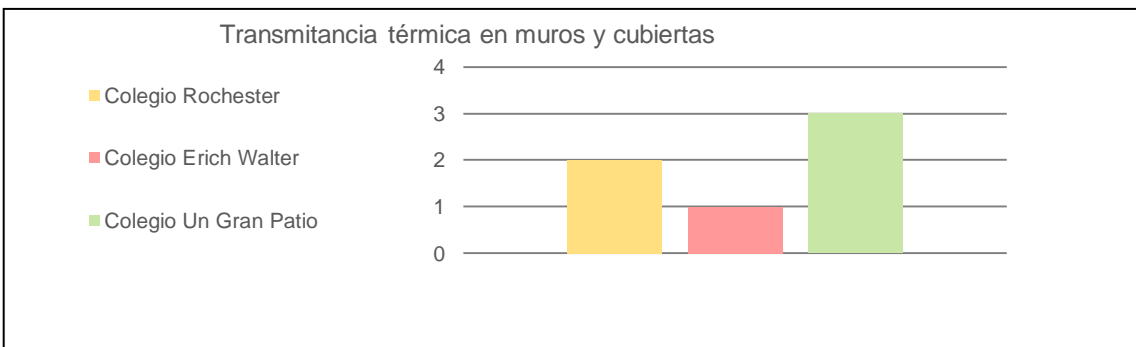
La ficha documental N°5 (ver anexo N°5) explica la transmitancia térmica en muros y cubiertas se explica que para que un material sea el mejor en transmitancia térmica debe tener el menor grado U. Así se obtiene los siguientes resultados de los casos:

Tabla N° 3.23
Cuadro comparativo y resultados de térmica en muros y cubiertas

Comparación de casos de acuerdo a indicador transmitancia térmica en muros y cubiertas	
Casos analizados	Puntaje
Caso n° 1: Colegio sostenible Rochester	2
Caso n° 2: Colegio estadual Erich Walter Heine	1
Caso n° 3: Colegio Un aula un patio, un colegio un gran patio	3
Sistema de medición	
Grado U bajo: 0 – 0.50 U promedio	3
Grado U medio: 0.51 –1.50 U promedio	2
Grado U alto: 1.51 -2.67 U promedio	1
Conclusiones: El mejor referente en transmitancia térmica en muros y cubiertas es el caso del colegio Un Gran patio, hace uso de ladrillo como material térmico, con sistema de doble muro.	

Fuente: *Elaboración propia en base a fichas de análisis de casos.*

Tabla N° 3.24
Comparativo de transmitancia térmica en muros y cubiertas



Fuente: *Elaboración propia en base a fichas de análisis de casos.*

D.2 Acumulación térmica

D.2.1 Inercia térmica en vanos, muros y cubiertas

La ficha documental N°6 (ver anexo n°6) explica que la inercia térmica en vanos, muros y cubiertas está determinada por el material constructivo que se utilice, y este para tener buena inercia térmica debe tener un elevado calor específico y baja conductividad térmica. Se presenta los siguientes resultados:

Tabla N° 3.25

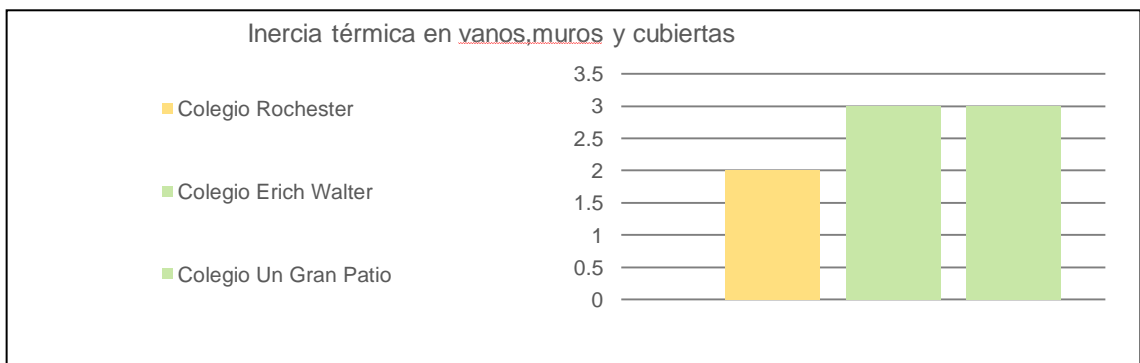
Cuadro comparativo y resultados de inercia térmica en vanos, muros y cubiertas

Comparación de casos de acuerdo a análisis del indicador inercia térmica en vanos, muros y cubiertas	
Casos analizados	Puntaje
Caso n° 1: Colegio sostenible Rochester	2
Caso n° 2: Colegio estadual Erich Walter Heine	3
Caso n° 3: Colegio Un aula un patio, un colegio un gran patio	3
Sistema de medición	
Material constructivo con elevado calor específico y baja conductividad térmica	3
Material constructivo con igual calor específico y conductividad térmica	2
Material constructivo con bajo calor específico y alta conductividad térmica	1
Conclusiones: Los colegios Rochester y Gran Patio son los mejores referentes en inercia térmica en vanos, muros y cubiertas puesto que utilizan materiales como el ladrillo y la madera con elevado calor específico y baja conductividad térmica.	

Fuente: *Elaboración propia en base a fichas de análisis de casos.*

Tabla N° 3.26

Comparativo inercia térmica en vanos, muros y cubiertas



Fuente: *Elaboración propia en base a fichas de análisis de casos.*

3.1.2 VARIABLE DEPENDIENTE: EFICIENCIA ENERGÉTICA

A. Sub dimensión: Reducción de consumo de energía

A.1 Consumo de energía (kwh)

Como se explica en la ficha documental N°7 (ver anexo N°7) el consumo energético está relacionado con la demanda de energía, rendimiento del sistema y la energía renovable, su unidad de medida es el kilovatio hora (kwh) que es un término de consumo y se define para ver la potencia utilizada durante un periodo de tiempo, se detalla que para que una edificación

sea eficientemente energética se debe cumplir con 0 kwh en calefacción, 0kwh en refrigeración, confort lumínico de 70 - 100% ,confort térmico entre 20w/m² - 40w/m², para tener una puntuación de 3, y si se tiene un consumo de al menos un sistema activo de calefacción o refrigeración, confort lumínico de 30 - 69%, confort térmico entre 41 w/m²- 80w/m², se le considera una puntuación de 2 en cambio sí tiene un consumo de calefacción y refrigeración, confort lumínico menor o igual a 30%, confort térmico entre 81 w/m² - 100w/m², será una edificación no eficiente y tendrá una puntuación de 1. Para determinar estos rangos se ingresaron estos casos al software Archiwizard, en los que se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla N° 3.27

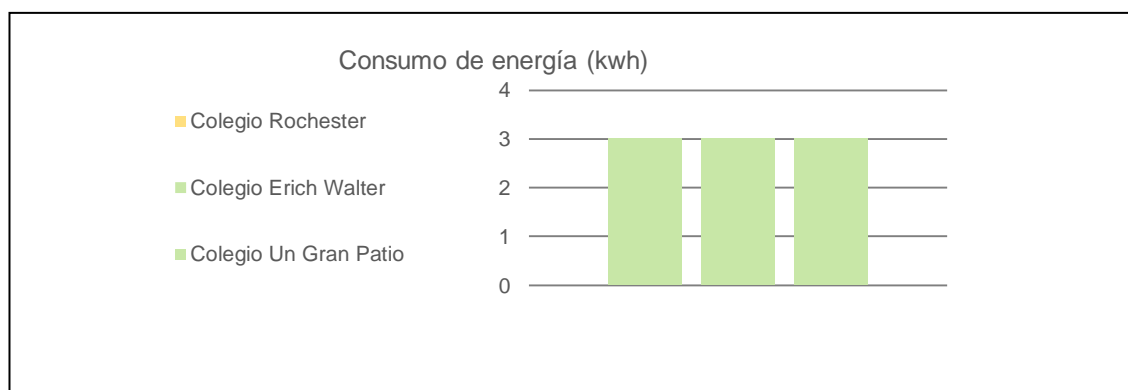
Cuadro comparativo y de resultados de la variable dependiente

Comparación de casos de acuerdo a análisis del indicador consumo de energía (kwh)	
Casos analizados	Puntaje
Caso n° 1: Colegio sostenible Rochester	3
Caso n° 2: Colegio estadual Erich Walter Heine	3
Caso n° 3: Colegio Un aula un patio, un colegio un gran patio	3
Sistema de medición	
Tiene 0 kwh en calefacción,0kwh en refrigeración Confort lumínico de 70 - 100% Confort térmico entre 20 w/m ² - 40w/m ²	3
Consume al menos un sistema activo de calefacción o refrigeración Confort lumínico de 30 - 69% Confort térmico entre 41 w/m ² -80w/m ²	2
Consume calefacción y refrigeración Confort lumínico menor o igual a 30% Confort térmico entre 81 w/m ² - 100w/m ²	1
Conclusiones: En los tres casos se pudo tener una demanda de 0 kwh en calefacción,0kwh en refrigeración, confort lumínico de 70-100% ,confort térmico entre 20 w/m ² -40w/m ² , debido a que en todos los casos se buscó no usar sistemas activos.	

Fuente: *Elaboración propia en base a fichas de análisis de casos.*

Tabla N° 3.28

Comparativo de la variable dependiente



Fuente: *Elaboración propia en base a fichas de análisis de casos.*

3.1.2 RESUMEN DE RESULTADOS

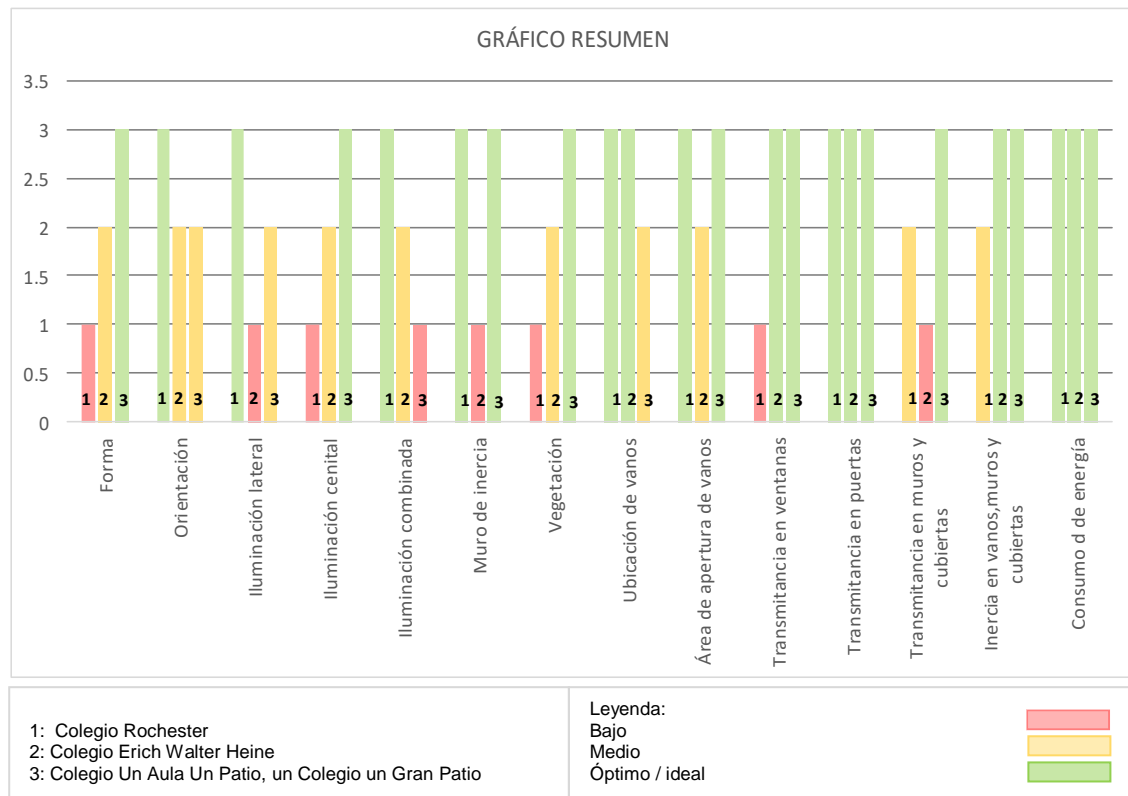
A continuación, se presenta un cuadro resumen de todos los casos, para determinar el de mayor aporte.

Tabla N° 3.29
Cuadro comparativo resumen de análisis de casos

	Sub dimensiones	Ítems	Indicadores	Caso1: Rochester	Caso 2: Erich	Caso 3: Gran patio	
(V.I) Estrategias de diseño de la arquitectura pasiva	Diseño en el edificio		Forma		1	2	3
			Orientación		3	2	2
	Captación solar	Directa	Iluminación natural	Lateral	3	1	2
				Cenital	1	2	3
				combinada	3	2	1
		Indirecta	Muros captadores y acumuladores	Muro de inercia	3	1	3
	Refrigeración pasiva	Ventilación natural	Vegetación		1	2	3
			Ubicación de vanos		3	3	2
			Área de apertura de vanos		3	2	3
	Mejora de la envolvente térmica	Conservación de la energía	Aislamiento en vanos	Transmitancia térmica en ventanas	1	3	3
				Transmitancia térmica en puertas	3	3	3
			Aislamiento en muros	Transmitancia térmica en muros	2	1	3
			Aislamiento en cubiertas	Transmitancia térmica en cubiertas			
		Acumulación térmica	Inercia térmica en vanos	Inercia térmica en ventanas	2	3	3
				Inercia térmica en puertas			
			Inercia térmica en muros				
			Inercia térmica en cubiertas				
	(V.D) Eficiencia energética	Reducción de consumo de energía		Consumo de energía kwh	3	3	3
	TOTAL:				29	27	34

Fuente: *Elaboración propia en base a fichas de análisis de casos.*

Tabla N° 3.30
Comparativo resumen de análisis de casos



Fuente: *Elaboración propia en base a fichas de análisis de casos de ambas variables.*

De cada uno de los indicadores antes analizados se puede concluir que en la subdimensión de diseño en el edificio el colegio con mayor aporte es Un aula un Gran Patio, debido a que hace uso de una volumetría formada por paralelepípedos lineales de este a oeste que se distribuyen alrededor de un patio central y generar buen confort térmico, además tiene la zona académica orientada perpendicular al norte lo que no genera incidencia excesiva de iluminación, en la segunda subdimensión que es captación solar se considera el colegio con mejor aporte el Rochester que presenta una óptima iluminación natural y hace uso del muro de inercia mediante el ladrillo expuesto lo que permite mayor aislamiento térmico, en cuanto a refrigeración pasiva que se subdivide en vegetación, ubicación de vanos y área de apertura de vanos el colegio con mayor aporte es el Rochester que hace uso de una ventilación natural óptima basada en una buena área de vanos y adecuada ubicación de ellos, más por el contrario necesita mejorar su distribución en vegetación a lo largo de la edificación.

Por último se tiene la estrategia de mejora de la envolvente térmica en la que resalta el caso del colegio Un aula Un gran Patio debido al material que utiliza en la envolvente térmica y es el ladrillo expuesto, lo utiliza mediante un doble muro, para mejorar el aislamiento térmico, además opta por este material que tiene buen aislamiento térmico e inercia térmica, a pesar de tener la opción de materiales como el poliestireno expandido, se opta por el ladrillo que no tiene alto grado de inflamación a comparación del poliestireno, además su grado de contaminación es menor.

3.1.3 RELACIÓN DE VARIABLE INDEPENDIENTE Y VARIABLE DEPENDIENTE

De acuerdo a la información recogida la variable independiente que estudia estrategias de diseño pasivo se relaciona con la eficiencia energética, ya que al aplicar estrategias se logra reducir la demanda energética, se parte primero de la determinación de estrategias dadas por el clima como elemento determinante, este medio guarda relación con el sistema Givoni que en base a datos clima propone estrategias, las que se relacionan precisamente con las estrategias propuestas en la investigación, dónde se plantea la siguiente relación en base a porcentajes de cada estrategia:

Tabla N° 3.31

Relación de variable independiente en base a Givoni.

Para climas de temperatura promedio anual entre 14 °C - 21 °C, Givoni define porcentajes de aporte de cada estrategia de diseño pasivo para lograr 0 kwh en calefacción y 0 kwh en refrigeración	
Sistema de medición	
70 % de aporte para envolvente térmica.....	Relación ALTA
25 % de aporte para captación solar	Relación MEDIA
5 % de aporte para refrigeración pasiva	Relación BAJA

Fuente: *Elaboración propia en base a Givoni (2019).*

Al tener la relación de Givoni con las estrategias propuestas en el proyecto se sustenta su uso y se justifica su puesta en práctica, permite conocer que la variable independiente funciona en base a elementos clima y responde a necesidades enfocadas a la realidad contextual del proyecto.

Antes de analizar la relación de las estrategias de diseño pasivo (V.I) con la eficiencia energética (V.D), es necesario mencionar que la segunda variable trabaja en función a un sistema de comprobación dado por el Archiwizard, que permite cuantificar el consumo de energía en kwh, y cuya principal función es suprimir el uso de sistemas activos de calefacción y refrigeración, este software se rige de normas internacionales y considera que para que una construcción sea eficientemente energética se cumple con los siguientes parámetros:

Tabla N° 3.32

Sustento normativo de Archiwizard

CONSTRUCCIÓN EFICIENTEMENTE ENERGÉTICA				
El software Archiwizard plantea según análisis que una edificación tiene eficiencia energética cuando tiene 0 kwh en calefacción, 0kwh en refrigeración, confort lumínico de 70 - 100%, confort térmico entre 20 w/m ² - 40w/m ² , por tanto se tiene lo siguiente:				
Demandas energéticas		Estrategia que permite cumplir con demanda energética	% de aporte de la estrategia	Normatividad que sustenta la cuantificación de demandas energéticas dadas por Archiwizard
Calefacción	0 kwh	Diseño en el edificio Captación solar	25 %	Una construcción tiene 0 kwh en calefacción si: -Considera estrategias de acuerdo a zona climática. -Proyecta formas que aportan al confort térmico. -Se orienta teniendo en cuenta criterios bioclimáticos. -Aprovecha la iluminación natural. -Genera muros captadores o acumuladores de acuerdo a climas de zona de emplazamiento.
Refrigeración	0 kwh	Refrigeración pasiva	5%	Una construcción tiene 0 kwh en calefacción si: -Aprovecha la ventilación natural. -Tiene control de ingreso de sol.

Confort lumínico	70-100%	Captación solar	25%	Una construcción tiene confort lumínico de 70% a 100% sí: -Tiene un buen control de vanos. -Hace uso de la iluminación natural. -Filtra el ingreso de lúmenes.
Confort térmico	Entre 20 w/m ² - 40 w/m ²	Mejora en la envolvente térmica	70%	El RT 2012 reglamento técnico francés de 2012, actualizado en el 2019 Utiliza reglas de Th - U RT2012, Información automática de todos los parámetros relacionados con el marco y el entorno (medidores, máscaras solares, paredes, puentes térmicos, iluminación, confort térmico de acuerdo con las reglas Th - U, Th - S y Th - L RT2012, su finalidad es generar eficiencia energética.
<p>El Archiwizard se basa en la Norma Francesa de Reglamentación térmica 2012 (RT 2012) actualizada en el 2019, que presenta un sistema de cálculo basado en datos clima y análisis térmico, lumínico y de sistemas activos. La reglamentación térmica RT2012 pretende que el consumo energético disminuya con tres exigencias: Una concepción bioclimática Un consumo débil de energía primaria Un confort de verano Se exige la utilización d energías renovables, estanqueidad al aire, etc.</p>				

Fuente: Software de comprobación Archiwizard y Norma RT (2019).

De acuerdo a todo lo antes mencionado se explica la relación de las estrategias pasivas como generador de eficiencia energética, a continuación, se presenta la relación de cada uno de los indicadores de la variable independiente con la variable dependiente:

Tabla N° 3.33
Cruce de variables

Cruce de variables			Eficiencia energética (V.D)	Relación
			Reducción de consumo de energía	
			Consumo de energía (kwh)	
Estrategias de diseño de la arquitectura pasiva (V.I)	Diseño en el edificio	Ubicación	La ubicación es un determinante de las estrategias pasivas, puesto que se eligen estrategias de acuerdo a la zona donde se ubica es decir de acuerdo a las variaciones climáticas de la zona donde se emplaza el proyecto.	MEDIA
		Forma	Las formas lineales de este a oeste y con un patio céntrico generan mejor comportamiento térmico, ellas permiten el confort lumínico de 70 - 100 %, además por su aprovechamiento de radiación solar se llega a una demanda de 0 kwh en calefacción.	
		Orientación	La ubicación de aulas perpendicular al norte genera una disminución de 100 % de calefacción, puesto que mediante el aprovechamiento del calor dado por el sol se genera confort térmico y tiene una demanda 0 kwh.	
Captación solar	Directa	Orientación de ventanas	La buena orientación de ventanas significa según la OCU, una reducción de hasta un 20% de demanda energética.	MEDIA

			Iluminación natural	Lateral	La iluminación lateral en aulas, la cenital en laboratorios y la combinadas en espacios deportivos, permiten que en estos ambientes se obtenga un confort térmico de entre 20 w/m ² - 40w/m ² , lo que evita el uso de sistema de calefacción, además genera confort lumínico de entre 70 y 100%.	
				Cenital		
Combinada						
	Indirecta		Muros captadores y acumuladores	Muro trombe	El muro de inercia de ladrillo expuesto genera confort térmico interno, lo que reduce el uso de calefacción teniendo 0% de demanda.	
				Muro de inercia		
Refrigeración pasiva	Protección solar	Vegetación		La refrigeración en una construcción reduce el uso de sistemas activos de calefacción teniendo un confort térmico de entre 20w/m ² - 40 w/m ² , lo que genera 0 kwh de calefacción.	BAJA	
	Ventilación natural	Ubicación de vanos				
Área de apertura de vanos						
Mejora de la envolvente térmica	Conservación de la energía	Aislamiento en vanos	Aislamiento en muros	Transmitancia térmica en ventanas	La transmitancia y la inercia térmica están determinados por el material constructivos que se utiliza en vanos, paredes y cubiertas, por lo que este está relacionado con el confort térmico que se relaciona con el consumo energético al generar una demanda energética de 0kwh en sistemas de calefacción y refrigeración.	ALTA
				Transmitancia térmica en puertas		
				Transmitancia térmica en muros		
	Acumulación térmica	Aislamiento en cubiertas	Transmitancia térmica encubiertas			
			Inercia térmica en ventanas			
			Inercia térmica en puertas			
			Inercia térmica en muros			
Inercia térmica en cubiertas						

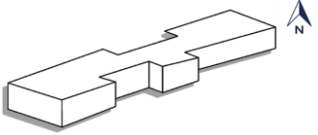
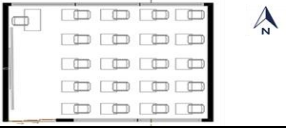

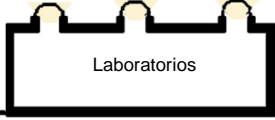
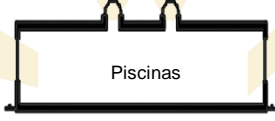
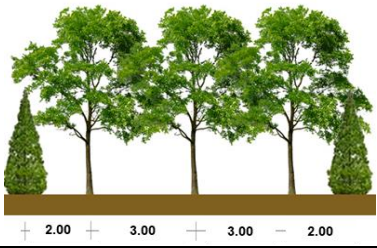
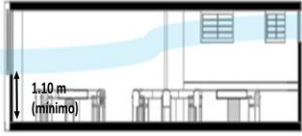
Fuente: *Elaboración propia a base de resultados de análisis de casos y base teórica.*

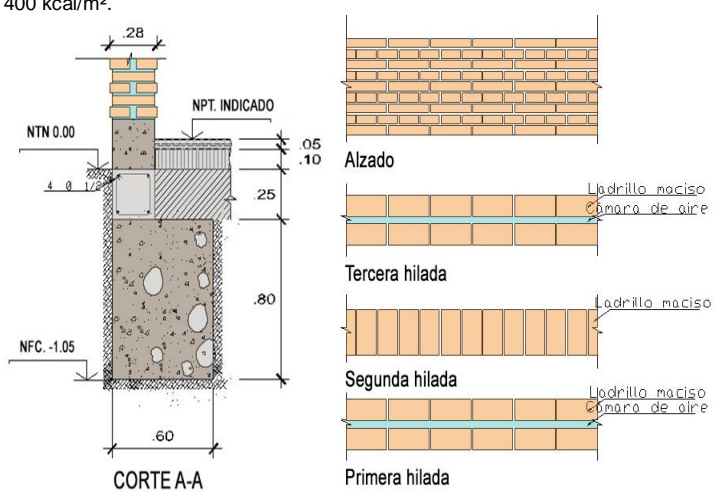
3.2 Lineamientos del diseño

Los lineamientos de diseño son específicamente para el caso de Cajamarca.

Tabla N° 3.34

Lineamientos de diseño

Subdimensiones	Indicador	Lineamiento	Imagen descriptiva	
Diseño en el edificio	Ubicación	Se tomará en cuenta la zona de ubicación del proyecto en base a la Zonificación Bioclimática del Perú, para considerar estrategias aplicables al proyecto de acuerdo a microclimas de cada lugar, tomando en cuenta la latitud, longitud y altura. Cajamarca se ubica en la zona 4: Mesoandino, de acuerdo a las zonas bioclimáticas una de las características climáticas en las que se recomienda tener cuidado es las precipitaciones que van de más de 150 a 2500 mm		
	Forma	Para la volumetría de la zona académica se recomienda formas lineales de este a oeste con patio.		
	Orientación	En el diseño se deberá tomar en cuenta la orientación de aulas perpendicular al Norte, debido a que es un proyecto educativo.		
Captación solar	Directa	Orientación de ventanas	Se recomienda ventanas bajas al sur con variación de orientación 22.5°, debido a que Cajamarca se ubica en la zona 4 Mesoandino.	
		Lateral	Se recomienda utilizar la iluminación lateral en aulas y talleres	
		Genital	En el diseño se deberá considerar utilizar iluminación cenital en laboratorios, su ancho de apertura del cenit debe estar en relación con la altura del local.	
		Combinada	Para espacios como piscinas y losas deportivas se recomienda el uso de la iluminación combinada.	
	Indirecta	Muros captadores y acumuladores	Se recomienda tener en cuenta en la zona académica el muro de inercia como muro acumulador de energía, este debe ser de ladrillo, de doble grosor o con capa de aire. Este medio de envoltente térmica de ladrillo tiene alta carga térmica que genera absorbanza solar de 0.50, transmitancia térmica de 0.80 w/m ² y capacidad de almacenamiento térmico de 1.60 mj /m3.	
Refrigeración pasiva	Protección solar	Vegetación	Se diseñará las áreas verdes tomando en cuenta cortinas rompevientos se necesita mantener orden al plantar árboles o arbustos, las separaciones más usuales para cortinas son de 1 a 2 m entre arbustos y de 2 a 3 m entre árboles, para el caso de Cajamarca estas cortinas deberán ser de aliso, pino, eucalipto.	
	Ventilación natural	Ubicación de vanos	Se diseñará en caso de vanos en paredes adyacentes, aberturas ubicadas en los puntos más distantes entre sí, expresados en una diagonal. Se recomienda una altura de alfeizer a partir de 1.10 mts debido a que Cajamarca se ubica en la zona 4 Mesoandino, las aberturas de salida se recomienda que sea en la parte superior.	

		Área de apertura de vanos	El área de apertura de vanos para Cajamarca en la zona académica será de 6% porcentaje del área del ambiente.
Mejora de la envolvente	Conservación de la energía	Transmitancia térmica en ventanas	<p>Para Cajamarca se recomienda:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Tomar en cuenta ventanas con revestimiento, vidrio mejorado (transmitancia térmica de 0.50) y marco de madera (transmitancia térmica de 0.20). -Se recomienda puerta de PVC o madera (transmitancia térmica de 0.20), en centros educativos es de mayor uso puertas de madera. <p>-Para muros se recomienda el uso de ladrillo expuesto, con doble muro o capa interna de aire, este permite generar el menor grado de transmitancia compuesto por ladrillo y aire que sumados tienen 0.50 U (sistema denominado aparejo BELGA). además, permite conservar energía por tener capacidad calorífica de 400 kcal/m².</p> 
		Transmitancia térmica en puertas	
Transmitancia térmica en muros			
Transmitancia térmica en cubiertas			
Mejora de la envolvente	Acumulación térmica	Inercia térmica en ventanas	<p>Para Cajamarca se necesita mantener el calor y generar aislamiento térmico, por lo que los materiales que se utilicen deben ser de buena capacidad térmica y de bajo calor específico, por lo que se recomienda la madera en puertas y en ventanas en marcos de madera y de fondo se propone el vidrio.</p> <p>Para los muros se plantea el ladrillo.</p>
		Inercia térmica en puertas	
		Inercia térmica en muros	
		Inercia térmica en cubiertas	

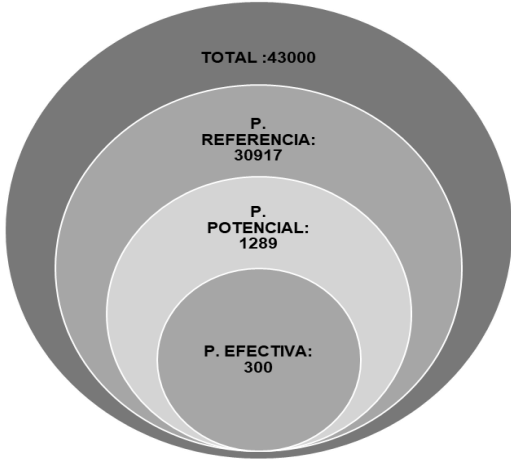
Fuente: *Elaboración propia en base a resultados*

3.3 Dimensionamiento y envergadura

La Red COAR se encuentra en las 24 regiones del país, atendiendo a una población de 6,700 estudiantes de 3.º, 4.º y 5.º de secundaria, surge ante la necesidad de mejorar la calidad educativa y brindar oportunidad a los mejores alumnos capacitándolos y mejorando sus capacidades, es un proyecto que desde su concepción cuenta con una población a la que se destina el servicio, es decir, para diseñar un COAR, se parte de la oferta de 300 estudiantes para quienes se crea el COAR, son estudiantes de los tres primeros lugares de colegios públicos con un 70% de estudiantes de la región y un 30% de estudiantes del resto del Perú, oscilan entre los 13-18 años.

Tabla N° 3.35

Filtros para demanda

Filtros por demanda			
		Primer filtro: tres primeros puestos de colegios secundarios, alumnos que pasan a 3° grado	
		PERÚ	1720000 estudiantes 2.5% primeros lugares 43000 estudiantes ocupan primeros lugares en el Perú
		Segundo filtro: tres primeros lugares de colegios públicos	
		PERÚ	De colegios públicos solo son un 71.9% 30917 estudiantes de los primeros puestos de colegios públicos, se los divide entre 24 COARS
Cuarto filtro: Se pasa tres etapas: competencias- examen escrito, vivencial y entrevista.		Tercer filtro: tres primeros lugares de colegios públicos, 70% de la región de Cajamarca y 30% de todo el Perú	
MINEDU, plantea 300 alumnos por COAR, es una NORMA base para la infraestructura 210 alumnos son de la región a la que pertenece el COAR, y los 90 son del resto del Perú.	Solo se da 300 vacantes, en las pruebas de selección se eliminan un 50 % o no se llega al proceso de selección, solo en el COAR de Lima se aceptan 300 estudiantes por grado haciendo una población de todos los COAR de 7800 estudiantes.	CAJAMARCA	Para Cajamarca solo 1289 estudiantes de los cuales: 902 son de la Región y 387 de todo el Perú

Fuente: *Elaboración propia apoyada de Ministerio de Educación (2018).*

Estudio de servicio: En Cajamarca se cuenta con un COAR; pero este no tiene ubicación definitiva, este está funcionando provisionalmente en Jesús, se propone hacer la infraestructura definitiva en la Colpa, pero aquí no se cuenta con servicios básicos ni con equipamiento, tampoco es una zona de expansión, por lo tanto, no es viable aquí. Ahora se cuenta con 291 estudiantes que necesitan de una infraestructura para su desarrollo, ellos son los mejores estudiantes seleccionados y necesitan calidad en arquitectura.

3.4 Programa arquitectónico

Permite determinar los espacios y áreas necesarias para el adecuado desarrollo de actividades de un COAR, cabe decir que un COAR, cuenta ya con zonas determinadas por normativa "Contenidos mínimos específicos del estudio de Pre inversión para la iniciativa privada cofinanciada, aporte de infraestructura y servicios complementarios a la Gestión Educativa para nuevos Colegios de Alto Rendimiento (COAR) en las regiones de Junín, Pasco, Huancavelica y Cusco"-MINEDU, la que se aplica para el caso de Cajamarca y se adecúa de acuerdo a su realidad.

3.4.1 Planificación y programación

Para el desarrollo de la infraestructura educativa de un COAR, es necesario tener en cuenta como lo menciona el MINEDU, prototipos de COAR, especialmente para su zonificación y programación arquitectónica.

3.4.2 Aproximación al concepto de COAR

3.4.2.1 Definición de COAR

La formación integral en un Colegio de Alto Rendimiento (COAR) se enmarca en la Ley N° 28044 Ley General de Educación y el Proyecto Educativo Nacional para el 2021.

El Colegio de Alto Rendimiento de Cajamarca es miembro de la Red COAR del Perú. Fue creado por Resolución Directoral N° 3361-2015 y nace con el propósito de desarrollar un proceso formativo de exigencia académica, artística y/o deportiva para estudiantes de alto rendimiento y desempeño sobresaliente de la educación pública. Actualmente tiene la categoría de Colegio Solicitante del IB, es decir, está buscando la autorización del para desarrollar el Programa Diploma del Bachillerato Internacional. Actualmente funciona en Jesús y alberga a 291 estudiantes.

3.4.2.2 Servicios ofrecidos

A. Servicios de Educación. El COAR brinda educación a estudiantes de alto desempeño que cursen el séptimo ciclo de la Educación Básica Regular, según lo establecido por el modelo de servicio de atención de estudiantes de alto desempeño.

B. Servicios de Residencia. El servicio de residencia implica la estancia de los estudiantes en las instalaciones del COAR durante siete días a la semana por un total de cuarenta semanas anuales, Comprende los servicios básicos (alimentación, alojamiento, salud y seguridad), los servicios complementarios (lavandería, almacén y reposición, movilidad) y los servicios generales (limpieza, mantenimiento y servicio informático).

C. Servicios de bienestar integral y desarrollo estudiantil. Los servicios de bienestar integral y desarrollo estudiantil tienen como objetivo promover el bienestar integral de los estudiantes incentivando el desarrollo de su autonomía y su formación en valores.

3.4.2.3 Plan de estudios COAR

Tercer grado de secundaria, se plantea cursos de base teórica como los colegios nacionales, pero se agrega cursos de investigación, idiomas y extracurriculares

Cuarto y Quinto Grado de Secundaria, años 2017 y 2018, programa del Bachillerato Internacional, COAR Jesús es solicitante del IB, al ser solicitante del IB, permite que estudiantes destacados postulen a nivel internacional a las mejores universidades del mundo.

3.4.2.4 Usuario

El COAR Cajamarca, funciona en base a prototipos de programación arquitectónica que se establece por el Ministerio de Educación (2018), que considera COAR en base a 5 mundos, estos engloban todo tipo de actividades a desarrollarse en estos recintos educativos, su

nombre de cada mundo parte de palabras quechuas que buscan siempre la interculturalidad que es uno de los principales temas a tratar en el COAR Cajamarca.

3.4.2.5 Determinación de zonas

Tabla N° 3.36

Zonas de un COAR

	Zona	Programa arquitectónico	Características
Yachay	1. Actividad académica 2. Centro de recurso de aprendizaje 3. Bienestar integral	Aulas, laboratorios, talleres, sala de profesores.	Mundo aprendizaje
Tinkuy	4. Dirección 5. Administrativa 6. Actividades especiales 7. Servicios alimenticios	Comedor, SUM, dirección, administración, bienestar y desarrollo del estudiante, biblioteca, sum, auditorio.	Mundo de convivencia
Wasi	8. Residencia	Residencia escolar.	Mundo residencial área de descanso
Pujllay	9. Deportiva 10. Servicios generales	Losas multiusos, piscinas, lavandería, servicios generales.	Mundo expresión corporal.

Fuente: *Ministerio de Educación (2018). Criterios de diseño de los COAR*

Para el caso de Cajamarca:

A. Estudiantes: Son de entre 13 a 18 años, su procedencia es 30 % estudiantes de otras zonas del país, fuera de la región (Lima, Ancash, La Libertad, etc.), 70% de estudiantes son procedentes de la región Cajamarca. La zona de la que provienen es 40% de la zona rural y 60% de la zona urbana, su nivel socioeconómico es baja, son personas con bajos recursos económicos, la población estudiantil fija es de 300 estudiantes, aforo fijo en base al que se trabaja la infraestructura, se educa tres niveles 3°, 4° y 5° de secundaria, 100 estudiantes por grado.

Tabla N°3.37

Perfil de estudiante

Colegio de Alto Rendimiento Académico	
Procedencia	70% del departamento de Cajamarca, 30% de otros departamentos, 60% de la zona urbana y 40% de la zona rural.
Edad	De entre 13 y 18 años
Condición socioeconómica	B-D
Actividad a realizar	Estudiar
	Recrearse
	Hacer deporte
	Dormir y alimentarse

Fuente: *Elaboración propia en base a Ministerio de Educación (2019).*

El perfil del estudiante:

- Constructor de su propio aprendizaje y crítico de la realidad.

- Conocedor de su realidad y comprometido con ser agente de cambio en su comunidad.
- Poseedor de una conciencia ecológica.

B. Trabajadores: directivos, docentes y asesores, administrativos y soporte de servicio. Los docentes COAR son profesionales de alto nivel de formación académica y competencias pedagógicas. Buscan constantemente la excelencia profesional y personal, y se desenvuelven éticamente como mediadores que promueven el más alto desempeño de sus estudiantes en todos los ámbitos de su desarrollo. En relación a los estudiantes, sus competencias personales y profesionales les permiten:

- Reconocer la diversidad de saberes y cultura.
- Responder a necesidades y expectativas de aprendizaje.

Perfil de personal de servicio: Son personales serviciales, asequibles y de confianza.

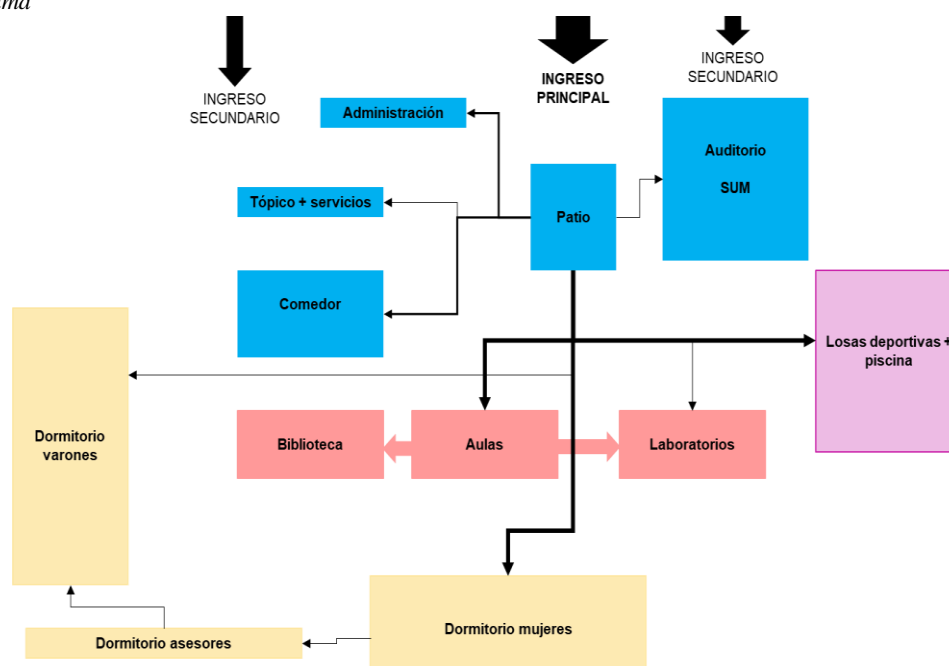
C. Padres de familia. Los padres de familia y apoderados durante la permanencia de sus hijos en el COAR, deben continuar con su rol, para ello deben desarrollar las siguientes acciones:

- Acompañar afectivamente. Implica la comunicación constante con sus hijos.
- Mantener las responsabilidades. Mantienen comunicación con el COAR, a fin de estar informados respecto de los logros de sus hijos y siguen las recomendaciones que el tutor o especialista indica.

3.4.2.6 Organigrama

Los COAR, tienen un esquema de desarrollo de actividades que permite relacionarse y desplazarse de manera óptima en el espacio a diseñar, está formado por ambientes dados por el Ministerio de Educación (2015).

Figura N° 3.1
Organigrama



Fuente: *Elaboración propia en base Guía de Diseño de Espacios Educativos EBR JEC 2015.*

3.4.2.7 Programación arquitectónica (ver anexo n° 30)

La programación arquitectónica muestra el total de zonas, ambientes, capacidad, áreas y aforo a tener en cuenta para el Colegio de Alto Rendimiento Académico, este permite demostrar la pertinencia y necesidad de cada espacio para el cumplimiento de cada variable, especialmente de la zona académica.

De acuerdo a Criterios de Diseño de Colegios de Alto Rendimiento (2015) para el caso del COAR Cajamarca se tiene 300 estudiantes como población fija en base a la que se plantean los espacios, en cuanto a zona académica se tiene en cuenta 12 aulas, 2 talleres y 4 laboratorios, estas están divididas de la siguiente manera y en ellas se plantea la aplicación de variables.

Tabla N° 3.38

Programa arquitectónico: zona académica

ZONA		AMBIENTE	CANTIDAD	CAPACIDAD	SUBTOTAL (m ²)	
YACHAY	ACTIVIDAD ACADÉMICA	Aulas	Tercer Grado	4	25	200.00
			Cuarto Grado	4	25	200.00
			Quinto Grado	4	25	200.00
	Aulas talleres	Arte	1	25	75.00	
		Música	1	25	75.00	
	Laboratorios	Química	1	28	85.75	
		Física	1	25	83.50	
		Biología	1	25	83.50	
		Robótica	1	27	94.50	
	Total					1097.25

Fuente: *Elaboración propia a base Guía de Diseño de Espacios Educativos EBR JEC 2015*

Todo este programa arquitectónico se da en base a las siguientes zonas:

Tabla N° 3.39

Programa arquitectónico: sumatorio total de zonas

ZONAS	SUB TOTAL (m ²)
Zona Académica	1 297.05
Zona de Recursos de Aprendizaje	447.00
Zona de Bienestar integral	127.00
Zona de dirección y administración	111.50
Zona de Actividades Especiales	329.40
Zona de Servicios Alimentarios	854.70
Zona Deportiva	2 094.55
Zona de Servicios Generales	1 325.50
Zona de Residencia	17 705.64
Total de zonas	19 410.98
Total de zonas	24 951.95
Sub total + 25 % Circulación y muros	30 498.69
+60% DE ÁREA VERDE	43 810.86

Fuente: *Elaboración propia a base Guía de Diseño de Espacios Educativos EBR JEC 2015*

3.5 Determinación del terreno

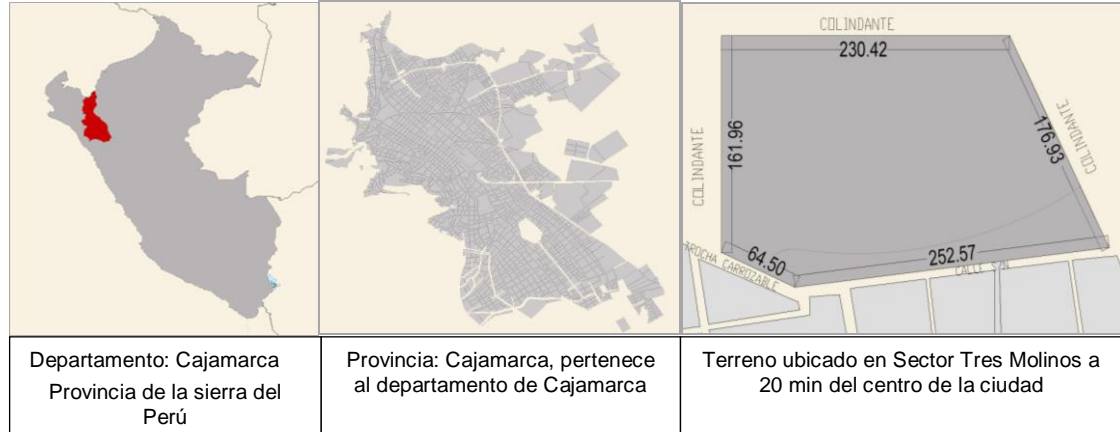
Los terrenos se encuentran en la ciudad de Cajamarca, departamento de Cajamarca y en el país de Perú, que es un estado soberano situado en América del Sur. Cajamarca, fundada como «San Antonio de Cajamarca», es la ciudad más importante de la sierra norte del Perú, capital de la provincia y del departamento de Cajamarca. Está situada a 2750 msnm en el

margen este de la cadena occidental de la Cordillera de los Andes, en el valle interandino que forman los ríos Mashcón y Chonta.

Área de estudio de terrenos a considerar

Figura N° 3.2

Área de estudio para implantación de terreno



Fuente: Instituto Geográfico Nacional (2019).

Para determinar el terreno en el que se implantará el COAR, se analiza terrenos los que se comparan y se evalúan en base a normas propuestas por el Ministerio de Educación.

Tabla N°3.40

Consideraciones urbanísticas para el terreno

Consideraciones urbanísticas para un centro educativo	
1	Debe ubicarse en zona urbana, con disponibilidad de agua, desagüe, energía eléctrica y servicios de telefonía.
2	Los locales destinados a educación no deberán ubicarse en zona de riesgos.
3	No deberá en ubicarse en zonas de riesgo humano tecnológico (fábricas contaminantes).
4	No debe ubicarse en áreas naturales protegidas, reservas naturales, monumentos arqueológicos o zonas donde puedan existir vestigios arqueológicos.
5	Debe tener la menor pendiente predominante de la zona.
6	No debe ubicarse a menos de 150 metros de velatorios o cementerios.
7	No debe ubicarse cerca de planta de tratamiento o residuos sólidos.
8	No debe ubicarse a menos de 1 000 metros de rellenos sanitarios.
9	No debe ubicarse a menos de 50 metros de estaciones de combustibles.
10	No debe ubicarse a menos de 100 metros de locales donde se expendan bebidas alcohólicas.
11	No debe ubicarse a menos de 200 metros de ductos de gas natural.
12	No debe ubicarse a menos de 100 metros de plantas de tratamientos de aguas residuales
13	No debe colindar con establecimientos de salud distancia mínima de 30 metros.
14	No debe ubicarse cerca de un aeropuerto o su área de expansión.

Fuente: Elaboración propia en base a Guía de diseño de Espacios Educativos EBR 2015. Recuperado de Ministerio de Educación – MINEDU

Tabla N° 3.41

Criterios de análisis de terreno

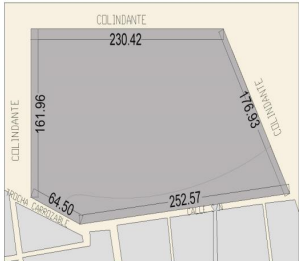

Criterios de Análisis en base a normativa de Guía de diseño de Espacios Educativos EBR 2015	
ÍTEMS	NORMA
Vialidad	Dos vías como mínimo
Servicios	TODOS:agua,luz,etc.
Uso de suelos	Uso Residencial-R3
Pendiente	Pendiente menor a 5%
Peligros	Zona tranquila
Riesgos	Zona con bajos niveles de riesgos
Vulnerabilidad	Zona con baja vulnerabilidad
Ubicación en zona de proceso de expansión	

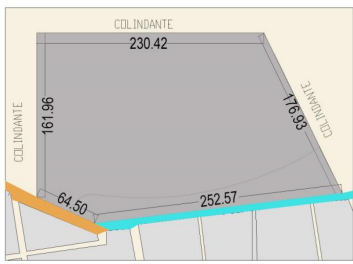
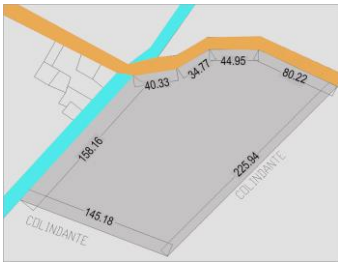




Fuente: *Elaboración propia en base a Guía de diseño de Espacios Educativos EBR 2015. Recuperado de Ministerio de Educación – MINEDU.*

Comparación de terreno en base a cada ítem de la matriz de base normativa.

Tabla N°3.42

Resumen de terrenos analizados en base a normativa

ANÁLISIS DE UBICACIÓN					
PRIMER TERRENO		3	SEGUNDO TERRENO		3
					
Ubicación:	El terreno está ubicado en el Centro Poblado Tres Molinos, a 20 min del centro de la ciudad, tiene buena accesibilidad	3	Ubicación:	El terreno está ubicado en el Centro Poblado Santa Bárbara a 30 min del centro de la ciudad, tiene buena accesibilidad	3
Área:	45092.47 m ²		Área:	28000 m ²	
Perímetro:	839.85 ml		Perímetro:	630 m	
Cumple con área:	Sí		Cumple con área:	Sí	
COMPARACIÓN DE TERRENOS: PRIMER ÍTEM DE ANÁLISIS VIABILIDAD: 2 VÍAS COMO MÍNIMO					

TERRENO N°1			TERRENO N°2			TERRENO N°3		
 <p>Trocha carrozable Calle s/n</p> <p>6.00 8.00</p>			 <p>Av. Juan Miguel Rosse Trocha s/n</p> <p>6.00 4.00</p>			 <p>La Libertad Trocha s/n</p> <p>8.00 4.00</p>		
2 vías como mínimo:		CUMPLE	CUMPLE		CUMPLE	CUMPLE		
TERRENO N°1			TERRENO N°2			TERRENO N°3		
								
Servicios:	Todos	3	Servicios:	Todos	1	Servicios:	Todos	2
Uso de suelos:	R3		Uso de suelos:	R3		Uso de suelos:	R3	
Pendiente:	Llana 1%		Pendiente:	10 %		Pendiente:	3 %	
Peligros:	Ninguno	3	Peligros:	Ninguno	3	Peligros:	Ninguno	3
Riesgo:	Zona de peligro bajo	3	Riesgo:	Zona de riesgo a inundación MODERA	3	Riesgo:	Zona de peligro bajo	3
Vulnerabilidad:	Baja	3	Vulnerabilidad:	Media	2	Vulnerabilidad:	Media	2

Fuente: *Elaboración propia en base a Guía de diseño de Espacios Educativos EBR 2015. Recuperado de Ministerio de Educación – MINEDU y análisis de contexto.*

Después de obtener un cuadro comparativo de los tres terrenos posibles en donde se emplazará el proyecto se presenta resultados de cada uno de ellos en base a normativa del MINEDU, esto permitirá esclarecer puntos a favor y en contra para su evaluación final.

Tabla N° 3.43

Evaluación síntesis de terrenos analizados

Evaluación de todos los terrenos			
Norma	Terreno 1	Terreno 2	Terreno 2
Vialidad: 2 vías como mínimo	SÍ CUMPLE	SÍ CUMPLE	SÍ CUMPLE
Servicios: todos	Tiene todos los servicios	Tiene todos los servicios	Tiene todos los servicios
Uso de suelos: R3	Sí, cumple	Sí, cumple	Sí, cumple
Pendiente: menor a 5%	3% de pendiente	3% de pendiente	10 % de pendiente
Peligros: Zona tranquila	Zona tranquila	Zona tranquila	Zona tranquila
Riesgos: Zona con bajos niveles de riesgos	Zona sin riesgos	Zona de peligro bajo	Zona de riesgo a inundación-
Vulnerabilidad: Baja	Baja	Media	Media
Ubicación en zona de proceso de expansión	zona de proceso de expansión	zona de proceso de expansión	zona de proceso de expansión

Fuente: *Elaboración propia en base a Guía de diseño de Espacios Educativos EBR 2015. Recuperado de Ministerio de Educación – MINEDU y análisis de contexto.*

Tabla N° 3.44

Evaluación final de terrenos –comparación

Evaluación final de terrenos- comparación			
	Terreno 1	Terreno 2	Terreno 3
Ítems			
Viabilidad	3	3	3
Uso de suelos	3	3	3
Servicios	3	3	3
Pendiente	3	1	1
Peligros	3	3	3
Riesgos	3	1	2
Vulnerabilidad	3	1	1
Total	21	15	16

Fuente: *Elaboración propia en base a Guía de diseño de Espacios Educativos EBR 2015. Recuperado de Ministerio de Educación – MINEDU y análisis de contexto.*

El TERRENO N°1 es el seleccionado, cumple con todos los ítems de normativa evaluados, es un terreno apto para un COAR, permite desarrollar todas las actividades que se proponen de acuerdo a cada zona.

3.6 Análisis del lugar

Análisis contextual de terreno

- Estructura geográfica:

El terreno se encuentra en el sector Tres Molinos, zona de expansión en el que predomina el uso de vivienda huerto, unifamiliar, es una zona de barrios no consolidados.

- EQUIPAMIENTO: Cuenta con equipamiento:

Religioso: Iglesia Santa Bárbara

Salud: Posta Médica de Santa Bárbara

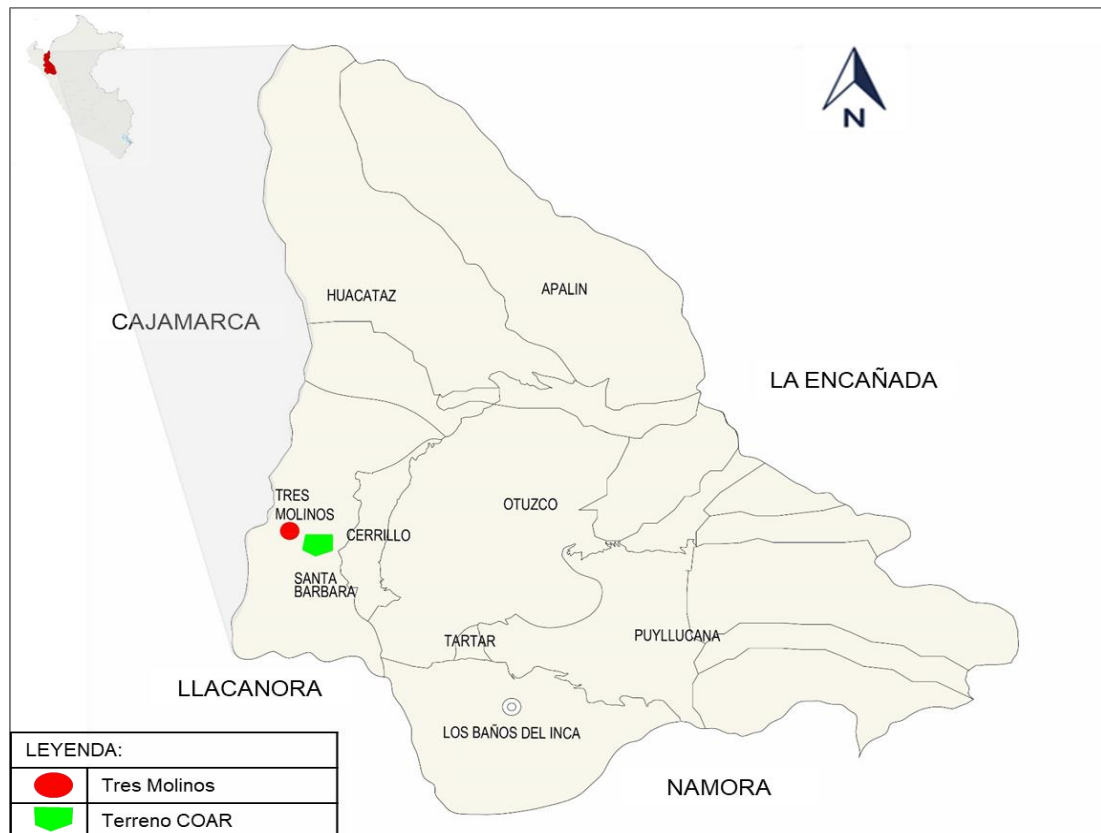
Educativo: I.E Santa Bárbara- I.E Tres Molinos

- Estructura socioeconómica: Clase C y D.
- Viviendas con materiales típicos.
- Estructura sociológica: Organizada en barrios y familias.
- Estructura sociocultural: Población con bajo nivel cultural.
- Infraestructura: Cuenta con todos los servicios.

EL PROYECTO ES VIABLE, el terreno se ubica en una buena zona apta para un COAR.

Figura N° 3.3

Análisis de tres molinos-terreno elegido

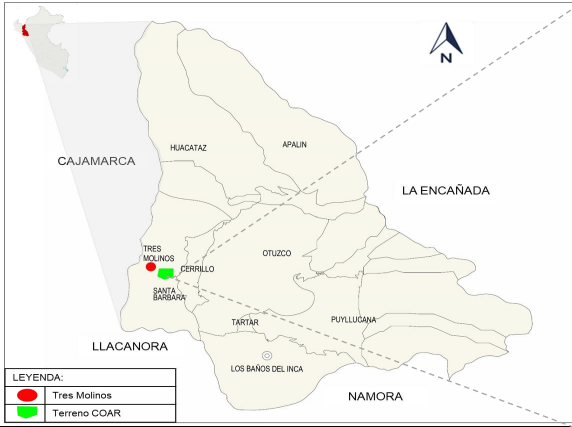
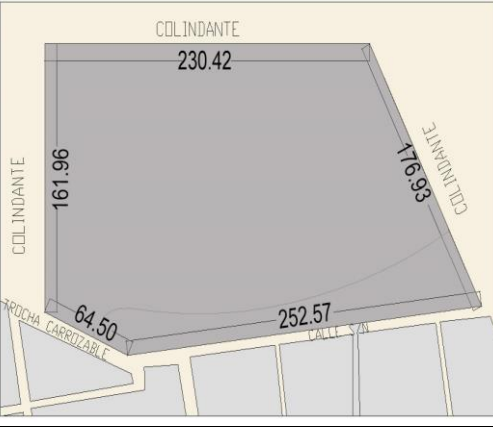
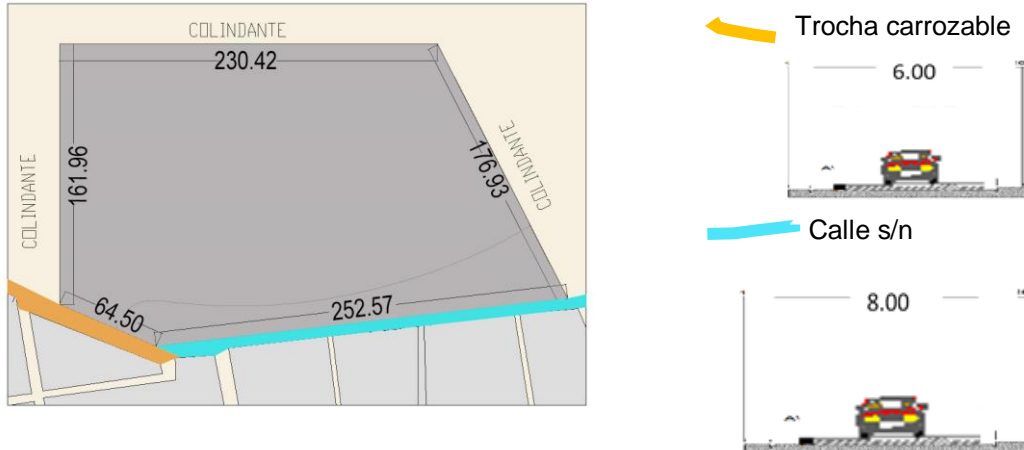


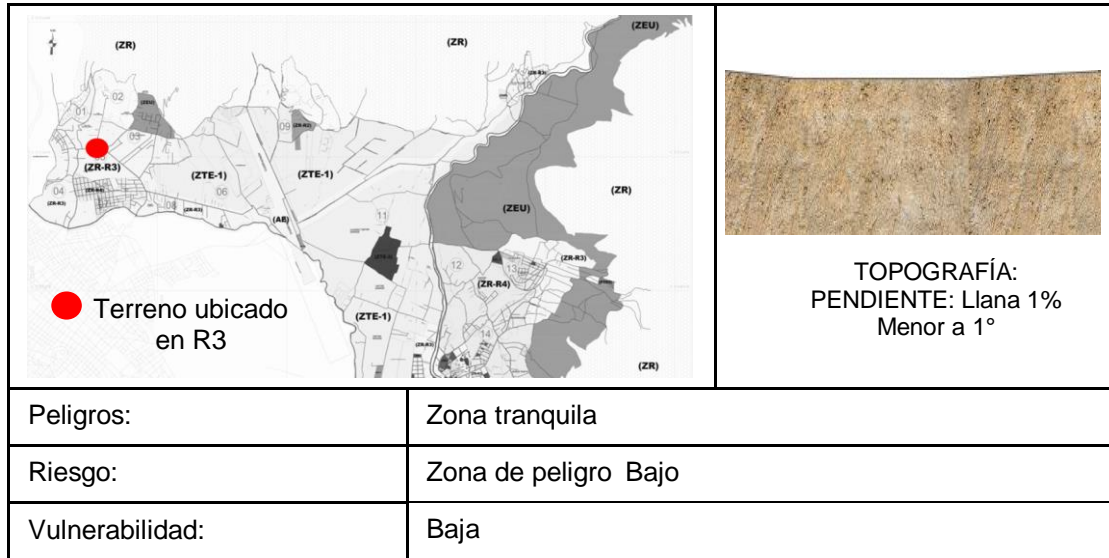
Fuente: Elaboración propia en base a análisis contextual y Municipalidad de Baños del Inca (2019)

El terreno está ubicado en el Centro Poblado Tres Molinos, a 20 min del centro de la ciudad, tiene buena accesibilidad, está en la intersección de 2 vías.

Tabla N° 3.45

Análisis contextual, peligros, uso de suelo y vulnerabilidad de terreno elegido

Resumen de terrenos analizados	
ANÁLISIS DE TERRENO ELEGIDO	
	
	
Ubicación:	El terreno está ubicado en el Centro Poblado Tres Molinos, a 20 min del centro de la ciudad, tiene buena accesibilidad, está en la intersección de 2 vías.
Área:	Área: 40092.47 m ²
Perímetro:	P: 839.85 ml
Área cumple con programación:	SÍ
2 vías como mínimo:	Cumple
	
Servicios:	Todos
Uso de suelos:	R3
Pendiente:	1%



Fuente: Elaboración propia a base de normativa MINEDU y observación directa de campo.

CONCLUSIÓN: El terreno cuenta con buenas vías de acceso y su contexto es adecuado para un COAR, es una zona tranquila y en proceso de expansión, es compatible con el uso de suelos y no está en una zona peligrosa ni vulnerable.

3.7 Idea rectora y las variables

El proyecto parte de la concepción de ideas por la que se crea un COAR, y es por la unión de mundos que reflejan cultura, se define 4 mundos denominados: Yachay, Tinkuy, Wasi y Pujllay.

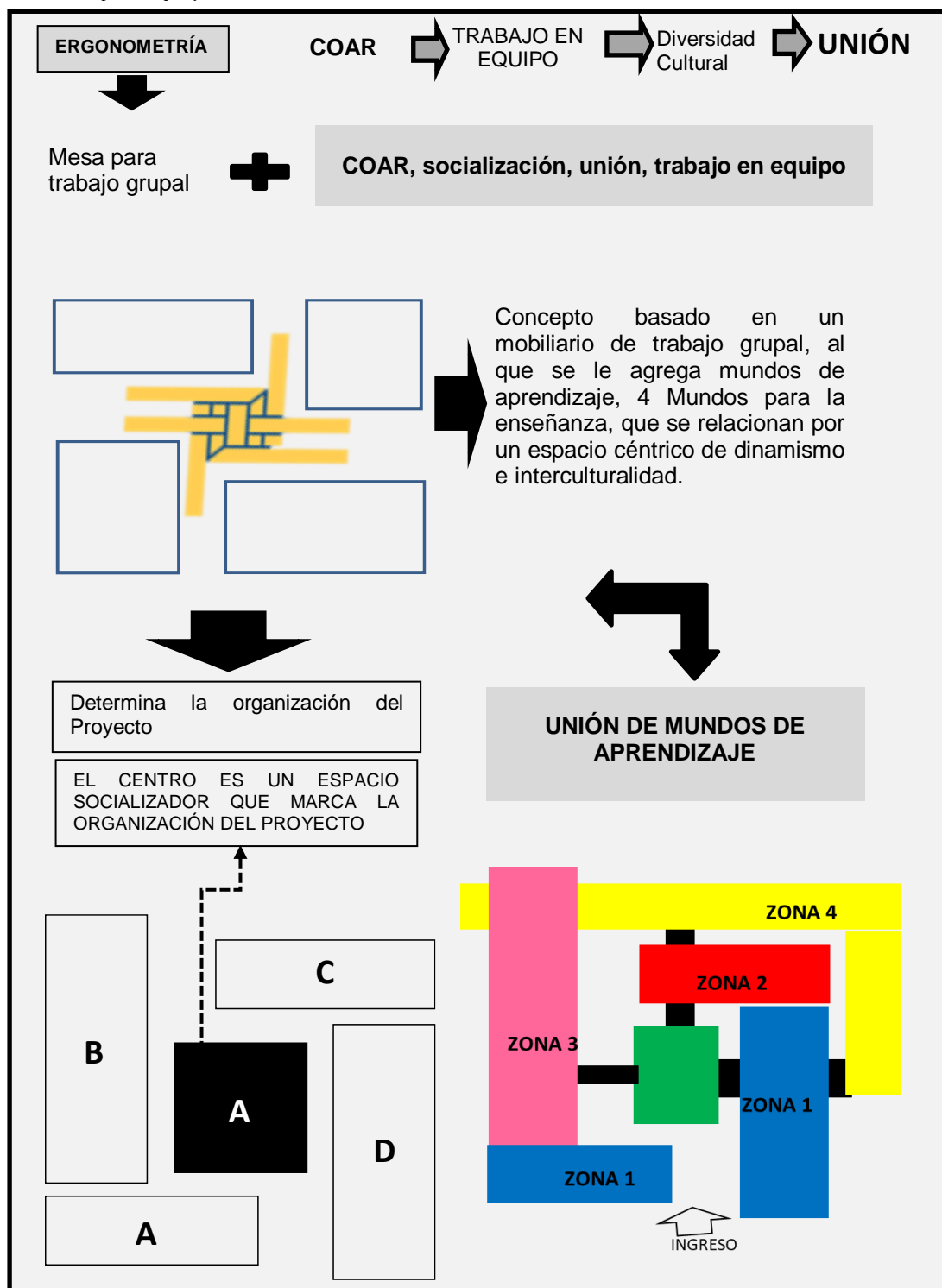
Tabla N° 3.46

Zonas de COAR, para idea rectora

	Zona	Programa arquitectónico	Características
Yachay	Actividad académica Centro de recurso de aprendizaje Bienestar integral	Aulas, laboratorios, talleres, sala de profesores	Mundo aprendizaje
Tinkuy	Dirección Administrativa Actividades especiales Servicios alimenticios	Comedor, SUM, dirección, administración, bienestar y desarrollo del estudiante, biblioteca, sum, auditorio	Mundo de convivencia
Wasi	Residencia	Residencia escolar	Mundo residencial- área de descanso
Pujllay	Deportiva Servicios generales	Losas multiusos, piscinas, lavandería, servicios generales	Mundo expresión corporal, área de servicios

Fuente: Elaboración propia en base Guía de diseño de Espacios Educativos EBR 2015. Recuperado de Ministerio de Educación – MINEDU

Figura N° 3.4
Idea concepto del proyecto



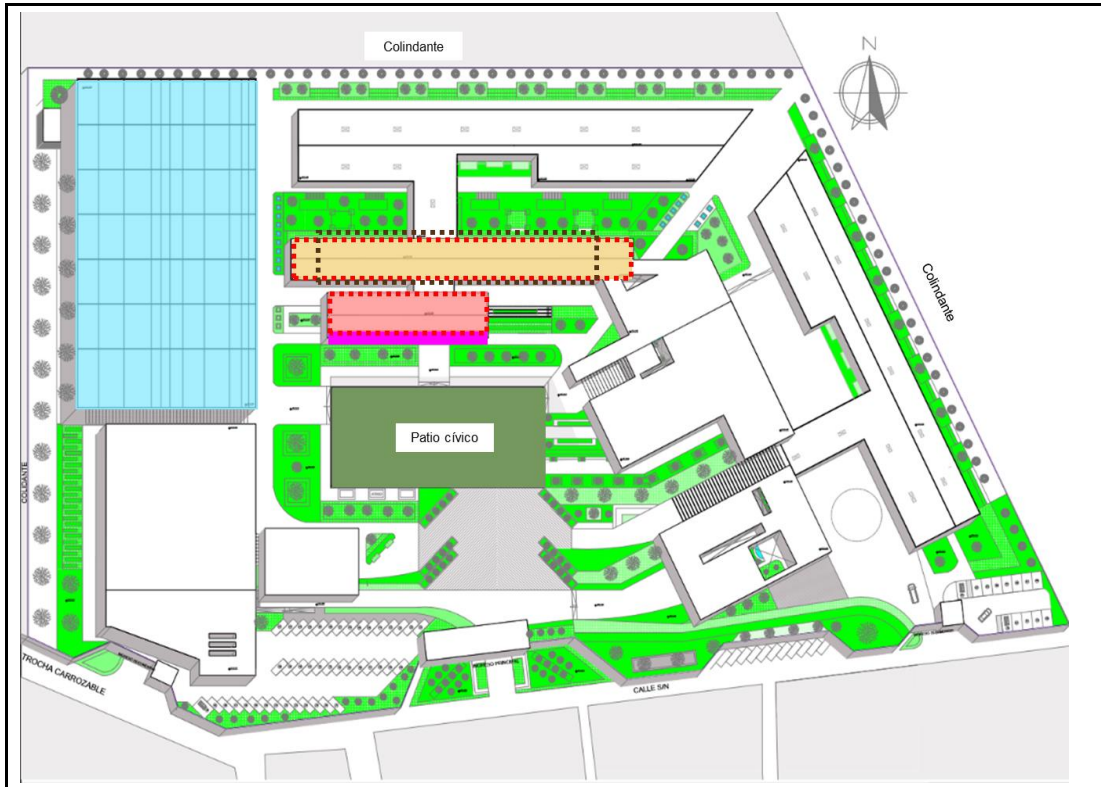
Fuente: Elaboración propia en base a Guía de diseño de Espacios Educativos EBR 2015.

3.8 Proyecto arquitectónico

Aplicación de cada indicador en la propuesta arquitectónica de un COAR, dado por estrategias de diseño pasivo en base a eficiencia energética.


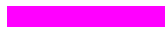

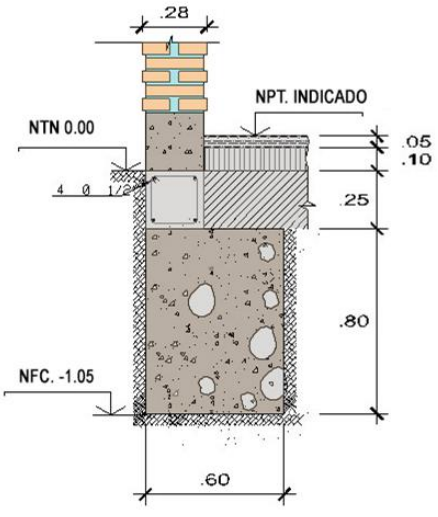


Tabla N° 3.47




Cuadro resumen de lineamientos de diseño en el proyecto arquitectónico de COAR.



Resumen de lineamientos

Cajamarca se ubica en la zona Mesoandina

Lineamiento	Símbolo	Lineamiento	Símbolo
Patio central, una volumetría, genera ventilación		Muro de menor grado de transmitancia térmica (aparejo belga) genera un grado U de 0.50.	
Forma Lineal : Este a Oeste		 <p>CORTE A-A</p>	
Aulas perpendiculares al Norte			
Ventanas bajas al Sur			

Iluminación lateral en aulas y talleres		Vegetación 1 a 2 m entre arbustos y de 2 a 3 m entre árboles
Iluminación cenital en laboratorios		
Iluminación combinada		

Fuente: Elaboración propia en base a lineamientos de diseño.

3.8.1 VARIABLE ESTRATEGIAS DE LA ARQUITECTURA PASIVA

3.8.1.1 Elementos clima:

El proyecto denominada Colegio de Alto Rendimiento Académico se ubica en el sector Tres Molinos - Cajamarca, a 2 701 msnm, latitud de -7.1368681 y longitud de -78.515117. La ciudad donde de implantación del proyecto tiene una temperatura promedio de 14°C, humedad relativa de 50% y una velocidad de vientos de 15.5 km/h.

3.8.1.2 Diseño en el edificio:

A. Ubicación:

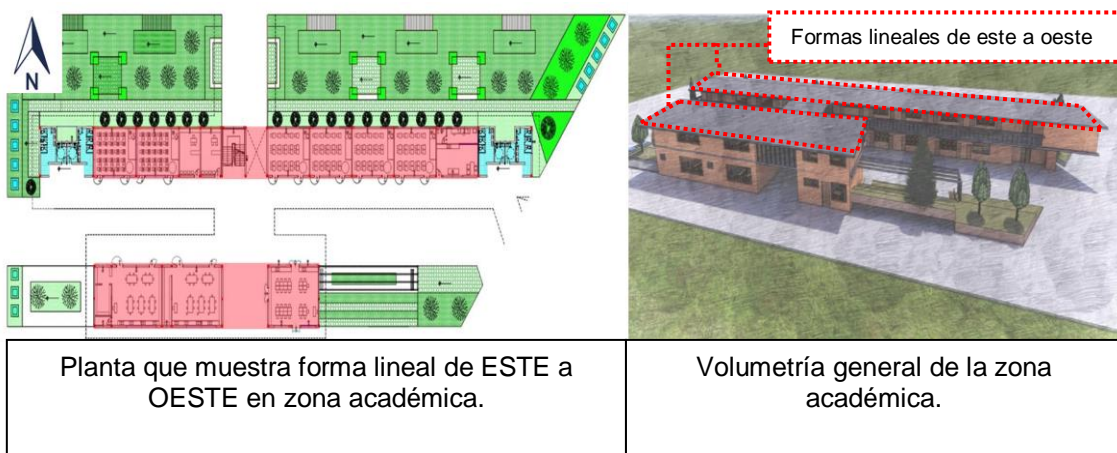
Se debe tomar en cuenta primero la ubicación donde se implantará la edificación, pues existen microclimas que varían el tipo de estrategias a aplicar de acuerdo a la zona clima, por lo que, de acuerdo a la Zonificación Bioclimática del Perú, Cajamarca se ubica en la zona 4 denominado MESOANDINO.

B. Forma:

Las formas lineales de este a oeste tienen el mejor comportamiento térmico durante todo el año, es por ello que se planteó en la zona académica una volumetría general que vaya de este a oeste.

Figura N° 3.5

Forma de aulas lineales de este a oeste

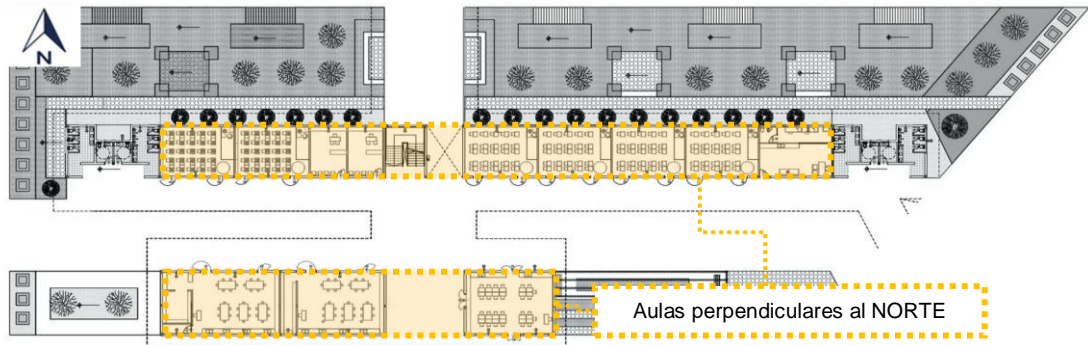


Fuente: Elaboración propia en base a lineamientos de diseño.

C. Orientación:

La orientación geográfica determina la exposición a la radiación solar y al viento, que afectan a la temperatura y humedad de los ambientes habitables por lo que las aulas están ubicadas perpendicular al NORTE.

Figura N° 3.6
Aulas orientadas al Norte



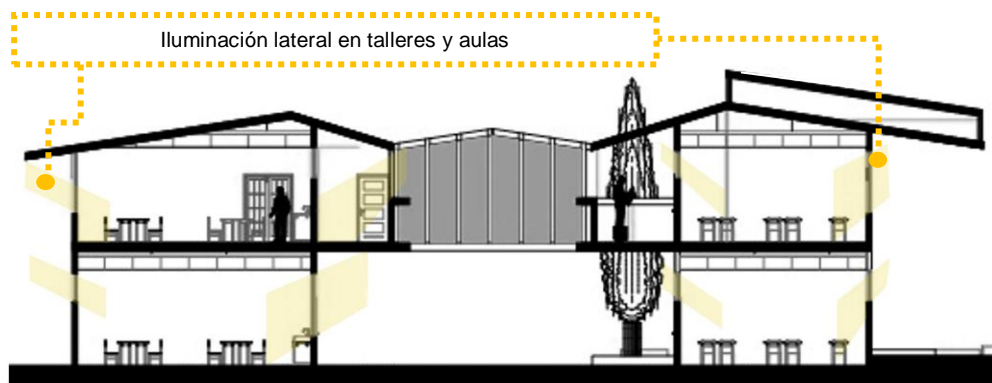
Fuente: *Elaboración propia en base a lineamiento de diseño.*

3.8.1.3 CAPTACIÓN SOLAR

A. DIRECTA

- **Orientación de ventanas:** ventanas bajas al sur con variación de orientación 22.5°.
- **Iluminación lateral:** En AULAS Y TALLERES, puesto que necesitan de iluminación MODERADA.

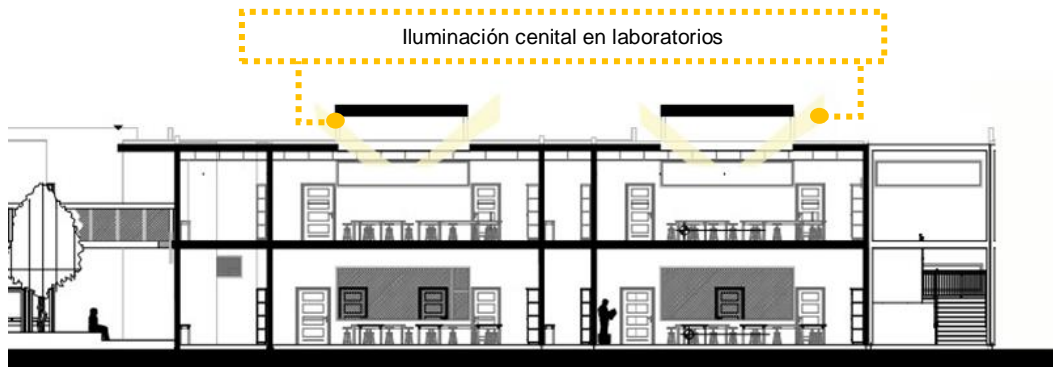
Figura N° 3.7
Corte arquitectónico que expresa iluminación lateral en aulas



Fuente: *Elaboración propia en base a lineamientos de diseño.*

- **Iluminación cenital:** La iluminación cenital es necesaria en Laboratorios. El plano de trabajo es iluminado directamente desde la parte más luminosa de estos tipos de cielos, el cenit. % .

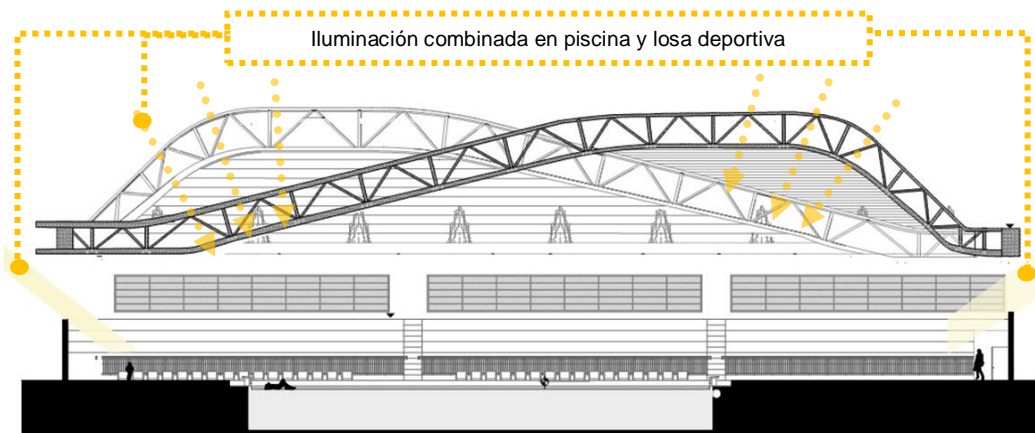
Figura N° 3.8
Corte arquitectónico que expresa iluminación cenital en laboratorios



Fuente: *Elaboración propia en base a lineamientos de diseño.*

- **Iluminación combinada:** El tipo de iluminación combinada se da en espacios como piscinas y losas deportivas, es decir, en espacios semiabiertos que necesiten mayor iluminación. Aperturas en muros y en techos, se le considera como iluminación lateral si la abertura es más baja que 2.5 m; por encima de esta altura se considera iluminación cenital superior.

Figura N° 3.9
Corte arquitectónico que expresa iluminación combinada en piscina y losas deportivas



Fuente: *Elaboración propia en base a lineamientos de diseño.*

B. INDIRECTA

• Muros captadores y acumuladores: Muro de inercia

Se diseñó la zona académica con el uso de ladrillo expuesto denominado muro acumulador de energía.

Este medio de envolvente térmica de ladrillo tiene alta carga térmica que genera absorbancia solar de 0.50, transmitancia térmica de 0.80 w/m² y capacidad de almacenamiento térmico de 1.60 mj/m³, estas cifras se logran gracias al ladrillo expuesto que se planteó como muro de inercia debido al clima templado de Cajamarca, este sistema permite solo conservar energía más no captar energía.

3.8.1.4 Refrigeración pasiva:

A. Protección solar

- **Vegetación:**

Las separaciones más usuales para cortinas son de 1 a 2 m entre arbustos y de 2 a 3 m entre árboles.

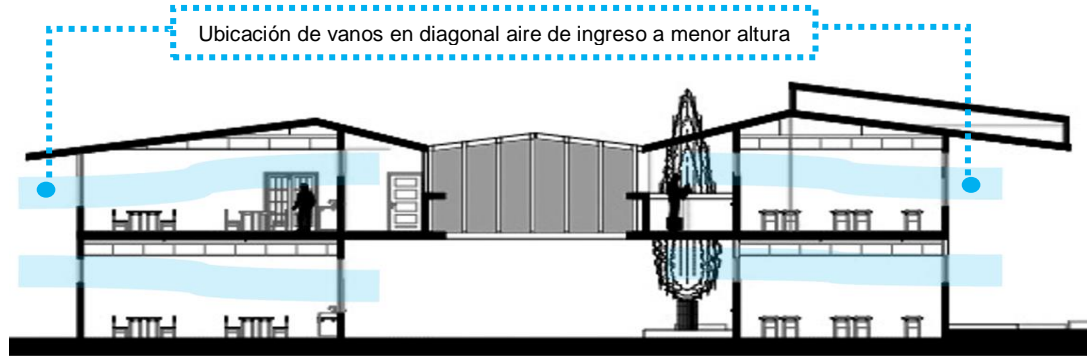
B. Ventilación natural

- **Ubicación de vanos.**

En caso de vanos en paredes adyacentes, las aberturas se ubicaron en los puntos más distantes entre sí, expresados en una diagonal. Se planteó una altura de alfeizar de 1.20 mts debido a que Cajamarca se ubica en la zona 4 MESOANDINO, mientras que las ubicaciones de las aberturas de salida se diseñaron en la parte superior a fin de asegurar una adecuada evacuación del aire caliente.

Figura N° 3.10

Cortes arquitectónicos que expresan ubicación de vanos en aulas y talleres



Fuente: *Elaboración propia en base a lineamientos de diseño.*

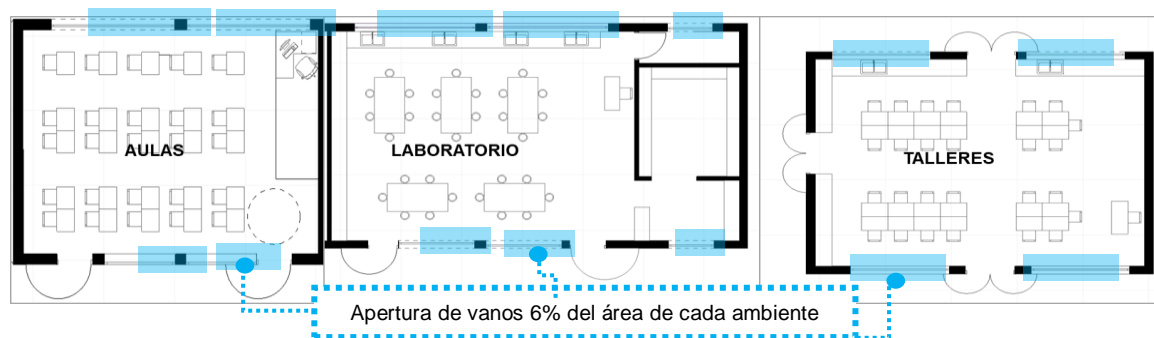
3.8.1.5 Área de apertura de vanos:

Cajamarca es considerada dentro de la zona 4 Mesoandino, por tanto, es parte de la sierra del Perú, para la que se considera un 6% del área de los ambientes destinados a apertura de vanos.

En caso de aulas:

Figura N°3.11

Plantas arquitectónicas que expresan apertura de vanos en aulas y talleres




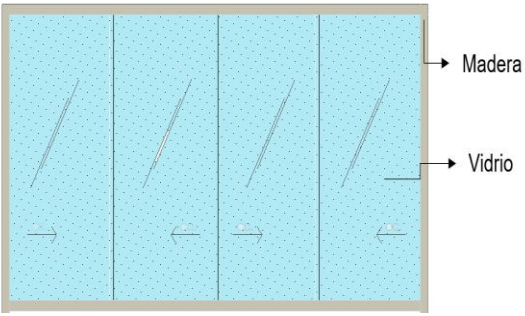
Fuente: *Elaboración propia en base a lineamientos de diseño.*

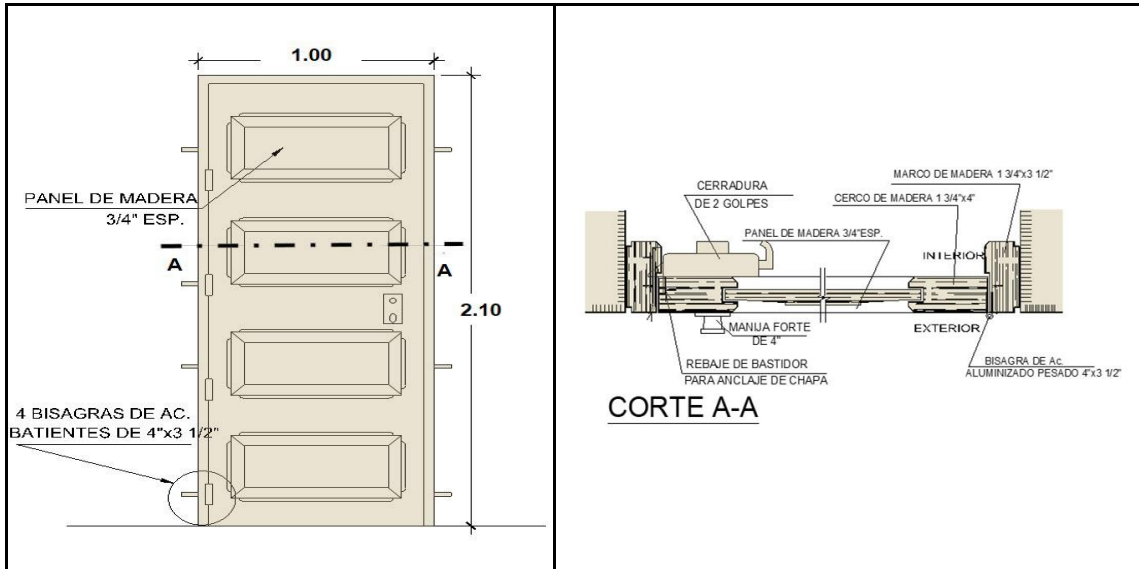
3.8.1.6 Mejora de la envolvente térmica

A. Conservación de la energía: Transmitancia térmica en vanos, paredes y cubiertas

Tabla N° 3.48

Cuadro de transmitancia térmica en vanos, paredes y cubiertas

MEJORA EN LA ENVOLVENTE TÉRMICA			
Transmitancia térmica en vanos, paredes y cubiertas			
COLEGIO DE ALTO RENDIMIENTO CAJAMARCA			
Longitud	-78.515117		
Latitud	-7.1368681		
Altura	2701 msnm		
			
VENTANAS	Material	Parte de la construcción donde se aplica	Transmitancia térmica (U)
	Vidrio mejorado	Fondo de ventana	0.50
	Madera	Marco	2.00
<p>El aislamiento viene determinado por el coeficiente de transmisibilidad térmica que mide el trasvase de calor entre el exterior y el interior. Los materiales con mayor consideración para climas medios es el vidrio en fondo de ventana y la madera en marco.</p>		Detalle ventana (elevación)	
			
PUERTAS	Material	Transmitancia térmica (U)	
	Madera	2.00	
Detalle de puerta en elevación		Puerta en corte	

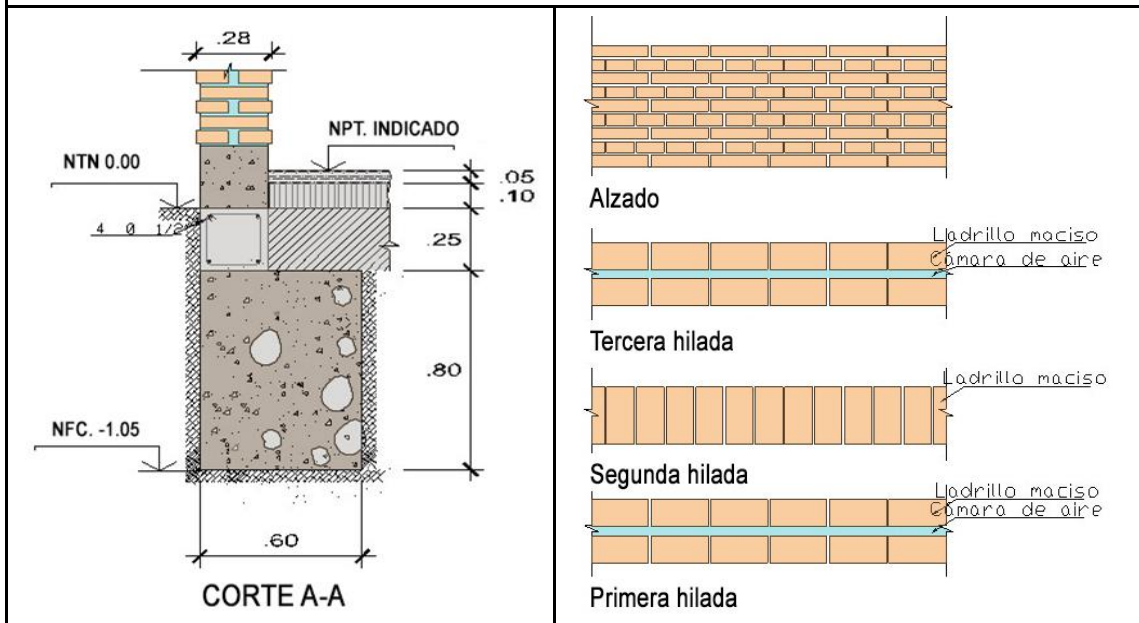


Conclusión: Se considera como material de buena inercia térmica la madera para el caso de puertas y en ventanas de vidrio en material de fondo y en el marco el uso de madera, así se pone en práctica un material que genera menor pérdida energética y mayor confort térmico.

Transmitancia térmica en paredes y cubiertas

Material	Parte de la construcción donde se aplica	Transmitancia térmica (U)
Ladrillo expuesto	Muros	0.40

Para muros se recomienda el uso de ladrillo expuesto, con doble muro o capa interna de aire, este permite generar el menor grado de transmitancia compuesto por ladrillo y aire que sumados tienen 0.50 U (sistema denominado aparejo BELGA). además, permite conservar energía por tener capacidad calorífica de 400 kcal/m².



ESPECIFICACIONES: Muro de 0.28 cm , ladrillo de 0.25cm x 0.12 x 0.05 cm

Ladrillo y concreto	Cubiertas	0.50
---------------------	-----------	------


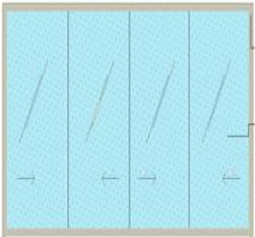
Conclusión: Este colegio presenta como buena opción de transmitancia térmica materiales como el ladrillo (aparejo belga) y la madera.

Fuente: *Elaboración propia en base a lineamientos de diseño*

A. Acumulación térmica: Inercia térmica en vanos, paredes y cubiertas

Tabla N° 3.49

Cuadro de inercia térmica en vanos, paredes y cubiertas

MEJORA EN LA ENVOLVENTE TÉRMICA				
Inercia térmica en vanos, paredes y cubiertas				
				
Material	Parte de la construcción donde se aplica	Calor específico	Conductividad	 Ventana de marco de madera y fondo de vidrio
Vidrio	Ventanas	0.77	0.19	
Madera	Ventanas	0.57	0.10	
Madera	Puertas	0.57	0.10	
		En ventanas y puertas se considera la madera con una buena inercia térmica y que cumple con la Passivhaus, ambas tienen buen calor específico y baja conductividad térmica.		
Ladrillo expuesto	Muros	0.80	0.72	
		Para muros se recomienda el uso de ladrillo expuesto, con doble muro o capa interna de aire, este genera capacidad calorífica de 400 kcal/m ² y la conductividad térmica de 0.70 w		
Concreto	Cubiertas	0.80	0.18	
		Conclusión: Este colegio presenta como buena opción de inercia térmica materiales como el ladrillo y la madera.		

Fuente: *Elaboración propia en base a lineamientos de diseño*

3.8.2 VARIABLE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Para la medición de eficiencia energética en base a estrategias de diseño pasivo, se ingresó los datos de la edificación al programa Archiwizard y se obtuvo lo siguiente:

3.8.2.1 Reducción de consumo de energía

Consumo de energía (kwh)

Datos Generales:

Nombre del Proyecto: Colegio de Alto Rendimiento Académico

Ubicación: Tres Molinos – Cajamarca

Área: 45 000 m²

Datos clima ingresados al programa:

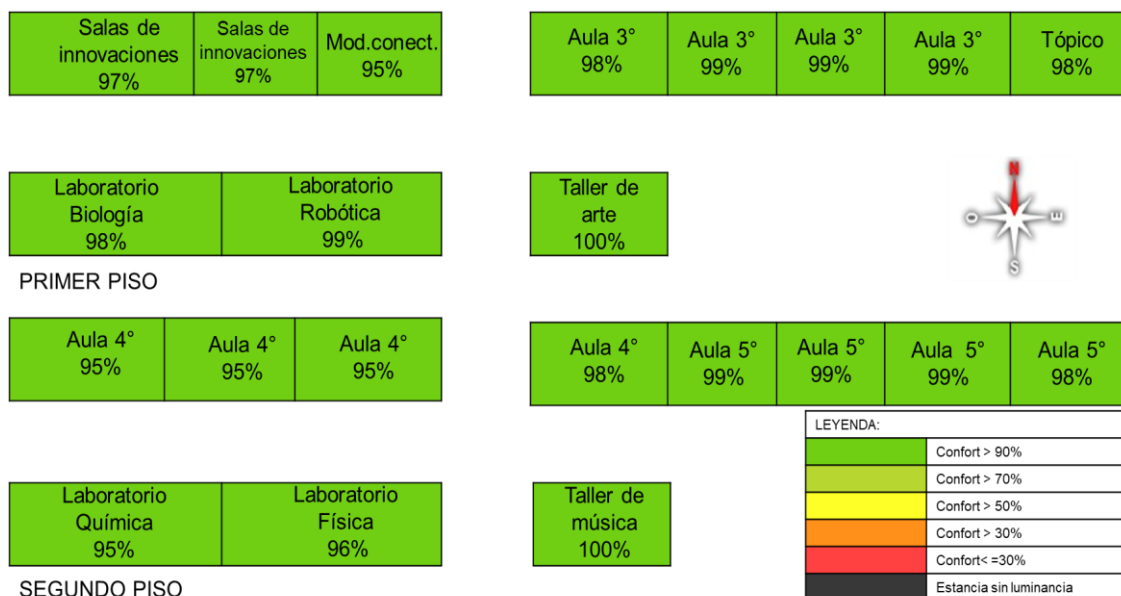
Para el caso de Cajamarca se tiene datos determinantes que permiten generar un análisis de una edificación de acuerdo a las variaciones climáticas del lugar donde se emplaza el proyecto en este caso Tres Molinos -Cajamarca, el terreno está ubicado a 2701 msnm, tiene una longitud de - 78.515117, latitud de - 7.1368681, temperatura promedio de 14 °C, humedad relativa de 50% y vientos de SO - NO - 15,5 km/h.

Diseño en el edificio:

Gracias a la forma lineal de este a oeste, orientación de aulas perpendicular al Norte, Iluminación lateral en aulas y talleres, cenital en laboratorios y combinada en espacios deportivos se obtuvo como resultado un buen confort lumínico en la zona académica:

Figura N° 3.12

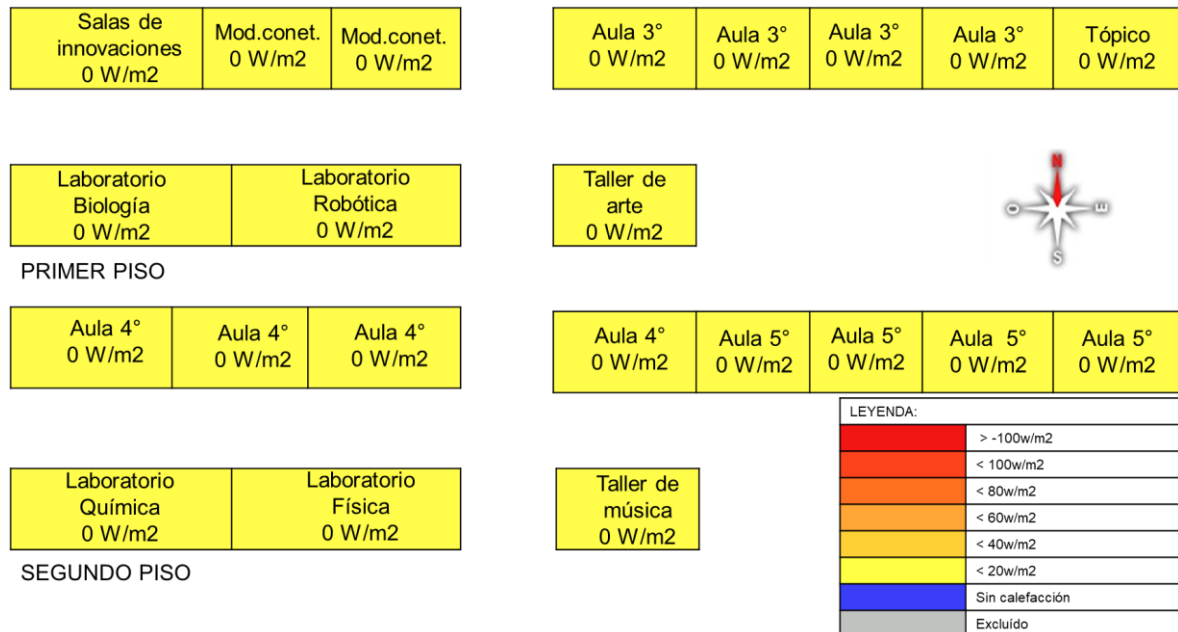
Confort lumínico en zona académica



Fuente: *Software Archiwizard.*

También debido al uso de muro de inercia (muro de ladrillo expuesto) la ventilación natural, acumulación de energía (transmitancia térmica en vanos, paredes y cubiertas) y conservación térmica (inercia térmica en vanos, paredes y cubiertas), en los dos últimos en los que se tomó en cuenta el uso de ladrillo caravista con sistema de aparejo belga y el uso de madera en ventanas y puertas, se logró tener una demanda energética de 0 kwh en calefacción, 0kwh en refrigeración, confort lumínico de 70 - 100% ,confort térmico entre 20 w/m² - 40w/m² (ver anexo n°28).

Figura N° 3.13
Confort térmico en zona académica



Fuente: *Software Archiwizard.*

Envolvente térmica, se obtuvo bajos niveles de transmitancia térmica lo que se logró gracias al uso de materiales como el ladrillo expuesto en la envolvente y en puertas madera.

Tabla N° 3.50
Cifras de envolvente térmica

Paredes	Superficies m ²	Coefficiente de transmisión térmica W/(m ² .k)	Transmitancia térmica w/k
Forjado inferior	689.70	0.1580	106.7
Cubiertas	688.0	0.203	139.8
Paredes verticales	1670.5	0.216	360.3
Huecos	270.7	1.100	297.8
Clase de inercia por tipo de envolvente			
Colegio de Alto Rendimiento académico		Muy pesado	

Fuente: *Software Archiwizard*

Gracias a la aplicación de estrategias de diseño pasivo especialmente considerando la de mayor aporte la envolvente térmica (70%) se logró demandas energéticas de 0kwh en refrigeración y calefacción.

Tabla N° 3.51

Cifras de clave de la edificación

Información general	
Número de espacios	44
SRT	1410.4 m ²
Área útil	1282.2 m ²
Volumen	4582.5 m ³
Puentes térmicos: pérdida de energía	0%
Demandas energéticas	
Calefacción	0 kwh
Refrigeración	0 kwh
Iluminación	6411 kwh
Ventilación	6543 kwh
Agua caliente sanitaria	271 kwh
Tasa de cobertura solar	0%

Fuente: *Software Archiwizard.*

Dentro del balance energético general para lograr eficiencia con 0 kwh durante todo el año.

Tabla N° 3.52

Balance energético

Acumulativo (kwh)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Ganancias solares	6494	5895	6217	5555	5404	5089	5423	5644	6170	6413	6603	6961	71 866
Ganancias internas	3655	3046	5482	2741	5482	5178	0	0	4873	4264	5482	3655	43 856
Transmisión térmica a través de la envolvente	-5847	-5247	-6553	-5015	-6266	-5973	-3420	-3548	-6131	-6061	-6556	-5942	-66 560
Pérdidas por renovación de aire	-4377	-3863	-5652	-3518	-5263	-5022	-1748	-1830	-5347	-4956	-5978	-4930	-52 485
Radiación hacia la bóveda celeste	-218	-212	-236	-242	-236	-253	-267	-244	-230	-233	-214	-234	-2819
Contribución de iluminación	552	438	742	430	910	933	0	0	674	594	710	429	6411
Demanda de calefacción	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Demanda de refrigeración	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: *Software Archiwizard.*

El Colegio de Alto Rendimiento académico debido a la temperatura media anual de 14° C del lugar donde se emplaza necesitaba de calefacción que es un sistema activo que genera mayor consumo energético , pero este se obvió con el uso de material térmico como el ladrillo que se planteó con una cámara intermedia de aire, este sistema es denominado APAREJO BELGA , además se genera la menor transmitancia térmica y se opta por la iluminación natural y ganancia térmica que se relaciona con las estrategias propuestas por GIVONI, teniendo como resultado una construcción con 0 % DE CALEFACCIÓN. y 0 kwh en demanda energética, se obtuvo resultados de estrategias similares a las que propone GIVONI, en ambos casos se plantea como la principal estrategia la envolvente térmica, que da pie a un mayor porcentaje de ganancia interna y solar, además de calefacción dada por la hermeticidad de la envolvente (ver anexo N°28).

Las estrategias de diseño pasivo que se utilizaron con la finalidad de lograr eficiencia energética están estrechamente relacionadas a los requerimientos que establece el software Climate Consult, que se basó en datos del clima de Cajamarca determinados por el Diagrama de Givoni.

3.9 MEMORIA DESCRIPTIVA

3.9.1 MEMORIA DESCRIPTIVA ARQUITECTURA

3.9.1.1 Generalidades

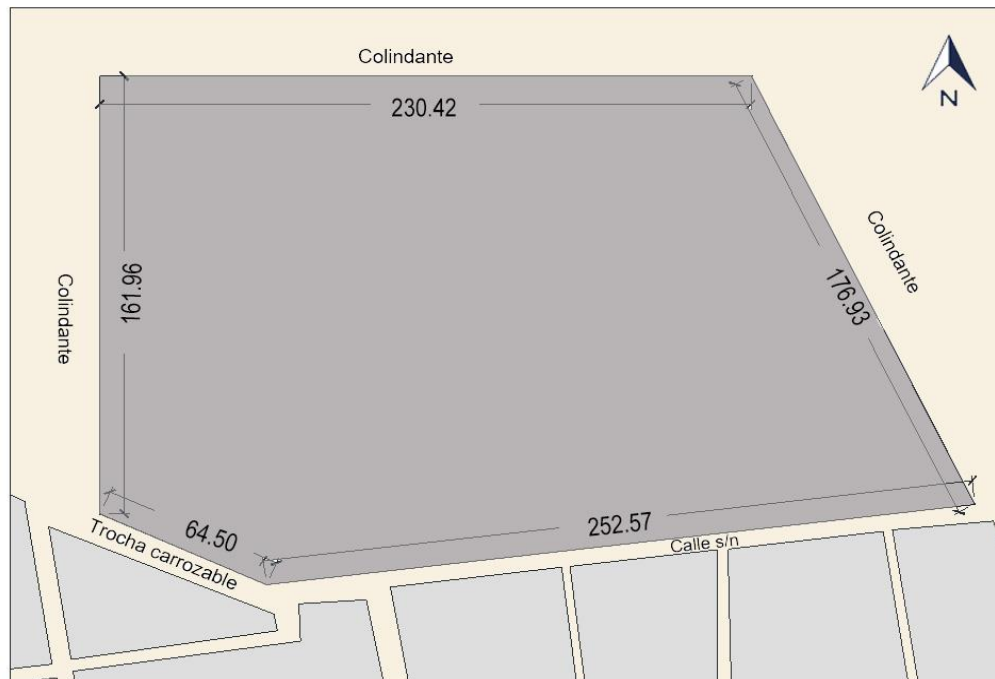
El proyecto a ejecutarse es denominado Colegio de Alto Rendimiento Cajamarca, esta es una infraestructura que proyecta eficiencia energética y que cambia el prototipo de colegios con alto consumo energético a colegios ambientalmente amigables, está destinado a jóvenes de entre 13 a 18 años con alto rendimiento académico y bajos recursos económicos. Pretende ser una guía de estrategias de diseño pasivo que logre eficiencia energética.

3.9.1.2 Ubicación y características del terreno

El Terreno donde se emplazará el Proyecto está ubicado en el Centro Poblado Tres Molinos en el distrito de Baños del Inca, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca. Cuenta con un área total de 47385.97 m². Tiene las siguientes medidas perimétricas:

Figura N°3.14

Medidas del terreno.



Fuente: *Elaboración propia en base a fichas contextuales.*

Contexto

El Colegio de Alto Rendimiento Académico se ubica en un contexto de residencial media y alta densidad (R3).

Accesibilidad:

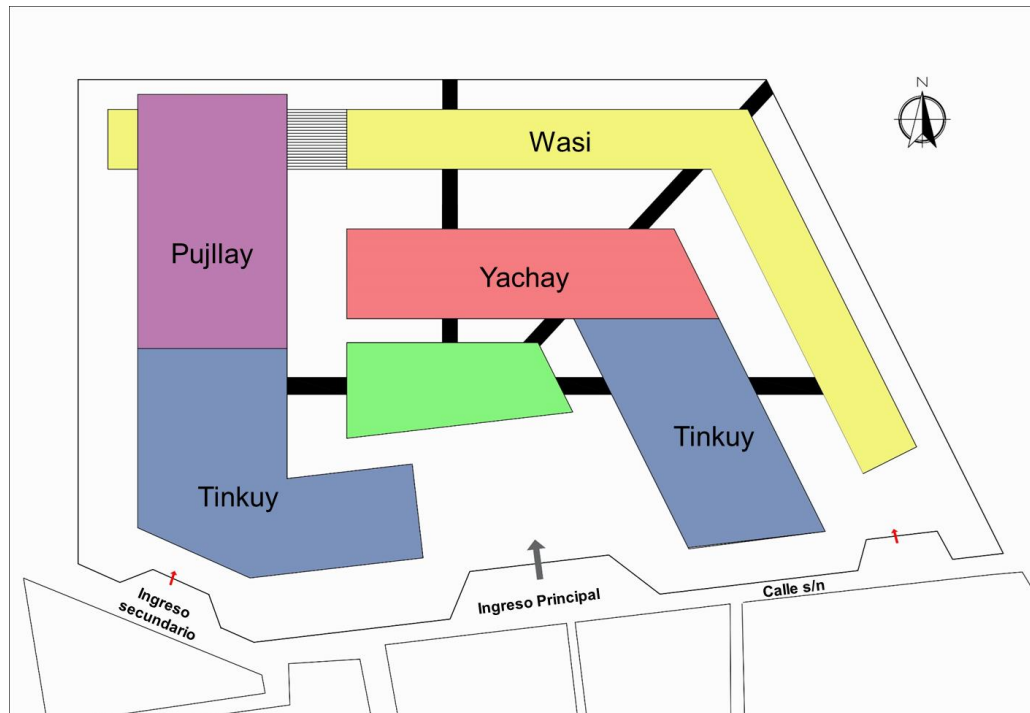
Se accede a la infraestructura peatonalmente mediante dos vías una trocha carrozable y una calle sin nombre a la que se accede desde la intersección de la calle Croacia y Suiza, por la puerta principal hacia el patio central, a la derecha la zona de administración y a la izquierda el auditorio.

Zonificación general del proyecto

El proyecto se ha diseñado y distribuido de acuerdo a la siguiente zonificación general.

Figura N° 3.15

Zonificación del proyecto



Fuente: *Elaboración propia en base a programación.*

Tabla N° 3.53

Zonificación general del proyecto

Zona	Ambientes	Color
Yachay: zona académica	Aulas	Rojo
	Laboratorios	
	Biblioteca	
Tinkuy : zona administrativa, servicios extras y alimenticios	Dirección	Azul
	Auditorio	
	Sum	
	Restaurant	
Pujllay : Zona deportiva	Losa deportiva	Púrpura
	Piscina	
Wasi :zona residencial	Dormitorios varones y mujeres	Amarillo

Fuente: *Bases normativa para la creación de un COAR, Ministerio de Educación (2016).*

3.9.1.3 Planteamiento Arquitectónico

El proyecto es un Centro Educativo de Alto Rendimiento académico denominado COAR - Cajamarca. Tiene la función de ser un internado con los mejores estándares de calidad educativa, está dividido en 2 niveles: en el caso de las zonas pedagógicas, y 4 niveles en la zona de residencia de los estudiantes.

Tabla N° 3.54
Cuadro de áreas

PISO	ÁREAS (m ²)
1er Piso	12574.85
2do Piso	6638.60
3er Piso	5738.50
Total área techada	22186.95
Total área no techada	2765.00
Área del terreno	47385.97

Fuente: *Elaboración propia en base a programación general.*

3.9.2 MEMORIA DESCRIPTIVA DE ESTRUCTURAS

3.9.2.1 Generalidades

El presente documento consta de la Memoria Descriptiva de la estructura aplicada al proyecto Colegio de Alto Rendimiento Académico situado en el Sector Tres Molinos, este centro educativo inserta estrategias de diseño pasivo y tiene como objetivo lograr eficiencia energética. Las Especificaciones mencionadas en este detalle técnico servirán de guía y como normas generales para la ejecución de las estructuras y materiales destinados para ellas.

3.9.2.2 Estructuración

En este proyecto se realizó el diseño y cálculo de la estructura y cimentación de los sectores de la zona académica, además de la zona deportiva.

El sistema estructural utilizado en este proyecto consta de muros de tabiquería y sistema de albañilería confinada, proporcionando un adecuado sistema sismo resistente que permita tener como prioridad la seguridad de cada uno de los estudiantes además de ello busca combinar la tecnología y la sostenibilidad.

- Para el techo se ha considerado una losa aligerada de 20cm de espesor.
- Las zapatas, y los cimientos corridos varían en su dimensión según los planos, y van de acuerdo a ejes establecidos, son de concreto armado 210 Kg/cm², y vigas de cimentación de concreto armado.
- Las vigas de cimentación esencialmente son de 25 cm de ancho y de 35 cm de peralte, dadas las luces a cubrir. En algunos casos se usaron peraltes menores por tener menor luz.
- Los sistemas considerados para cada dirección del análisis proporcionan una adecuada rigidez lateral, cumpliendo de esta manera los lineamientos dados por la Norma Peruana Sismo resistente vigente.
- Las columnas han sido dimensionadas de acuerdo a los requerimientos arquitectónicos y estructurales con el fin de soportar las cargas de gravedad y sismo, buscan cumplir con la normativa de seguridad sismo resistente dada por el MINEDU.

3.9.2.3 Normas

Se tomó en cuenta las siguientes normas y estándares:

- Reglamento Nacional de Edificaciones
- Reglamento de Edificaciones E-020 Cargas
- Reglamento de Edificaciones E-030 Diseño Sismo resistente
- Reglamento de Edificaciones E-050 Suelos y Cimentaciones
- Reglamento de Edificaciones E-060 Concreto Armado

3.9.2.4 Especificaciones Técnicas

Se utilizó lo siguiente en la infraestructura del Coar

1. Cimentación

Concreto Ciclópeo: cemento + hormigón: 1: 10 + 30% de piedra grande de 6" máximo.

2. Sobre cimiento

Concreto Simple: cemento + hormigón: 1: 8 + 25% de piedra mediana de 3" máximo

3. Concreto armado

- Falso piso: $f'c = 140 \text{ Kg/cm}^2$
- Columnas y vigas: $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$
- Losas aligeradas: $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$

4. Acero estructural

Los metales que se emplean en estructuras metálicas son principalmente el acero ordinario, el acero autopatinable, el acero inoxidable y el aluminio.

El acero es el material estructural por excelencia para grandes alturas, puesto que resuelve con éxito los planteamientos estructurales de: soportar el peso con pilares de dimensiones reducidas, resistir el empuje ante el vuelco y evitar movimientos debidos a la acción del viento, permite diseñar espacios de grandes luces como piscinas o polideportivos.

$F'y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

5. Recubrimientos

Deberá proporcionarse al siguiente recubrimiento mínimo de concreto al refuerzo:

- Columnas: 2.0 cm
- Vigas chatas y escaleras: 2.50 cm
- Vigas peraltadas: 4.0 cm
- Losa aligerada: 2.0 cm
- Zapatas: 8.0 cm

6. Albañilería

Según la norma técnica complementaria al RNE E070 - 97 de albañilería, tenemos:

- Unidad de albañilería: Ladrillos de arcilla Tipo III
- $F'm = 35 \text{ Kg / cm}^2$ - $f'b = 95 \text{ Kg/cm}^2$
- % máximo de vacíos: 25% de arena bruta en el mismo plano
- Dimensiones de la unidad: 24 cm x 14 cm x 9 cm
- Tipo P II: Proporción 1/5 = cemento tipo I / arena gruesa

Tabla N° 3.55

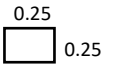
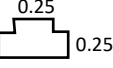
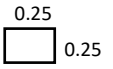
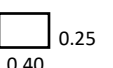
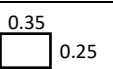
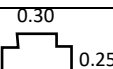
Predimensionamiento de columnas

Tipo de columna	Factor según columna	Dimen.		At (m ²)	N° de pisos superiores	Área de columna (segundo nivel)		Dimens. 2do nivel (m)	Dimens. 1er nivel (m)
	K	A (m)	B (m)			Ac (m ²)	Ac (cm ²)		
C1	0.0011	4.10	4	16.400	1	0.01804	180.40	0.13	0.20
C1	0.0011	4.2	4.1	17.220	1	0.01894	189.42	0.14	0.21
C2	0.0014	4.90	3.20	15.680	1	0.02195	219.52	0.15	0.22
C4	0.0021	4.45	2.75	12.238	1	0.02570	256.99	0.16	0.23
C1	0.0012	5.90	4.60	27.140	1	0.03257	325.68	0.18	0.25
C1	0.0012	4.80	4.00	19.200	1	0.02304	230.40	0.15	0.22

Fuente: *Elaboración propia en base a planos de distribución.*

Tabla N° 3.56

Dimensiones de columnas

Tipo de columna	Dimensiones elegidas		Observaciones	Forma
	Ancho (m)	Largo (m)		
C1	0.25	0.35	Se toma 30cm de largo debido a la medida de la base de la VP 101	
C1	0.40	0.55		
C2	0.25	0.25	Se toma 25 cm, medida mínima para columna que soporte cargas.	
C4	0.25	0.40	Se toma 40cm de largo debido a la medida de la base de la VP 105.	
C1	0.25	0.35	Se toma 35 cm de largo debido a la medida de la base de la VP 106.	
C1	0.40	0.60		

Fuente: *Elaboración propia en base a planos de distribución.*

Tabla N° 3.57

Predimensionamiento de vigas

Viga	Eje	Tramo	Luz (m)	Peralte $h(m)=ln/14$	Base $b(m)=h/2$
VS-101	1_1	E-F	4.00	0.29	0.14
VS-102	K-K	5_6	5.50	0.39	0.20
VB-101	L-L	1_3	5.50	0.39	0.20
VS-103	8_8	B-C	4.60	0.33	0.16

Fuente: *Elaboración propia en base a planos de distribución.*

Tabla N° 3.58

Predimensionamiento de zapatas

Zapata	Ps (Kg)	$\sigma.t$	Pz	Área (m ²)	Lado en X (m)	Lado en Y (m)
		(Kg/cm ²)				
Z-1	31468.80	1	2517.50	3.39	1.84	1.84
Z-2	32970.00	1	2637.60	3.56	1.89	1.89
Z-3	29379.00	1	2350.32	3.17	1.78	1.78
Z-4	25615.20	1	2049.21	2.76	1.66	1.66
Z-5	48524.40	1	3881.95	5.24	2.29	2.29
Z-6	38995.40	1	3119.63	4.21	2.05	2.05
Z-7	14320.00	1	1145.60	1.54	1.24	1.24

Fuente: *Elaboración propia en base a planos de distribución.*

3.9.3 MEMORIA DESCRIPTIVA INSTALACIONES ELÉCTRICAS

3.9.3.1 Generalidades

A continuación, se presenta la Memoria Descriptiva, Especificaciones Técnicas y Cálculos para el suministro eléctrico del proyecto Colegio de Alto Rendimiento Académico, situado en Tres Molinos, Baños del Inca, Cajamarca.

Las estipulaciones mencionadas en este detalle técnico servirán de normas generales para la ejecución de las instalaciones eléctricas para Iluminación, y tomacorrientes, así como la provisión de los elementos y materiales destinados para ellas.

3.9.3.2 Conceptos Generales

Los trabajos que comprende el desarrollo del presente Proyecto, definen los siguientes aspectos: suministro e instalación del cable de acometida desde el punto de acceso hasta el Tablero general de control de la infraestructura educativa.

Tableros generales de Servicio Normal y Emergencia de 380/220V del tipo auto-soportado. Tableros generales de servicio normal y emergencia de cada Piso del tipo auto-soportado. Tableros de Distribución Normal, emergencia y Estabilizado. Acometidas a los tableros de transferencia desde los diferentes tableros generales, incluyendo, tuberías, bandejas, buzones, cajas, cables y conductores, y todos los accesorios necesarios para su correcta instalación: como soportes, colgadores, etc. Circuitos derivados para iluminación, tomacorrientes, fuerza y otros desde los diferentes tableros de distribución eléctricos de servicios generales, incluyendo cajas, cables y conductores, y todos los accesorios necesarios.

3.9.3.3 Descripción del proyecto

Las instalaciones eléctricas para los alimentadores a la edificación serán como se muestran en los planos, suministrada por Hidrandina, dentro de los que comprenderá ductos y curvas de PVC SAP de 25 mm Ø de uso eléctrico, desde los tableros generales T.G (centralita) ubicados en cada piso, el tablero de distribución, ubicado en el primer, segundo tercer, cuarto y quinto piso hasta conectar todos los artefactos de alumbrado y tomacorrientes cuyas especificaciones técnicas se dan a continuación:

3.9.3.4 Máxima demanda

La Máxima Demanda de los Tableros Generales se calcula de acuerdo a lo indicado en Código Nacional de Electricidad.

Tabla N° 3.59
Cálculos de demandas

Ítem	CU (w/ m ²)	Área techada	CI (w)	Fd (%)	MD parcial (w)	MD total (w)	In (a)	Id (A)	It (A)	Ic (A)
Td-01	25	241.8	6045.7	100	6045.7	6368.7	10.8	13.4	16	20
	5	184.5	922.8	35	322.9					
Td-02			2235.2	35	782.3	782.3	1.3	1.7	10	16
Td-03	25	161.6	4041.5	100	4041.5	4599.1	7.8	9.7	10	16
	5	318.6	1593.3	35	557.6					
Td-04	25	166.8	4170.2	100	4170.2	4276.7	7.2	9.0	10	16
	5	60.8	304.4	35	106.5					
Td-05	25	201.6	5040.7	100	5040.7	6394.7	10.8	13.4	16	20
	5	773.7	3868.7	35	1354.0					
Td-06	25	80.3	2008.5	100	2008.5	3508.0	5.9	7.4	10	16
	5	856.8	4284.3	35	1499.5					
Td-07	25	253.6	6341.2	100	6341.2	6522.5	11.0	13.7	16	20
	5	103.6	518.0	35	181.3					
St-01	25	242.3	6058.5	100	6058.5	6241.7	10.5	13.1	16	20
	5	104.7	523.7	35	183.2					
St-02	25	185.4	4635.0	100	4635.0	4786.7	8.1	10.1	16	20
	5	86.7	433.6	35	151.7					
St-03	25	210.6	5265.7	100	5265.7	5685.0	9.5	12.0	16	20
	5	239.5	1197.9	35	419.2					
St-04	25	80.5	2013.0	100	2013.0	2013.0	3.3	4.2	10	16

Fuente: *Elaboración propia en base a planos de distribución.*

3.9.3.5 Código y reglamentos

Todos los trabajos se ejecutarán de acuerdo con los requisitos de las secciones aplicables al Código Nacional de Electricidad y el Reglamento Nacional de Construcciones.

1. Conductos (i.e.i.):

Todas las tuberías y curvas de uso eléctrico de iluminación, tomacorrientes y salidas especiales, serán de cloruro de polivinilo comúnmente conocido con la denominación de PVC - SEL liviano o PVC - SAP tipo pesado, de 16.00 mm Ø debidamente embutidos tanto en pisos como en paredes. Las cajas para salidas de tomacorrientes, interruptores, iluminación salidas especiales, etc. serán del tipo galvanizado americano pesado. Las cajas de paso y las de alumbrado serán de tipo liviano de fierro galvanizado, octogonales de 4" x 1 ½", con perforaciones de ¾", fabricado con planchas de 1/32". Las cajas para interruptores y tomacorrientes serán rectangulares de 4" x 2 ½" x 1 3/4", con perforaciones de ¾", fabricado con planchas de 1/32".

Las cajas estarán empotradas y a plomo enrasadas con la superficie acabada.

2. Conductores (i.e.i):

Cables para iluminación y tomacorrientes 220 V.

El conjunto de conductores que compone el circuito, tanto para iluminación como para fuerza, serán de alambre unipolar, de cobre con aislamiento THW de material plástico, adecuado para 220 voltios. El color amarillo se reserva para la identificación del cable de puesta a tierra.

3. Interruptores:

Serán del tipo empotrado de 10 Amp. 220 V. Las placas son de aluminio anodizado marca TICINO o similar. Los interruptores son del tipo: simples, simple doble, conmutación simple y de conmutación doble.

4. Tomacorrientes:

Tipo placas metálicas a ras, bipolares, dobles para 220 voltios y 10 amperios cada uno. Los que tienen puesta a tierra son de toma central.

5. Luminarias

Son para instalaciones adosadas al cielorraso o a la pared con lámparas de características indicadas: Centros de luz para dormitorios, lavanderías, servicios higiénicos y corredores.

6. Tablero general y distribución:

El tablero general y los de distribución serán del tipo PVC SEL de 16 polos, empotrados en la pared. Los interruptores son del tipo termo magnético bipolares, para operación manual, con protección de sobrecarga y cortocircuito.

7. Posición de salidas:

Las posiciones de salidas respecto al nivel de piso terminado son como se indica a continuación:

- Tablero General y de Distribución : 1.80 m borde superior.
- Braquetes : variable.
- Interruptor de alumbrado : 1.30 m.
- Tomacorriente y Teléfonos : 0.40 m
- Cajas de paso en pared : 0.40 m debajo de cielo raso.

3.9.4 MEMORIA DESCRIPTIVA DE INSTALACIONES SANITARIAS

3.9.4.1 Generalidades

El presente documento consta de la Memoria Descriptiva de Instalaciones de Agua, Desagüe para el proyecto Colegio de Alto Rendimiento –Cajamarca, proyecto que busca mediante estrategias de diseño pasivo lograr eficiencia energética.

A. Objetivo y alcances:

El objetivo del presente documento es dotar de los servicios de agua potable y desagüe al Colegio de Alto Rendimiento Académico.

• Alcance del proyecto

La propuesta arquitectónica, comprende lo siguiente:

- 24 baterías de servicios higiénicos en la zona de residencia, cada una consta de un inodoro, un lavatorio y una ducha, en el caso de varones se agrega un urinario, 20 lavatorios en los laboratorios y en aulas 4 baterías de 3 urinarios, 3 lavatorios y 3 inodoros, 2 baterías en zonas complementarias y 4 baterías individuales para la zona administrativa.
- 03 cisterna.
- 03 Tanques Elevados.
- Instalaciones para Laboratorio de Biología.
- Instalaciones para Laboratorio de Química y física.
- Instalaciones para piscina
- Drenaje pluvial de las edificaciones proyectadas.

B. Demandas

El consumo promedio diario de la edificación está calculado en función de la dotación de agua, NORMA S-200. Teniendo en cuenta el área construida de 27154.30 m² tendremos que el consumo promedio diario en la edificación es:

- Volumen = 6000 Litros
- Gastos (QP) = 0.18 L.P.S.

Para garantizar el consumo promedio diario se ha considerado un tanque de almacenamiento de agua potable cisterna de 6 m³ de capacidad.

C. Agua potable

El sistema de agua potable consiste en la instalación de tuberías y accesorios para el abastecimiento de agua potable a todos los aparatos sanitarios previstos en el proyecto arquitectónico. La presión en las redes está dada por la bomba instalada a la cisterna

Se instalará una electrobomba con capacidad equivalente a la máxima demanda simultánea de la edificación que es de 1.75 L.P.S. La potencia aproximada del electro bomba es de 2 H.P

3.9.4.2 SISTEMA DE AGUA FRÍA:

A. Tuberías y accesorios de agua fría:

- Las tuberías serán de PVC rígida, clase 10 uniones a simple presión, según las normas ITINTEC 309.019.

- Las válvulas serán del tipo compuerta de bronce, unión roscada o soldada, según lo especificado en las normas ITINTEC 350.084.
- La red interior de agua fría será instalada de acuerdo al trazo, diámetro y longitud indicados en los planos respectivos, enterrada en el piso.
- Las redes de agua estarán provistas de válvulas y accesorios (uniones universales, etc.).

B. Salidas de agua fría:

Todas las salidas para la alimentación de los aparatos sanitarios, están enrasadas a plomo dentro de la pared y constan de 1 niple o unión roscada.

Las alturas de las salidas a los aparatos sanitarios son los siguientes:

- Lavatorio 0.55 m sobre el N.P.T.
- Inodoro 0.20 m sobre el N.P.T.
- Ducha 1.90 m sobre el N.P.T. en la primera planta y 2.00 m, sobre el N.P.T. en los pisos superiores.

3.9.4.3 Sistema de desagüe y drenaje pluvial

Tuberías y accesorios:

Las tuberías de desagüe son de PVC (SAL) clase 10 (pesado) con accesorios del mismo material y uniones espiga-campana, selladas con pegamento.

A. Salidas de desagüe:

Los niveles de salida de los puntos de desagüe para los aparatos sanitarios serán los siguientes:

Lavatorio: 0.47 m SNPT.

Inodoro: 0.01 m SNPT.

Sumidero: 0.01 m SNPT.

Ducha: 0.01 m SNPT.

B. Sumideros de piso:

Los sumideros de piso tendrán dos partes: cuerpo y rejilla.

El cuerpo será de bronce, con espiga en su extremo inferior para embonar a cabeza de desagüe de fierro fundido, Norma ASAA 40 - 1. Las rejillas serán removibles enrasada con el nivel del marco, el ancho de las aberturas de la rejilla es de 3 mm aproximadamente.

C. Registro de piso:

Los registros de piso tendrán partes: cuerpo y tapa removible.

Las tapas serán de bronce, de sección con ranura de 3/16" de profundidad, roscadas al marco.

D. Cajas de registro:

Serán colocadas en los puntos necesarios, las cuales serán de albañilería dotadas de marcos y tapa de fierro fundido o del material del piso terminado, tarrajeadas y bien pulidas.

Tabla N° 3.60

Unidades de descarga

UNIDADES DE DESCARGA BATERIA DE BAÑOS VARONES			
APARATO	Cantidad	U.D	Subtotal
Lavatorio	3	2	6
Sumidero	2	2	4
Inodoro	3	4	12
Urinario	3	4	12
TOTAL	U.D 2do piso		34
UNIDADES DE DESCARGA BATERIA DE BAÑOS MUJERES			
APARATO	Cantidad	U.D	Subtotal
Lavatorio	3	2	6
Sumidero	2	2	4
Inodoro	3	4	12
TOTAL	U.D 2do piso		22
UNIDADES DE DESCARGA BAÑOS DISCAPACITADOS			
APARATO	Cantidad	U.D	Subtotal
Lavatorio	1	2	2
Sumidero	1	2	2
Inodoro	1	4	4
TOTAL	U.D 2do piso		8
Total U.D 2do piso			64
TOTAL U.D (U.D 1er piso + U.D 2do piso)			128

Fuente: *Elaboración propia en base a baterías de baños de planos de distribución.*

4 CONCLUSIONES

4.1 Discusión

El objetivo principal de la investigación era determinar las estrategias de Diseño de la arquitectura pasiva para lograr eficiencia energética en un COAR en el sector Tres Molinos- Cajamarca en el año 2019, se enfoca en el diseño de la edificación que busca desde la arquitectura pasiva generar eficiencia energética en base a la disminución de consumo energético para lo que se plantea estrategias de diseño de la Passivhaus que generen el menor consumo energético en zonas académicas que con su diseño aporten y eviten el uso de sistemas activos que generen demandas energéticas excesivas, cambiando el prototipo de colegio que no cuida el medio ambiente hacia un colegio que es amigable con el medio ambiente y consume lo menos posible energía.

4.1.2 Discusión variable: Estrategias de diseño

4.1.2.1 Elementos clima

A. Temperatura

Según la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (2012) existen parámetros ambientales para determinar la evaluación del confort térmico en un espacio, para lo cual es necesario mencionar al clima, que estudia en primer lugar la temperatura del exterior: es aquella temperatura que rodea al usuario y esta se mide en grados centígrados, la temperatura se relaciona con la eficiencia energética puesto que de ella depende el grado de aislamiento que se tendrá en cuenta para disminuir la demanda energética, además es un indicador a tomar en cuenta para generar confort en el interior de la edificación.

B. Humedad.

Según la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (2012), mide la cantidad de vapor de agua existente en el aire a una determinada temperatura, por otro lado, Hernández (2014), define humedad relativa como la cantidad de vapor que tiene el aire; este parámetro se mide en porcentajes en el que el ideal oscila entre 30% y 70%. La humedad relativa al ingresar a una edificación genera disminución de temperatura y afecta el confort interno, por lo que se debe tener en cuenta como indicador para lograr confort interior y evitar uso de sistemas de calefacción.

C. Vientos.

La vegetación permite filtrar la velocidad de los vientos, esta se debe colocar en distancias establecidas de acuerdo al tamaño de la vegetación, por ejemplo, para árboles se considera 2 o 3 m de separación y de 1 o 2 m para arbustos, con ello se filtra y disminuye la velocidad de vientos, logrando confort térmico en los alrededores de la edificación, relacionándose directamente con la eficiencia energética.

Todo lo anterior son datos climáticos que se toman en cuenta para determinar estrategias a de acuerdo a la zona de ubicación del proyecto, ellas delimitan el comportamiento térmico interno de la edificación. Esto ha sido corroborado con el análisis de casos en donde se considera calefacción como necesidad dentro de la edificación, debido a que se tiene temperaturas que van desde 9° C hasta 21 °C, solo en el caso n°2 se necesita en los

primeros meses sistema de refrigeración, por el resto de casos en un 80% se necesita calefacción lo que no se usa gracias al uso de estrategias pasivas de calefacción como muro de inercia y la mejora de la envolvente térmica.

4.1.2.2 Diseño en el edificio

A. Ubicación.

La eficiencia energética se logra con la aplicación de estrategias pasivas que se insertan en el diseño de la edificación, para ello es de gran importancia estudiar y determinar la ubicación del proyecto ,Olgyay (1998) menciona que se debe tomar en cuenta primero la ubicación donde se implantará la edificación, pues existen microclimas que varían el tipo de estrategias a aplicar de acuerdo a la zona clima, toma en cuenta la latitud, longitud y altura, teniendo como referencia la topografía del lugar. Concuenda con ello el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2014) que además menciona que es importante tomar en cuenta la zona bioclimática pues permite definir parámetros bioclimáticos, en los que será necesario aplicar estrategias de diseño bioclimático de acuerdo realidades climáticas determinadas por su ubicación para favorecer el confort térmico y mejorar la eficiencia energética.

B. Forma

La forma de una edificación determina su comportamiento térmico, por lo que Serra y Cosh (2001) consideran que la forma lineal de este a oeste tiene un mejor comportamiento térmico, concuerda con ello el Ministerio de Educación el que también agrega el uso de bloques regulares y con un patio céntrico, es decir si al plantear formas regulares lineales se aprovecha en hasta un 100 % recursos naturales como la iluminación dada por el sol, además se evita la incidencia excesiva de sol alrededor de la edificación, generando por ende confort térmico en el que se tenga 0kwh de consumo energético.

C. Orientación

Para el caso de educación, especialmente en la zona académica, el Ministerio de Educación recomienda la orientación de aulas perpendicular al Norte, este es uno de los principales indicadores a tomar en cuenta debido a que por ser una zona de aprendizaje las aulas necesitan iluminación moderada por lo que se relaciona con la incidencia solar y el confort térmico, al orientar los espacios de las aulas perpendicular al norte se genera confort térmico, se aprovecha la iluminación natural y se evita el uso de sistemas de calefacción.

4.1.2.3 Captación solar

A. Directa

a. Iluminación natural

- **Orientación de ventanas**

Según la base teórica las ventanas bajas deben estar al Sur, debido al recorrido solar y la incidencia de vientos, se relacionan con la acumulación energética y el confort térmico, ya

que gracias a su buena orientación se evita perder energía en hasta un 30% según la Passivhaus.

- **Iluminación lateral**

La luz llega desde una abertura ubicada en un muro lateral, y es por eso que la iluminación del plano de trabajo cercano a la ventana tiene un nivel alto y aporta en forma importante a la iluminación general, se da en espacios de aulas y talleres, aporta con la disminución de hasta un 40% de energía eléctrica, se recomienda en estos espacios en los que se necesita incidencia moderada de sol.

- **Iluminación cenital**

Pattini (2000) menciona que este tipo de iluminación se utiliza en localidades con predominio de cielo nublado. El plano de trabajo es iluminado directamente desde la parte más luminosa denominada el cenit, se recomienda en laboratorios, en los que coopera con la disminución de contaminación generada por el tipo sustancias que se utilizan, el sol se plantea como recurso de desinfección y generador de confort térmico, al ser iluminado de la parte alta produce captación solar directa que coopera con la mejora de la temperatura en localidades de bajas y medias temperaturas.

- **Iluminación combinada**

En la iluminación combinada hay aperturas en muros y en techos. En un interior donde la envolvente no está claramente dividida en muros y techos, por ejemplo, en cerramientos abovedados, esta permite ahorro energético en espacios deportivos de gran amplitud, aquí se evita el uso de agua caliente en piscinas además se evita el ingreso descontrolado de sol.

B. Indirecta

La captación indirecta a su vez son sistemas que tienen una captación solar en forma aislada; absorben la radiación durante el día y lo expulsan durante la noche, además, se da por un sistema que puede regular el ingreso del calor a los recintos a través de vidrios o muros que generan gran inercia térmica, entre ellos tenemos el Muro Trombe y el Muro de Inercia.

B.1 Muros captadores y acumuladores

- **Muro de inercia**

De acuerdo a lo antes mencionado para espacios con climas medios o bajos se recomienda el uso de sistemas que permitan acumular calor y aprovechen el sol para generar calor y evitar el uso de sistemas de calefacción, por lo que Junta de Castilla y León (2015) explican el muro de inercia como un sistema que tiene la capacidad de almacenar el calor durante varios días sin que el cambio climático exterior afecte el interior, generalmente se utiliza piedras pequeñas asentadas con un mortero barro y paja. También se considera la madera, el ladrillo o el hormigón. En caso de educación es recomendable utilizar el muro de ladrillo, este apoyado del denominado aparejo belga, en el que se utiliza el ladrillo expuesto con una cámara intermedia de aire, genera ahorro de

espacio y se mejora el confort térmico en la envolvente, se opta por este material porque a diferencia de aislamientos como el poliestireno, el ladrillo no es contaminante ni es un material inflamable. Cuida el medio ambiente, genera seguridad en caso de incendios y produce confort térmico.

41.2.4 Refrigeración pasiva

A. Protección solar

- **Vegetación**

Los agentes rompeviento o cortinas rompeviento son hileras de árboles o arbustos de diferentes alturas que forman una barrera, las separaciones más usuales para cortinas son de 1 a 2 m entre arbustos y de 2 a 3 m entre árboles, ella se relaciona con la incidencia de vientos en la edificación, produciendo en hasta un 40% de ahorro de energía

B. Ventilación natural

- **Ubicación de vanos**

El Ministerio de Educación explica que, en caso de vanos en paredes adyacentes, las aberturas deberán estar ubicadas en los puntos más distantes entre sí, expresados en una diagonal.

Se recomienda una altura de alfeizar igual a 1.10 mts o más, según la zona climática (caso de Cajamarca: n°4 Mesoandino); mientras que la ubicación de las aberturas de salida se recomienda que sea en la parte superior, esta base teórica se relaciona con la arquitectura bioclimática que aprovecha recursos naturales como el viento y los distribuye en el interior de la edificación de tal manera que genera confort térmico, especialmente en espacios educativos que necesitan de ventilación moderada que no genere demanda energética ni de calefacción ni de refrigeración.

- **Área de apertura de vanos**

Porcentajes recomendados con respecto a la superficie del ambiente para el área de apertura de los vanos, para los diferentes climas, para el caso de la sierra es un 6%, genera eficiencia energética dada por la optimización de la ventilación natural.

4.1.2.5 Mejora de la envolvente térmica

A. Conservación de la energía

A.1 Aislamiento en vanos

- **Transmitancia térmica en ventanas**

Según la OCU una ventana eficiente con gran aislamiento térmico puede reducir hasta un 20% la factura de la luz, por lo que se recomienda las ventanas correderas para el caso de Centros educativos, además se considera su transmitancia térmica, en la que el vidrio y la madera son óptimos para generar confort térmico, apoyado de paneles dobles, con la hermeticidad y disminución de pérdida energética en ventanas se coopera con un 40% de ahorro energético.

- **Transmitancia térmica en puertas**

La madera tiene un grado coeficiente U (w/m^2k) de 2.00 por lo que se considera como material ideal para evitar pérdidas energéticas, es un material natural y evita en hasta 80% la pérdida de energía.

- **Transmitancia térmica en muros y cubiertas**

Los tabiques de ladrillo expuesto suelen ser considerados como medio de aislamiento térmico, esto se puede mejorar con sistemas como el aparejo belga que consiste en un doble muro con cámara de aire, buscando optimizar el grado de aislamiento y disminuyendo el grado U se logra buen aislamiento térmico y se opta por una envolvente térmica autosuficiente que evita el uso de sistemas de calefacción.

B. Acumulación térmica

- **Inercia térmica en vanos, muros y puertas**

Según Allamegui (2013) los materiales con buena inercia térmica son aquellos con un elevado calor específico y baja conductividad térmica.

Para el caso de ventanas y puertas se considera la madera con una buena inercia térmica y que cumple con la Passivhaus, este material genera eficiencia energética al generar buena acumulación térmica, es un medio de aporte a la envolvente térmica que coopera con el cuidado ambiental al no tener altas demandas energéticas, en cuanto a muros el ladrillo es una buena opción de material con buena inercia térmica.

4.1.2 Discusión variable eficiencia energética

4.1.2.1 Consumo de energía (kwh)

Redondo (2013) menciona que el consumo energético está relacionado con la demanda de energía, rendimiento del sistema y la energía renovable, además explica que la unidad de medida es el kilovatio hora (kwh) que es un término de consumo y se define para ver la potencia utilizada durante un periodo de tiempo, el consumo de energía es medido por el software como el Archiwizard en el que se determina que una edificación es eficiente energéticamente cuando se tiene 0 kwh en calefacción, 0kwh en refrigeración, confort lumínico de 70 -100% ,confort térmico entre 20 w/m^2 - 40 w/m^2 .

4.2 CONCLUSIONES:

- Se logró determinar estrategias pasivas como: elementos clima, diseño en el edificio, captación solar, refrigeración pasiva y mejora en la envolvente térmica con las que se consiguió el diseño de un Centro Educativo.
- Se determinó que para reducir el consumo de energía y lograr eficiencia energética se debe tener en cuenta requerimientos como disminuir uso de sistemas activos de calefacción y refrigeración, generar confort lumínico y confort térmico.
- Se determinó los condicionantes climas para Tres Molinos - Cajamarca, como la longitud: -78515117, latitud: -7.1368681 y altura: 2701 msnm, las que con ayuda de la zonificación Bioclimática del Perú, permitió ubicarla en la zona 4: Mesoandino, gracias a lo cual se relacionó con GIVONI y se planteó estrategias como diseño en el edificio, captación solar, refrigeración pasiva y mejora de la envolvente térmica para el caso de Cajamarca.
- Se logró determinar estrategias de Diseño de la arquitectura pasiva como elementos clima, diseño en el edificio, captación solar, refrigeración pasiva y mejora en la envolvente térmica, las que servirán de guía de diseño para zonas académicas como aulas, talleres y laboratorios, con las que se logra eficiencia energética mediante la reducción de consumo de energía en un Colegio de Alto Rendimiento Académico en Cajamarca.
- Para lograr la eficiencia energética en un Colegio de Alto Rendimiento Académico mediante las estrategias de diseño pasivo se planteó los siguientes lineamientos: para construcciones que busquen cuidar el medio ambiente se debe considerar la ubicación en base a la zonificación Bioclimática del Perú, además se planteó volumetría general en base a formas lineales de este a oeste orientadas al Norte, especialmente para la zona académica en las que se utilizó iluminación lateral en aulas y talleres, cenital en laboratorios y combinada en espacios deportivos, en cuanto a ventilación natural se consideró el uso de ventilación cruzada terminada por el uso de vanos y área de apertura de vanos, que para el caso de Cajamarca se considera 6%. Finalmente, como materiales generadores que conserven energía y generen acumulación térmica se planteó el uso de madera en ventanas y puertas, para la envolvente se consideró el ladrillo expuesto especialmente para Cajamarca en la que solo se necesita mantener el calor interno de la edificación.

REFERENCIAS

- Anfapa. (10 de Enero de 2019). *Sistema de Aislamiento térmico por el exterior*. Obtenido de Sistema de Aislamiento térmico por el exterior:
<https://www.anfapa.com/es/sate/195/concepto>
- Baratto, R. (26 de Diciembre de 2013). *ArchDaily*. Obtenido de Escuela pública en Río de Janeiro es la primera escuela sostenible certificada en Latinoamérica:
<https://www.archdaily.pe/pe/02-321419/escuela-publica-en-rio-de-janeiro-es-la-primer-escuela-sostenible-certificada-en-latinoamerica>
- Blender, M. (23 de marzo de 2015). *Arquitectura y energía*. Obtenido de Valor U: transmitancia térmica en la edificación: <http://www.arquitecturayenergia.cl/home/el-valor-u-la-transmitancia-termica-en-edificacion/>
- Campoya, M. (2013). Educación y sus marcos normativos. *Blog*, 1-2.
- ComexPerú. (2017). Un año más, desaprobadados en educación. *Sociedad de Comercio Exterior del Perú*, 1.
- EcoHabitar. (2013). Arquitectura pasiva. *Ecohabitar*, 1.
- Educación, M. d. (20 de Enero de 2008). *Guía de aplicación de arquitectura bioclimática en locales educativos*. Obtenido de http://www.arquitectos-peru.com/docs/guia_diseno_bioclimatico_19may08.pdf
- Energética., A. C. (29 de Noviembre de 2012). *Guía de eficiencia energética en establecimientos educacionales (GEE Educ)*. . Obtenido de Centro de Investigación en Tecnologías de la Construcción. Universidad de Bio Bio (CITEC UBB), : <http://old.acee.cl/577/article-65174.html>
- Galdames, D. (20 de Enero de 2014). *ArchDaily*. Obtenido de Primer Lugar Concurso Público Para el Diseño de Colegios en Bogotá: <https://www.archdaily.pe/pe/02-327982/primer-lugar-concurso-publico-para-el-diseno-de-colegios-en-bogota>
- García, A. G. (2009). *Aplicación de un diseño bioclimático, con énfasis en eficiencia energética en un edificio de oficina alternativa*. Ecuador: Ecuatorial.
- Gardey, J. P. (25 de marzo de 2016). *Definición de temperatura atmosférica*. Obtenido de <https://definicion.de/temperatura-atmosferica>
- Guerra, R. (2011). *Arquitectura Bioclimática como parte fundamental para el ahorro de energía*. El Salvador: ING-NOVACIÓN.
- Hermet. (10 de Enero de 2019). *Transmitancia térmica*. Obtenido de Transmitancia térmica:
<http://hermet10.com/transmitancia-termica/>
- Hernández, P. (2014). *Arquitectura Bioclimática, captación solar*.

- Iñarrea, J. (2015). *Anteproyecto vivienda bioclimática en Pamplona. (Master en Edificación). Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona*. España: Universidad Politécnica de Catalunya,.
- Mansilla, A. G. (s.f.). "APLICACIÓN DE UN DISEÑO BIOCLIMÁTICO, CON ÉNFASIS EN . MINEDU. (Enero de 2015). *Guía de Diseño*. Obtenido de Guía de Diseño: <http://www.minedu.gob.pe/p/pdf/guia-ebr-jec-2015.pdf>
- MINEDU. (20 de ENERO de 2019). *COAR*. Obtenido de <http://www.minedu.gob.pe/coar/>
- Ministerio de Vivienda, C. y. (Noviembre de 2014). *Decreto Supremo N ° 006-2014VIVIENDA. Incorporación de la norma técnica EM. 110*. Obtenido de "Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética" al Reglamento Nacional de Edificaciones – RNE.: <http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/normas.aspx>
- Morales, C. R.-F. (2006). *Agroforestería tradicional*. Sierra del Perú.
- OCU. (10 de Febrero de 2015). *Organización OCU*. Obtenido de Organización OCU: <https://www.ocu.org/vivienda-y-energia/gas-luz/informe/todo-sobre-ventanas>
- Oleas, M. J. (10 de marzo de 2014). *Tesis doctoral*. Obtenido de Tecnología sostenible y eficiencia energética en una vivienda: <file:///C:/Users/Arq.%20ROSA/Downloads/tesis.pdf>
- Olygay. (1998). *Arquitectura y Clima: manual de diseño bioclimático para Arquitectos y Urbanistas*. Barcelona-España: Gustavo Gili S.A.
- ONU. (12 de Agosto de 2016). *ONU exhorta a cambiar los patrones de consumo y crear un mundo sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/development/desa/es/news/social/international-day-youth-2016.html>
- Palacios, D. (10 de Noviembre de 2010). Obtenido de Blog El calor: <http://elcalor-equipos2.blogspot.com/2010/11/calor-latente.html>
- Passivhaus, P. E. (2011). *Guía del Estándar Passivhaus*. Obtenido de Guía del Estándar Passivhaus: <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-del-Estandar-Passivhaus-fenercom-2011.pdf>
- Passivhaus, P. E. (10 de Marzo de 2019). *El estándar Passivhaus*. Obtenido de El estándar Passivhaus: <http://www.plataforma-pep.org/>
- Pattini, A. (1994). *Determinación y distribución de luminancias de cielos para iluminación natural*. Asades.
- Pattini, A. (15 de marzo de 2000). *Luz natural e iluminación de interiores*. Obtenido de <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap11.pdf>
- Restrepo, V. (2012). Latinoamérica está creciendo en certificación LEED. *Vida Verde*, 1.
- Sánchez, E. (8 de Mayo de 2019). La ONU pide cambios sin precedentes para evitar la catástrofe medioambiental del planeta. *El País*, pág. 1.
- School, R. (2014). Rochester School Primer colegio verde LEED Oro en América Latina. *El Tiempo*, 1-2.

Spark, W. (10 de marzo de 2019). *El clima promedio en Cajamarca* . Obtenido de El clima promedio en Cajamarca : <https://es.weatherspark.com/y/19956/Clima-promedio-en-Cajamarca-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1>

ANEXOS

- ANEXO N° 1: Diseño en el edificio
- ANEXO N° 2: Captación solar directa
- ANEXO N° 3: Captación solar indirecta
- ANEXO N° 4: Ventilación natural
- ANEXO N° 5: Conservación de la energía
- ANEXO N° 6: Acumulación térmica
- ANEXO N° 7: Consumo de energía kwh
- ANEXO N° 8: Ficha de análisis de contexto – temperatura
- ANEXO N° 9: Ficha de análisis de contexto – humedad
- ANEXO N° 10: Ficha de análisis de contexto – vientos
- ANEXO N° 11: Ficha de análisis de contexto – dirección de vientos
- ANEXO N° 12: Ficha de análisis de contexto – protección solar
- ANEXO N° 13: Ficha análisis de casos – análisis GIVONI
- ANEXO N° 14: Ficha análisis de casos – diseño en el edificio
- ANEXO N° 15: Ficha análisis de casos – iluminación lateral
- ANEXO N° 16: Ficha análisis de casos – iluminación cenital
- ANEXO N° 17: Ficha análisis de casos – iluminación combinada
- ANEXO N° 18: Ficha análisis de casos – muros captadores y acumuladores
- ANEXO N° 19: Ficha análisis de casos – protección solar
- ANEXO N° 20: Ficha análisis de casos – ubicación de vanos
- ANEXO N° 21: Ficha análisis de casos – área de apertura de vanos
- ANEXO N° 22: Ficha análisis de casos – transmitancia térmica en vanos
- ANEXO N° 23: Ficha análisis de casos – transmitancia térmica en muros y cubiertas
- ANEXO N° 24: Ficha análisis de casos – inercia térmica en vanos, muros y cubiertas
- ANEXO N° 25: Reducción de consumo de energía CASO n° 1
- ANEXO N° 26: Reducción de consumo de energía CASO n° 2
- ANEXO N° 27: Reducción de consumo de energía CASO n° 3
- ANEXO N° 28: Reducción de consumo de energía en proyecto COAR
- ANEXO N° 29: Comprobación de proyecto COAR
- ANEXO N° 30: Programación arquitectónica