



# FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO

Carrera de Arquitectura

“CRITERIOS DE LAS FACHADAS ARQUITECTÓNICAS BIOMIMÉTICAS PARA OPTIMIZAR LA GANANCIA TÉRMICA Y CONFORT LUMÍNICO EN ESPACIOS PEDAGÓGICOS PARA EL DISEÑO DE UN CETPRO AGRÍCOLA PARA CHUQUIBAMBA, 2018”

Tesis para optar el título profesional de:

Arquitecto

Autor:

Bach. Danny Hans Melendez Flores

Asesor:

Mtra. Arq. Alexandra Bejarano Urquiza

Cajamarca - Perú

2018

## DEDICATORIA

A mis padres porque su esfuerzo y apoyo incondicional fueron los pilares que me dieron soporte para alcanzar este objetivo de mi vida. A mis hermanos, por sus consejos y ánimos para continuar esforzándome día a día. A mi familia, amigos, compañeros y docentes que durante el tiempo en la universidad me apoyaron constantemente para este gran logro.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por su apoyo, y su dedicación en infundirme valores y humildad, por sostenerme y no dejarme caer rendido en cada golpe que me ha dado la vida, y sobre todo por brindarme una educación que me permita aportar a la sociedad. A mis hermanos, por direccionarme para alcanzar mis metas. A mi asesora por su apoyo constante y confianza en mi persona, además a los docentes, de ellos es que he aprendido el valor de la arquitectura para el mundo.

## Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO .....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS .....	8
RESUMEN.....	10
CAPÍTULO 1 ...INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 Realidad problemática.....	11
1.2 Formulación del problema.....	25
1.3 Objetivos.....	25
1.3.1 Objetivo general.....	25
1.3.2 Objetivos específicos.....	25
1.4 Hipótesis.....	25
1.4.1 Hipótesis general.....	25
1.4.2 Hipótesis específicas.....	25
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.....	34
CAPÍTULO 3 RESULTADOS.....	37
3.1 Estudio de Casos/Muestra.....	37
3.2 Lineamientos del diseño.....	46
3.3 Dimensionamiento y envergadura.....	49
3.4 Programa arquitectónico.....	55
3.5 Determinación del terreno.....	56
3.6 Análisis del lugar.....	60
3.7 Idea rectora y las variables.....	65
3.8 Proyecto arquitectónico.....	67

<b>3.9</b>	<b>MEMORIA DESCRIPTIVA.....</b>	<b>73</b>
<b>3.9.1</b>	<b>ARQUITECTURA.....</b>	<b>73</b>
<b>3.9.2</b>	<b>ESTRUCTURAS.....</b>	<b>75</b>
<b>3.9.3</b>	<b>SANITARIAS.....</b>	<b>76</b>
<b>3.9.4</b>	<b>ELÉCTRICAS.....</b>	<b>77</b>
<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>78</b>
<b>4.1</b>	<b>Discusión.....</b>	<b>78</b>
<b>4.2</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>81</b>
	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>82</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>83</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 1.1.</b> Niveles de luz comunes en exterior de fuentes naturales durante horarios diurnos, de mayor porcentaje en Perú.....	<b>12</b>
<b>Tabla N° 1.2.</b> Requerimientos de luz en ambientes educativos .....	<b>12</b>
<b>Tabla N° 2.1</b> Caso 1 Media Towers.....	<b>28</b>
<b>Tabla N° 2.2.</b> Caso 2 Al Bahar Towers.....	<b>29</b>
<b>Tabla N° 2.3.</b> Caso 3 CIB – Investigación Biomédica. ....	<b>30</b>
<b>Tabla N° 3.1.</b> Resultados de análisis de casos – Ganancia térmica y Confort lumínico. ....	<b>34</b>
<b>Tabla N° 3.2.</b> Cuadro resumen de Lineamientos de Diseño .....	<b>35</b>
<b>Tabla N° 3.3.</b> Población de Chuquibamba.....	<b>36</b>
<b>Tabla N° 3.4.</b> Población Estudiantil de Chuquibamba .....	<b>36</b>
<b>Tabla N° 3.5.</b> Cuadro normativo para la programación arquitectónica .....	<b>38</b>
<b>Tabla N° 3.6.</b> Cuadro normativo para equipamientos educativos .....	<b>39</b>
<b>Tabla N° 3.7.</b> Cuadro normativo para educación técnico productiva .....	<b>39</b>
<b>Tabla N° 3.8.</b> Elementos de incumplimiento de selección del terreno.. ..	<b>40</b>
<b>Tabla N° 3.9.</b> Tabla de valorización del terreno a partir de requerimientos de MINEDU.....	<b>41</b>
<b>Tabla N° 3.10.</b> Cuadro de valoración de terreno según RNE.....	<b>41</b>
<b>Tabla N° 3.11.</b> Rangos de pendiente.....	<b>45</b>
<b>Tabla N° 3.12.</b> Secciones viales .....	<b>46</b>
<b>Tabla N° 3.13.</b> Clima en Cajabamba .....	<b>46</b>
<b>Tabla N° 3.14.</b> Enunciado conceptual .....	<b>47</b>
<b>Tabla N° 3.15.</b> Generación de Códigos .....	<b>48</b>
<b>Tabla N° 3.16.</b> Criterios de las fachadas arquitectónicas biomiméticas.....	<b>50</b>
<b>Tabla N° 3.17.</b> Aplicación de variables .....	<b>51</b>
<b>Tabla N° 3.18.</b> Coordenadas UTM del terreno .....	<b>53</b>
<b>Tabla N° 3.19.</b> Cuadro de área construida por pisos .....	<b>54</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura N° 1.1</b> Arquitectura Globalizada: Europa Center (Bulgaria), Torre Osaka (Japón), Hotel Westin (Lima). .....	<b>10</b>
<b>Figura N° 1.2</b> Vistas de colegios e institutos en Perú, año 2012 al 2015.....	<b>11</b>
<b>Figura N° 1.3</b> Vistas del Edificio de la BAUHAUS Construido en 1925.....	<b>12</b>
<b>Figura N° 1.4</b> Propuesta ganadora para climas de la sierra, nuevos equipamientos educativos para el bicentenario de escuelas modulares.....	<b>13</b>
<b>Figura N° 1.5</b> Espectro lumínico de las aulas de educación actuales. ....	<b>13</b>
<b>Figura N° 1.6</b> Visualización del centro poblado de Chuquibamba, donde se diferencia los cerros áridos, de la parte fértil del valle.....	<b>14</b>
<b>Figura N° 1.7</b> Distribución desigual de la luz en el espacio educativo para zonas interandinas.....	<b>15</b>
<b>Figura N° 1.8</b> Ministerio de asuntos municipales y agricultura de Qatar, concebido a partir de la biomimética de un cactus, optimizando el confort lumínico, pero bloqueando la captación de calor.....	<b>16</b>
<b>Figura N° 1.9</b> Centro comercial Eastgate Centre en Zimbabue, concebido a partir de la biomimética del sistema pasivo de refrigeración de los termiteros africanos.....	<b>17</b>
<b>Figura N° 1.10</b> Ejemplo de arquitectura con formas de franjas y columnares.....	<b>17</b>
<b>Figura N° 1.11</b> Ejemplo de arquitectura con formas cóncavas.....	<b>18</b>
<b>Figura N° 1.12</b> Ejemplo de arquitectura con formas convexas.....	<b>18</b>
<b>Figura N° 1.13</b> Propiedades de los vidrios usados en envolventes arquitectónicas.....	<b>19</b>
<b>Figura N° 1.14</b> Propiedades de los films plásticos usados en envolventes arquitectónicas....	<b>20</b>
<b>Figura N° 1.15</b> Propiedades de los policarbonatos usados en envolventes arquitectónicas...	<b>20</b>
<b>Figura N° 1.16</b> Tipos de estructura de las fachadas arquitectónicas biomiméticas.....	<b>21</b>
<b>Figura N° 1.17</b> Estrategias de sistemas solares pasivos para el confort térmico mediante estructuras externas.....	<b>21</b>
<b>Figura N° 1.18</b> Estrategias de sistemas solares pasivos para el confort térmico mediante estructuras integradas.....	<b>22</b>
<b>Figura N° 1.19</b> Formas planas que reciben radiación solar.....	<b>22</b>
<b>Figura N° 1.20</b> Formas curvas que reciben radiación solar.....	<b>23</b>
<b>Figura N° 1.21</b> Distribución lumínica en espacios pedagógicos, mediante elementos en fachada.....	<b>23</b>
<b>Figura N° 1.22</b> Niveles de lux.....	<b>24</b>

<b>Figura N° 2.1</b> Media Towers .....	<b>28</b>
<b>Figura N° 2.2</b> Fachada de Media Towers .....	<b>28</b>
<b>Figura N° 2.3</b> Sistema Foto Nástico de los parasoles en Media Towers .....	<b>29</b>
<b>Figura N° 2.4</b> Al Bahar Towers .....	<b>29</b>
<b>Figura N° 2.5</b> Fachada biomimética de Al Bahar Towers.....	<b>30</b>
<b>Figura N° 2.6</b> Centro de Investigación Biomédica.....	<b>30</b>
<b>Figura N° 2.7</b> Fachada biomimética del Centro de Investigación Biomédica.....	<b>31</b>
<b>Figura N° 3.1</b> Formas biomiméticas cóncavas.....	<b>35</b>
<b>Figura N° 3.2</b> Paneles de Policarbonato.....	<b>35</b>
<b>Figura N° 3.3</b> Corte de doble fachada.....	<b>35</b>
<b>Figura N° 3.4</b> Estimación de la demanda.....	<b>36</b>
<b>Figura N° 3.5</b> Diagrama de la brecha en Chuquibamba.....	<b>37</b>
<b>Figura N° 3.6</b> Uso de suelo del distrito de Chuquibamba, según ZEE.....	<b>42</b>
<b>Figura N° 3.7</b> Localización y Ubicación.....	<b>43</b>
<b>Figura N° 3.8</b> Plano topográfico.....	<b>44</b>
<b>Figura N° 3.9</b> Secciones Topográficas.....	<b>45</b>
<b>Figura N° 3.10</b> Sección de Carretera a Algamarca.....	<b>49</b>
<b>Figura N° 3.11</b> Sección de canal de Riego .....	<b>50</b>
<b>Figura N° 3.12</b> Modelo Orgánico, generado a partir de las premisas de MINEDU y enunciado conceptual.....	<b>48</b>
<b>Figura N° 3.13</b> Plano de zonificación y perspectivas.....	<b>49</b>
<b>Figura N° 3.14</b> Ubicación y terreno.....	<b>53</b>
<b>Figura N° 3.15</b> Sistema Estructural.....	<b>54</b>
<b>Figura N° 3.16</b> Cálculo de Volumen de Tanque Cisterna del CETPRO.....	<b>56</b>
<b>Figura N° 3.17</b> Diagrama de montantes de instalación eléctrica.....	<b>57</b>



## RESUMEN

La presente tesis tiene un diseño no experimental transversal descriptivo correlacional con una perspectiva cualitativa cuyo propósito es analizar los criterios de las fachadas arquitectónicas biomiméticas, que respondan aportando con ganancia térmica durante las mañanas, además de distribuir uniformemente la luz en espacios pedagógicos para el diseño de un CETPRO agrícola en la ciudad de Chuquibamba respondiendo así a su clima interandino bajo y satisfaciendo las necesidades de la comunidad agrícola mejorando la calidad de exportación de sus productos alimenticios, y capacitándoles en nuevas estrategias de cultivo.

Para este desarrollo es necesario el reconocimiento de los criterios de las fachadas arquitectónicas adaptativas, en este caso las biomiméticas, que toman como ejemplo la adaptación de las plantas en distintos climas, aún más porque las plantas son seres vivos que absorben gran parte de su energía por la luz del sol, y han evolucionado con ese fin.

La variable independiente se analizó en base a fichas documentales donde se describen conceptos basados en los criterios formales, materiales y estructurales para establecer indicadores para el estudio de casos que requieren calidad lumínica y térmica igual y/o similar a la que se requiere en espacios pedagógicos, y poder verificar estos criterios además de sus efectos sobre la variable dependiente.

Finalmente se concluyeron premisas que se aplicaron en el diseño de las fachadas de los espacios pedagógicos del CETPRO, convergiendo a su vez con un terreno de calidad para el desarrollo del proyecto arquitectónico que cuenta con recursos para la actividad agrícola, y educativo técnico productiva.

**Palabras clave:** Confort Lumínico, confort térmico, fachadas arquitectónicas, biomimética.

## CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

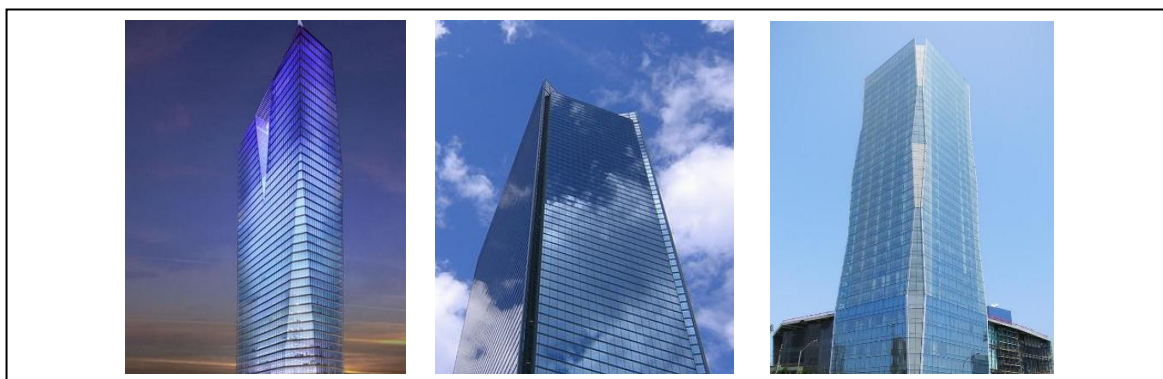
### 1.1 Realidad problemática

El hombre en busca su comodidad, ha adaptado el entorno que lo rodea para protegerse de las inclemencias climáticas innovando hasta llegar a la arquitectura, y con los años ha ido mejorándola, durante el transcurso ha optado por servirse de la energía para modificar el clima interior de los edificios, logrando así un confort térmico y lumínico en espacios interiores. El consumo de esta energía destinada al confort térmico (calefacción y refrigeración) es 60% del total de energía que consumen los edificios (Omray, 2016), mientras tanto la iluminación en edificios por sí sola representa alrededor del 20-40% de la energía total utilizada en los edificios (Freewan, 2014), estas cifras son representadas mayormente en Norteamérica y Europa, donde el nivel económico de las personas se lo permite, sin embargo en Latinoamérica no contamos con estas comodidades térmicas o lumínicas, y en su defecto contamos más bien con deficiencias, como señala Robles, L. (2014): “nuestra arquitectura tiene un innecesario e imprudente uso de luz artificial durante horas diurnas para compensar deficiencias de iluminación”; y el uso de esta energía influye negativamente en el calentamiento global, por ello nos encontramos en una era donde además de cumplir con una arquitectura funcional y estética, se debe implementar la eficiencia energética.

Este calentamiento global, resultante del consumo excesivo de energía, ha inspirado a buscar soluciones y muchos arquitectos han optado por centrar su atención en las fachadas, que son las superficies de mayor exposición a los factores ambientales externos y separan los espacios interiores del exterior, planteando usarla como un moderador ambiental (Wang, 2012), ya que actualmente la arquitectura globalizada (ver figura nº1.1) se ve restringida por grandes fachadas vidriadas, que no responden eficientemente al clima que lo rodea. Por ello, se requiere enfocar la atención en cómo lograr que se conviertan en elementos activo, que hace que el edificio en sí, interactúe con su contexto; y más importante aún, que interactúe con el medio ambiente y con los usuarios del espacio arquitectónico interior (Mahmoud & Elghazi, 2016).

Figura nº 1.1.

*Arquitectura Globalizada: Europa Center (Bulgaria), Torre Osaka (Japón), Hotel Westin (Lima).*



Fuente: *Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2018).*

De la misma manera en Perú, se necesitan estrategias similares a fin de responder significativamente al confort térmico y lumínico en los edificios, y sobre todo en los equipamientos educativos donde se requiere un mayor confort para optimizar el aprendizaje (Hoses, 2014), ya que se puede apreciar que los colegios mantienen la tipología de fachadas ligeras (ver figura 1.2) que no aportan a lograr un confort, sino su simpleza se ve considerada como la arquitectura global antes nombrada.

Figura n° 1.2.

*Vistas de colegios e institutos en Perú, año 2012 al 2015.*

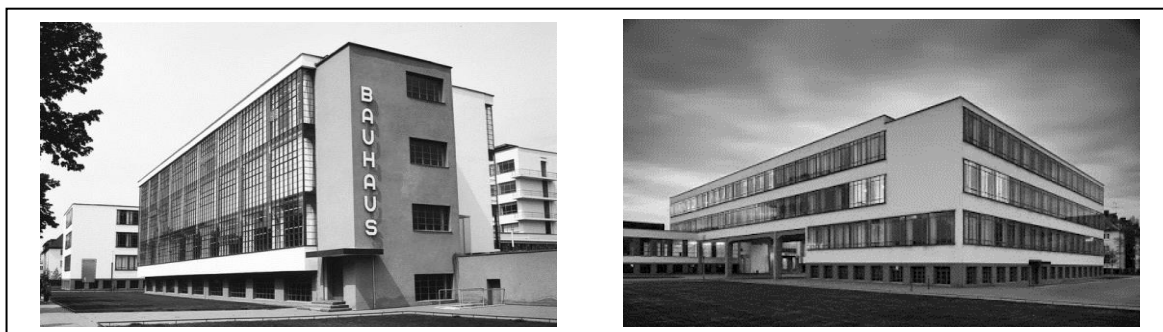


Fuente: Recuperado de <http://deperu.com> (2018).

Estas fachadas ligeras, son procedentes desde 1925, y son casi ya 100 años desde cuando Walter Gropius, realizó el diseño de la Bauhaus (ver figura n°1.3) que son más bien superficies acristaladas unidas a la estructura que lo soporta (Gropius, 1925), se denota que no hay diferencias resaltantes, sino más bien se podrían considerar parte de un mismo equipamiento con adosarlos. Si en 100 años no se ha modificado la arquitectura educativa, ni ha surgido una preocupación por optimizar sus cualidades de aprovechamiento energético para el confort térmico y/o lumínico, sino se ha optado por una arquitectura global, y carente de adaptabilidad, se resuelve que es necesario incorporar una arquitectura más original e idónea, debido a que contamos con diferentes climas que varían de manera drástica de una región natural (costa, sierra y selva) a otra.

Figura n° 1.3.

*Fachadas ligeras del Edificio de la BAUHAUS construido en 1925.*



Fuente: *Recuperado de <http://wikiarquitectura.com>*

El confort térmico y lumínico en el Perú, requiere un especial énfasis en las energías del sol, ya que la calidad, energía luminosa y térmica que se puede obtener de ésta, además de sus propiedades direccionales y moldeadoras del espacio, son superiores a las de fuentes artificiales (ICARO, 2014), y por ende ser de gran ayuda en nuestro país, donde los edificios de zonas alto andinas, requieren confort térmico, sin perder calidad lumínica, debido a las dimensiones reducidas de vanos que se utilizan así para evitar pérdidas de calor con convección.

Tabla n° 1.1.

*Niveles de luz comunes en exterior de fuentes naturales durante horarios diurnos, de mayor porcentaje en Perú.*

NIVELES DE LUZ EN EXTERIOR DE FUENTES NATURALES DURANTE EL DÍA (HORARIO PRINCIPAL DE ESTUDIOS)	
CONDICIÓN	ILUMINANCIA (LUX)
Plena luz del día	10.752
Día nublado	1.075
Día obscuro	107
Crepúsculo	10.8

Fuente: *Elaboración propia a partir de NOAA, 2017.*

En 2015 MINEDU, lanzó la Norma Técnica de infraestructura para locales de educación superior (NTIE 001-2015), haciendo referencia a este tipo de prácticas, donde la arquitectura de los edificios educativos, debía responder de manera significativa a una adecuación climática de la zona donde se ubique, esta se complementa con la norma EM. 110, sin embargo, estas normas están aún muy incompletas, y solo integran una mínima parte de recomendaciones en lo que debería ser un tema extenso de cada tipología arquitectónica y de equipamientos educativos, ya que la misma norma señala un requerimiento de confort térmico y lumínico con eficiencia energética.

Tabla n° 1.2.

*Requerimientos de luz en ambientes educativos.*

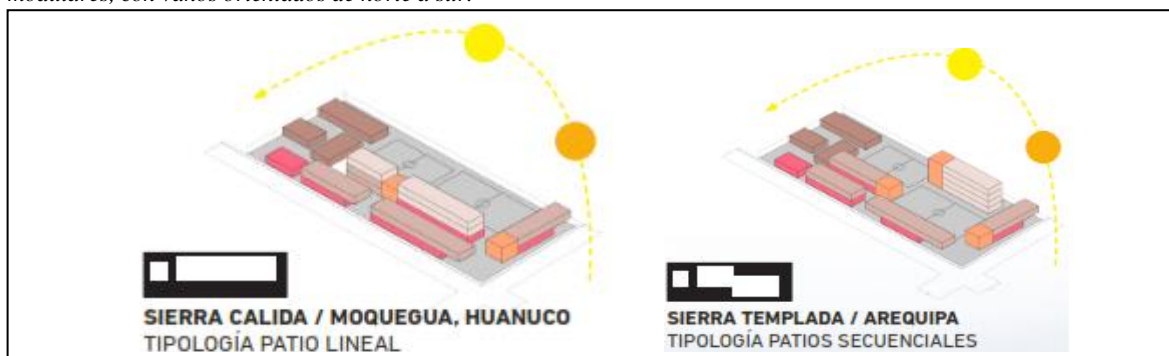
ILUMINANCIAS PARA AMBIENTES AL INTERIOR	
AMBIENTE	ILUMINANCIA (LUX)
Áreas de lectura	250 - 300
Aulas de clase, laboratorios, talleres, gimnasios.	500
Áreas de Trabajo General	200

Fuente: *Elaboración propia a partir de RNE, 2018 y Manual de Iluminación ICARO, 2018.*

Por esta razón MINEDU lanzó en 2018, un concurso con el fin de lograr el mejor confort para los espacios educativos, cuyas bases eran principalmente adaptarse a la geografía y los climas de cada zona bioclimática encontrada en el Perú, sin embargo, estas tipologías ganadoras, no van más allá de meras orientaciones solares (ver fig. 1.4), por ello, no se aprovecha la iluminación solar, y sus beneficios en zonas frías como la sierra, además de que sus propuestas bloquean la luz mediante elementos de protección como parasoles, que lo único que logran es evitar la ganancia térmica por radiación solar.

Figura n° 1.4.

*Propuesta ganadora para climas de la sierra, nuevos equipamientos educativos para el bicentenario de escuelas modulares, con vanos orientados de norte a sur.*



Fuente: Recuperado de <https://www.pronied.gob.pe/>

Este es un desperdicio de energía proveniente del sol para calefacción, ya que los locales educativos en nuestro país no cuentan con sistemas de calefacción, y mucho menos en zonas rurales donde no existe una preocupación por abastecerlos de servicios de calidad. Además, el reglamento nos señala que debemos usar dimensiones de vanos reducidas, a fin de no perder temperatura mediante convección por vanos, tales como ventanas y puertas, esto resulta en otra deficiencia, que es la falta de iluminación, y/o distribución inadecuada de la luz al interior de los espacios pedagógicos.

Figura n° 1.5.

*Espectro lumínico de las aulas de educación actuales.*



Fuente: Recuperado de <http://deperu.com>



Dadas estas premisas, se requiere conocer las inclemencias climáticas de Chuquibamba, que se corresponden a un clima interandino bajo (RNE,2018) con clima templado subhúmedo y terrenos semisecos, por ello recurre en cambios drásticos de climas durante las mañanas es muy frío 10°C (accuweather.com), sin embargo al medio día hace demasiado calor, con una temperatura de 32°C (accuweather.com) Chuquibamba se encuentra rodeado de terrenos semisecos(ver figura nº1.6) pero se ve beneficiado gracias a los ríos que fertilizan y humedecen estas tierras, en consecuencia estos cambios drásticos de climas requieren estrategias para brindar confort y contrarrestarlas haciendo comfortable la coexistencia de las personas en los equipamientos educativos, y promoviendo el desarrollo de técnicas para lograr aprovechar estas tierras desoladas, y aumentar su producción en estas zonas del Perú.

Figura nº 1.6.

*Visualización de Chuquibamba, donde se diferencia los cerros áridos, de la parte fértil del valle.  
Distribución de la luz en el espacio educativo para zonas interandinas.*



Fuente: Recuperado de <http://googlemaps.com>

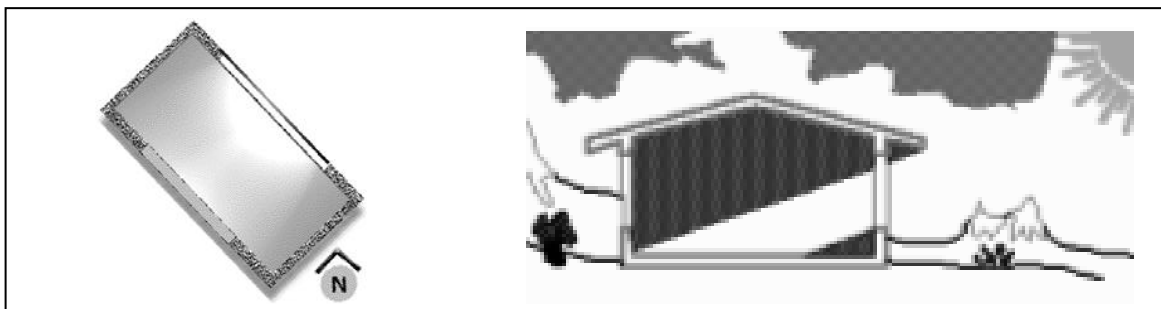
Y con el fin de hacer frente a estas deficiencias, es necesaria la construcción de locales educativos con en base a la guía de aplicación de la arquitectura bioclimática en locales educativos MINEDU,2008, sin embargo, se presentan algunas contradicciones al tratar de brindar confort lumínico y térmico en base a las recomendaciones métricas de la IESNA, para lograr el confort visual. Siendo:

Distribución Lumínica indicador en base a la distribución igual en todo el espacio pedagógico, pero para evitar pérdida de calor por convección el área de las ventanas se da de 18% del área del espacio, lo cual influye negativamente en este indicador (ver figura nº 1.7).

Luminancia, indicador en base a la cantidad de luxes que se necesitan para el desarrollo de actividades como lectura y escritura, que según RNE,2018 este dado de 300 y 500 luxes para asegurar el desempeño de los estudiantes en estos espacios.

Figura n° 1.7.

*Distribución desigual de la luz en el espacio educativo para zonas interandinas.*



Fuente: *Guía de aplicación de arquitectura bioclimática en locales educativos, 2008.*

Además, esta guía nos habla también de la aplicación de estrategias como el muro Trombe, también conocido como doble fachada o sistema con cámara de aire, que, según la guía de aplicación de arquitectura bioclimática en locales educativos (MINEDU, 2008), el volumen del aire contenido en este elemento debe ser como mínimo  $\frac{1}{3}$  del área del espacio para abastecer con ganancia térmica suficiente mediante la radiación solar. Y éste es muy eficiente, pero no se aplica en locales educativos, pues obstruye el ingreso de la luz, por ello es necesario que la búsqueda de un confort lumínico, no involucre de manera negativa la pérdida de ganancia térmica en fachadas.

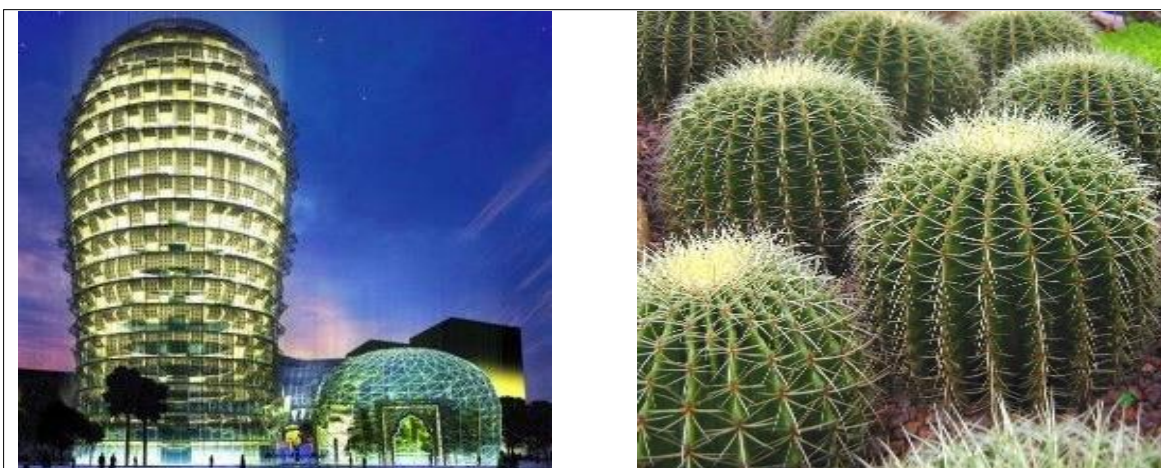
Para saber cómo optimizar este elemento arquitectónico, es necesaria la experiencia de arquitectos reconocidos, y que trabajan en múltiples zonas climáticas como Zaera (2016), un arquitecto que trabaja a escala planetaria, este señala que “el método de lograr el confort, y la eficiencia energética, se centra en la fachada arquitectónica, y es el principal problema de la arquitectura” ya que los criterios arquitectónicos para diseñar las fachadas arquitectónicas como forma, materiales y estructura, deben responder a funciones implícitas, es decir ser escogidos con un criterio adaptativo (Oxman, 2012 y Chávez del Valle, 2002).

Mazzoleni (2017), nos habla también en su libro titulado, “Architecture follows nature” como el ser humano buscando soluciones a sus problemas, termina dando con soluciones lógicas, y pensadas después de un largo proceso, sin embargo, si miráramos primero a la naturaleza, veremos las respuestas ya plasmadas, las plantas, los animales, los insectos e incluso algunos elementos como las dunas de desiertos, olas del mar, etc., nos presentan soluciones adoptadas por éstos de adaptación y resultados, además de otras maneras de cómo podemos interpretarlos. Frank Lloyd Wright y Toyo Ito también nos aconsejan seguir la naturaleza como modelo y estudiarla, además de converger la arquitectura con la naturaleza en uno sólo. Por ello estas ideas son la motivación suficiente para buscar las respuestas adaptativas en la naturaleza con el fin de obtener criterios que optimicen el confort térmico y lumínico para los usuarios, pero que permitan un funcionamiento adecuado y control de los mismos.

De estas soluciones adoptadas entre las más exitosas, está la desarrollada por Lopez (2014), doctora en arquitectura y especialista en imitación de la adaptabilidad de la naturaleza, o también conocida como *biomimética* (Hargroves, 2016) de la universidad de la Coruña, España, que imita la adaptabilidad de plantas y animales que en arquitectura se da principalmente mediante la abstracción de formas naturales, y su incorporación en fachadas y techos. Uniéndose a este movimiento, de imitar la naturaleza, numerosos diseños en todo el mundo han implementado estos mecanismos de plantas (ver figura nº1.8) y animales a fin de que los edificios puedan funcionar de la misma manera y adaptarse a los climas.

Figura nº 1.8.

*Ministerio de asuntos municipales y agricultura de Qatar, concebido a partir de la biomimética de un cactus, optimizando el confort lumínico, pero bloqueando la captación de calor.*



Fuente: Recuperado de <http://arqhys.com>

Como este, hay otros ejemplos en el mundo (ver figura nº1.9), por ello se requiere un conocimiento de los principales criterios arquitectónicos que siguen estas edificaciones a fin de concebir un edificio con similar proceso. Para López (2014), según su estudio titulado “Envolventes arquitectónicas vivas que interactúan con su entorno” estas son principalmente concebidas por la forma biomimética abstraída del mundo natural principalmente de las plantas, además de los materiales, que permiten similitud con las hojas que les permiten permeabilizar una cierta cantidad de la luz hacia el interior y distribuirlo de manera homogénea a su interior, sin exponerlas directamente, y por último la estructura que mantiene las formas y genera espacios intermedios de amortiguamiento climático.



Figura n° 1.9.

*Centro comercial Eastgate Centre en Zimbabwe, concebido a partir de la biomimética del sistema pasivo de refrigeración de los termiteros africanos.*



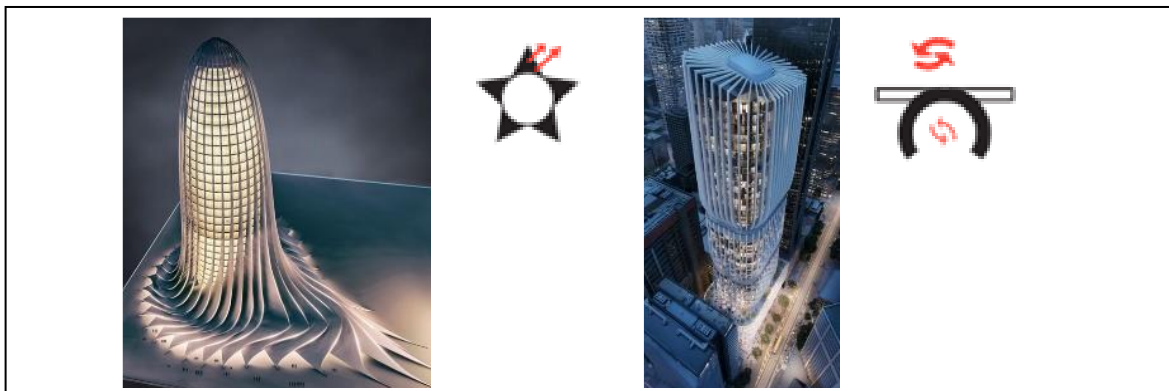
Fuente: Recuperado de <http://blog.is-arquitectura.es/>

Debido a ello, se clasificaron las **formas** en base a estos autores, las principales son *franjas o columnares*, , además las *cóncavas*, que estimulan el reflejo y distribución de luz, bloqueo de captación de calor protegiendo microclimas internos, y finalmente las *convexas* que permiten la concentración de luz o viento y permiten mayor captación térmica, además Gonzales, 2009 comprueba que estas formas aplicadas para la envolvente arquitectónica son un elemento de control térmico, debido al ángulo con que reciben la radiación solar, obtienen diferentes temperaturas. (Ver anexo N° 2, ficha N°5).

**Franjas o columnares** especiales en polarización de la luz y captación intermedia de calor, mediante generación de pliegues, que bloquean el ingreso de luz de forma directa hacia los espacios, y permitiendo que no se produzca efectos de tipo invernadero debido a sus fachadas vidriadas, (ver figura 1.10).

Figura N° 1.10

*Clasificación de las principales formas de la naturaleza a partir de distintos autores.*

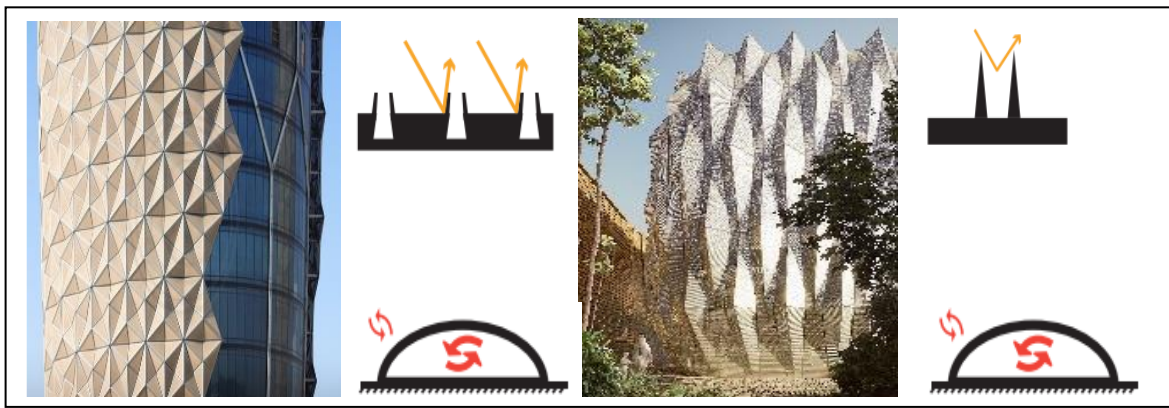


Fuente: Lopez (2014).

Cóncavas, son parte de un sistema inhibidor, es decir su forma permite desactivar las fuerzas que llegan su superficie, Gierer, Meinhart, Segel, Jackson (1972). Además, según López (2016) en las plantas estas formas se presentan como pubescencia foliar, lo cual les permite reflejar la luz, a la vez sedan de manera de paredes extruidas que protegen las estomas y previenen el ingreso directo de luz, en algunas plantas se ve la incorporación de éstas como sistema de protección ante el clima, generando microclimas internos, ya sea para prevenir calentamiento excesivo, o frío excesivo. (ver figura 1.11).

Figura N° 1.11.

*Clasificación de las principales formas de la naturaleza a partir de distintos autores.*

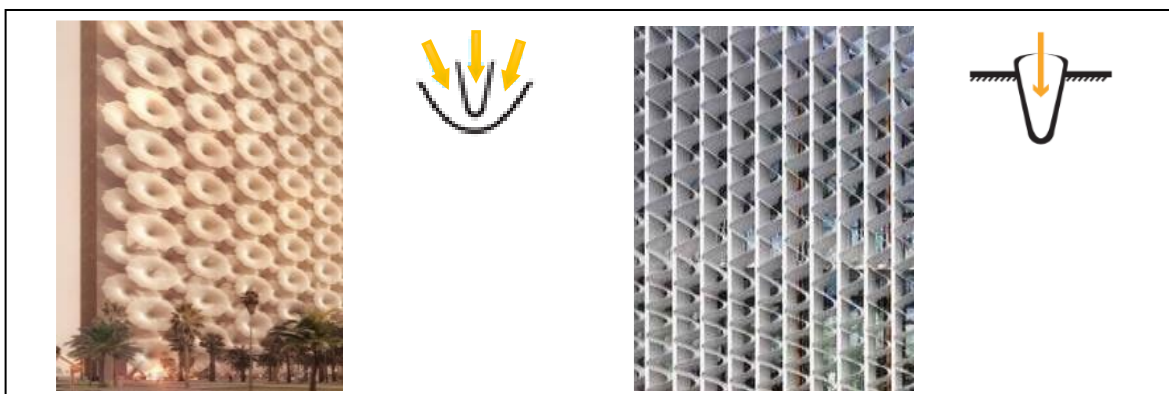


Fuente: Lopez (2014).

Convexas, son formas que implican un sistema activador, mediante la concentración de fuerzas en su centro, ya sea agua, luz o viento, Gierer, Meinhart, Segel, Jackson (1972). López (2016) agrega que las plantas usan este tipo de formas, para concentrar el calor y la luz (ver figura n° 1.12).

Figura N° 1.12.

*Clasificación de las principales formas de la naturaleza a partir de distintos autores.*



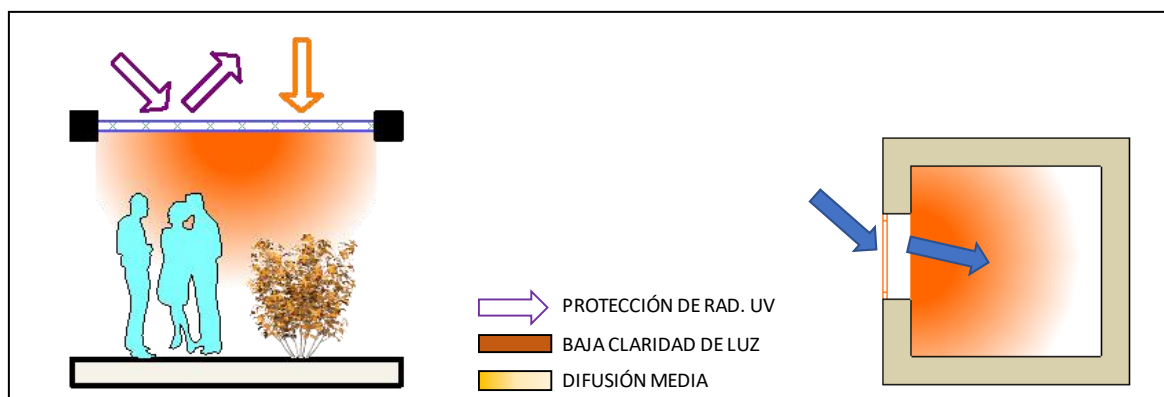
Fuente: Lopez (2014).

Sumándose a éstas y dándole mayor sentido a las fachadas para lograr una eficiencia energética, se sigue el proceso de clasificación de **materiales**, para una comprensión de sus funciones y la influencia que estos tienen sobre el espacio de uso del usuario, además de las funciones implícitas que tienen sobre el paso del espectro solar, diferenciado por *luz ultravioleta*, *luz visible* y *luz infrarroja*. En este caso se estudia los más reconocidos a nivel mundial, de mayor uso en envoltentes de confort lumínico y térmico, además que se encuentran con mayor facilidad en mercados de construcción. Como son los vidrios, films plásticos y policarbonatos clasificados según indicadores:

Vidrio, según Stewart, 2001, es un material que presenta buena transmisión óptica y térmica, además presenta características no combustibles, es resistente a la radiación UV, y a la contaminación manteniendo sus propiedades iniciales a lo largo de su vida, sin embargo, produce una baja transmisión de la claridad de la luz natural, aunque ésta se ve compensada por su alta difusión de la luz hacia dentro del espacio siendo su índice de 1.52, Giraldo & Dubrul (2017) (ver figura nº 1.13).

Figura Nº 1.13.

*Propiedades de los vidrios usados en envoltentes arquitectónicas (Ver extensión en Ficha Documental Nº 2 y 3).*

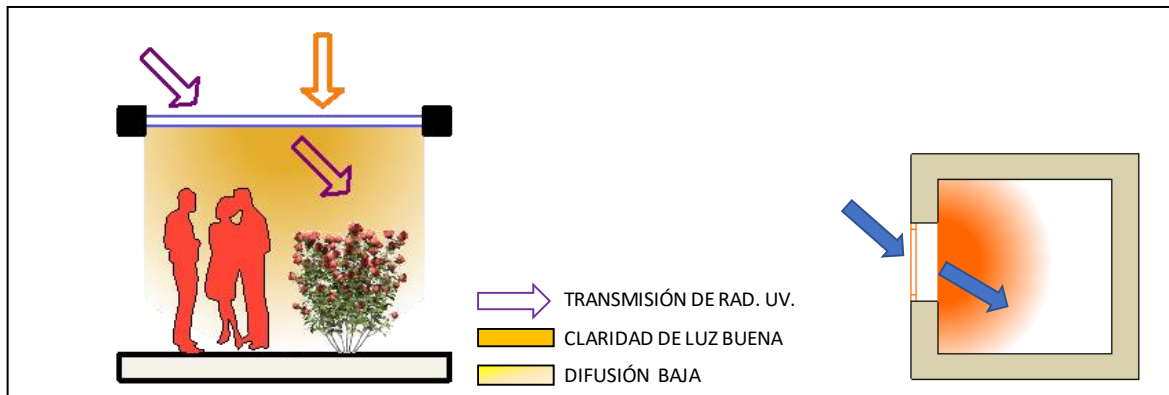


*Fuente: Stewart, 2001. Giraldo & Dubrul, 2017.*

Films plásticos, también llamados polietileno es un material flexible y el más empleado en el mundo, debido a sus buenas propiedades mecánicas y su bajo costo (Eli, 2009), cuenta además con un estiramiento del 500% lo cual le permite ser usado para generar formas mediante su adaptabilidad a distintas estructuras (La historia de un número, 2009), según el centro español de plásticos (2018) su única deficiencia yace en el su bajo índice de refracción lumínica (1.51), lo cual no ayuda en la distribución correcta de luz hacia espacios interiores (ver figura nº. 1.14).

Figura N° 1.14.

*Propiedades de los films plásticos usados en envolventes arquitectónicas (Ver extensión en Ficha Documental N° 2 y 3).*

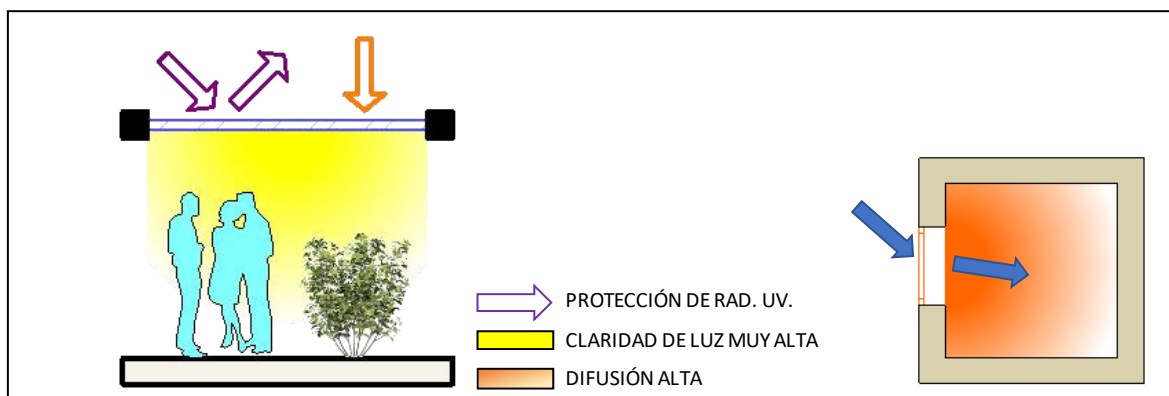


*Fuente: Centro español de plásticos, 2017.*

Policarbonatos, son polímeros termoplásticos que poseen buena resistencia a los impactos, además de ser ligeros y fáciles de transportar. Siendo posible su uso para aplicar curvas de radio suave. Poseen buena protección antes rayos UV, dando la posibilidad de ser el mejor cerramiento para protección de las personas, y a su vez tiene un 90% de transmisión de luz, aunque a veces se puede provocar deslumbramiento, si se usa para espacios de lectura. Meinhardt (2015). Cuenta además con un índice de refracción lumínica de 1.53, por ello éste es el material de mayores cualidades para cerramientos exteriores.

Figura N° 1.15.

*Propiedades de los policarbonatos usados en envolventes arquitectónicas (Ver extensión en Ficha Documental N° 2 y 3).*



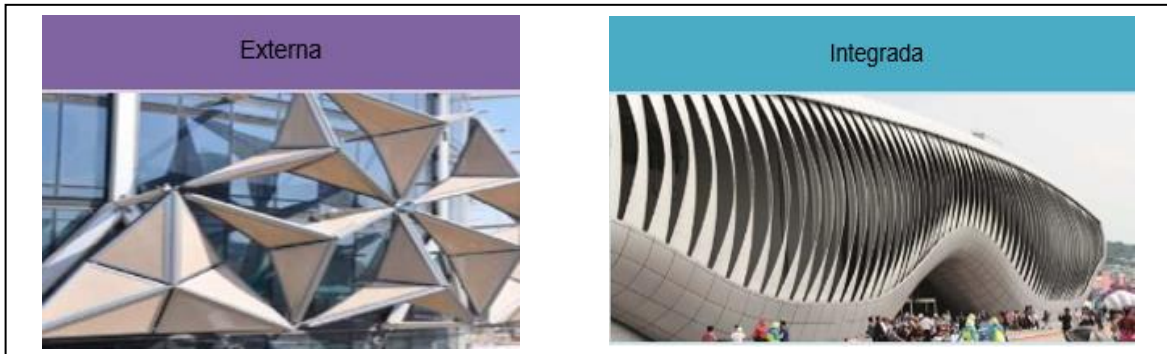
*Fuente: Indicadores ISO.*

Por último, se encuentra también la estructura, ya que ésta brinda el soporte a las envolventes arquitectónicas, y se divide en 2 grupos (ver figura n° 1.16) cuya principal diferencia es la existencia de un espaciamento central o cámara de aire intermedia, muy parecido a lo que se conoce también como doble fachada o muro trombe, ambos tipos de estructura se enfocan en la protección del espacio de los factores ambientales externos, principalmente frío y/o calor, sin descuidar el ingreso de la luz al interior.



Figura N° 1.16.

*Tipos de estructura de las fachadas arquitectónicas biomiméticas. (Ver extensión en ficha documental N° 4, Anexo 2)*

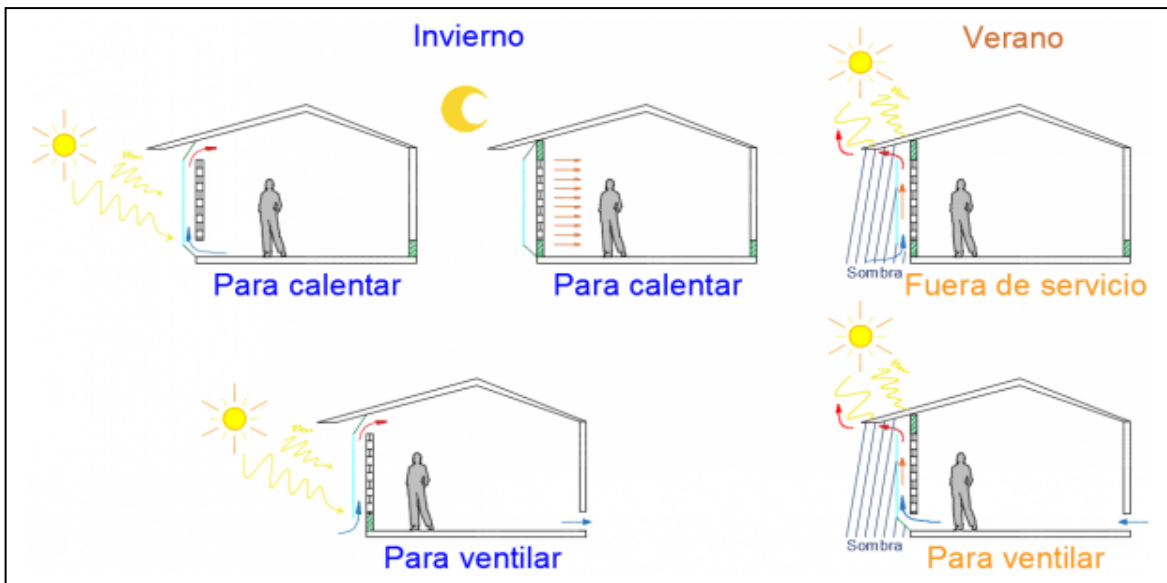


*Fuente: Recuperado de <https://www.archdaily.pe/> (2019).*

Estructura externa, son elementos externos a modo de celosías o fachada externa (en caso de doble fachada) éstas albergan un espacio intermedio de amortiguación térmica, es decir, son adaptables tanto para climas fríos como cálidos, además este espacio de amortiguación le permite utilizar sistemas pasivos para calentar y/o ventilar, durante el día lo cual resulta también en un ahorro energético. Barozzi, Lienhard, Zaneli, Monticelli (2006)

Figura N° 1.17.

*Estrategias de sistemas solares pasivos para el confort térmico mediante estructuras externas.*

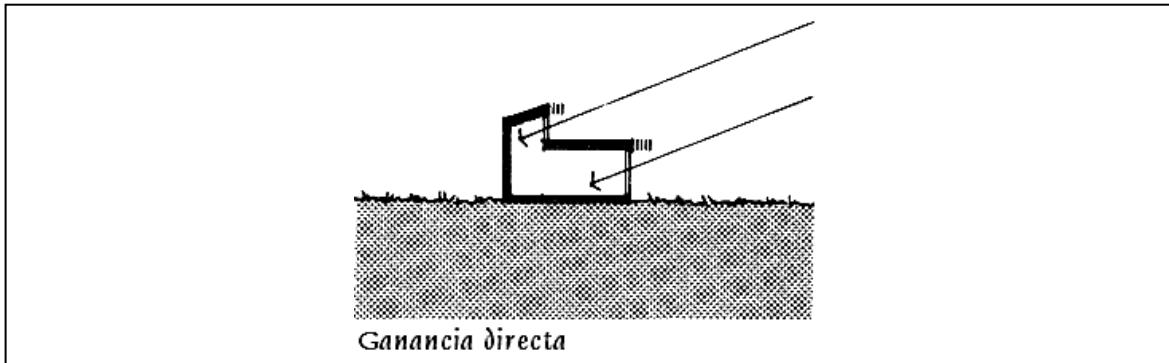


*Fuente: Recuperado de <http://e-zigurat.com/>.*

Estructura integrada, son elementos integrados en la envolvente arquitectónica, mediante los cuales se da un control lumínico solar, aunque recibe directamente la influencia de los factores climáticos, tanto del frío como el calor. Barozzi, Lienhard, Zaneli, Monticelli (2006)

Figura N° 1.18.

*Estrategias de sistemas solares pasivos para el confort térmico mediante estructuras integradas.*



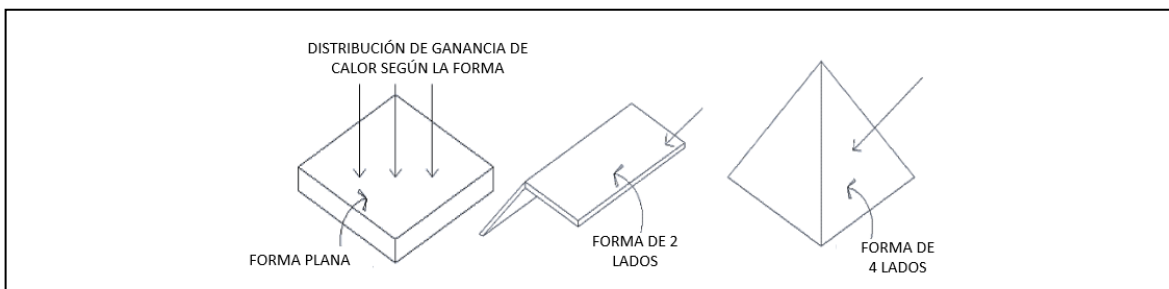
Fuente: Recuperado de <http://e-zigurat.com/>.

Para validar las distintas fachadas biomiméticas que se pueden desarrollar y sus efectos sobre los espacios interiores es necesario comprobar la radiación térmica captada que tienen, además de la distribución lumínica al espacio interior y el lux promedio que proveen, ya que de usarlas se requiere cuantificar y cualificar cuales deberían ser y que tipo es la que se requiere emplear para optimizar los efectos antes nombrados para espacios interiores pedagógicos, por ello se requiere una comprensión de estas sub dimensiones según lo siguiente:

Ganancia térmica por radiación solar, las superficies expuestas a la radiación solar, captan energía térmica, según Gonzales (2009) estas superficies son más efectivas cuando reciben la radiación solar perpendicularmente, por ello cada forma expuesta debería tener más lados, por ello una forma plana, recibe únicamente alta radiación en un momento del día, una de 2 lados, en 2 momentos durante el día, y una forma de 4 lados, en 4 momentos durante el transcurso del día.

Figura N° 1.19.

*Formas planas que reciben radiación solar.*



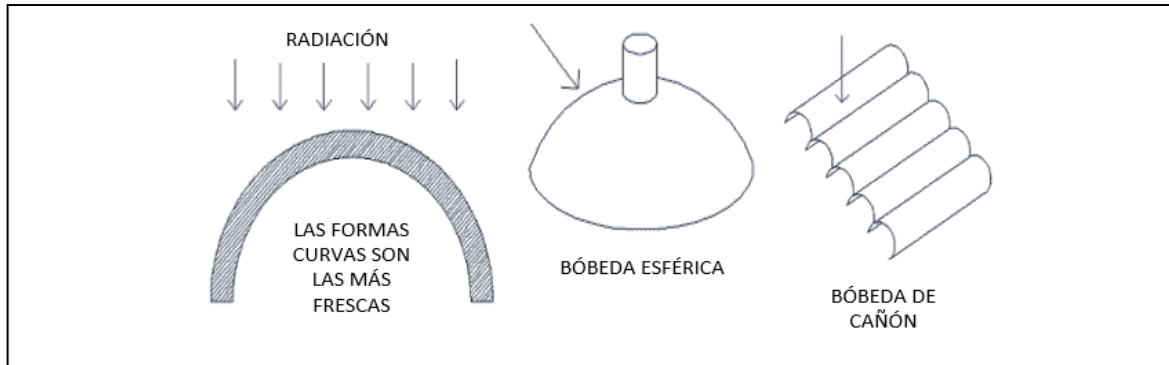
Fuente: Gonzalez (2009).

Por el contrario, las formas curvas son las más frescas (ver figura nº 1.20), es decir su misma forma hace que reciban el sol, con menos incidencia, según Gonzales (2019) cada 10° de inclinación representa entre el 10 a 15% de ganancia térmica. Aunque esta teoría se ve reflejada en resultados que actualmente gracias a la tecnología se miden con software, tales como Solar Energy, uno de

los más usados por la comunidad europea, para medir los la cantidad de ganancia térmica que se gana con los edificios, en  $K^2/m^2$ .

Figura N° 1.20.

*Formas curvas que reciben radiación solar.*

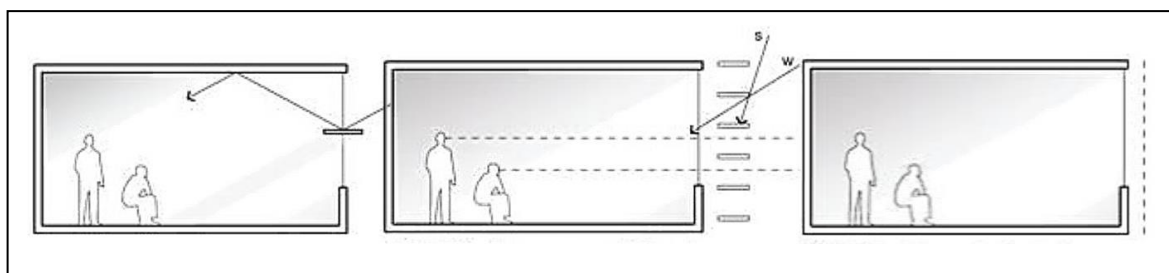


*Fuente: Gonzalez (2009).*

Distribución Lumínica, la distribución lumínica dentro de las aulas es indispensable, para evitar la concentración de luz de manera desigual, lo cual provocaría deslumbramiento en un lado, mientras en el otro lado se tiene iluminación insuficiente para el desarrollo de las actividades pedagógicas como leer, ver hacia la pizarra, entre otras, ICARO, 2018 señala modelos de iluminación (ver figura n° 1.21) que se deben considerar a partir de elementos en las fachadas, que ayuden a reflejar la luz externa, hacia todas las superficies interiores del espacio, con el fin de lograr un distribución lumínica más efectiva.

Figura N° 1.21.

*Distribución lumínica en espacios pedagógicos, mediante elementos en fachada.*



*Fuente: Manual de diseño ICARO, 2018.*

Lux Promedio, el lux promedio comprende los niveles óptimos de luz natural que se necesitan para el desarrollo adecuado de las actividades pedagógicas tomando en cuenta, principalmente las el tipo de actividad en cada espacio, por ello es necesaria la comprensión a partir del reglamento nacional de edificaciones.

Figura N° 1.20.

*Niveles de lux.*



*Fuente: Elaboración propia a partir de RNE, 2018.*

Esta investigación servirá para futuras investigaciones cuyo objetivo sea innovar en fachadas adaptativas que aporten alguna característica de confort térmico y/o lumínico, a partir de energías naturales como el sol, lo cual servirá en gran manera a reducir el consumo energético en edificaciones, y por ende un menor calentamiento global, además de aportar soluciones innovadoras para las zonas frías de nuestro país, en cuyo caso las zonas rurales son las que mayor se ven afectadas por el abandono de las autoridades teniendo en cuenta que el uso de estas técnicas reduce el 60% de gasto de energías frente al de la energía eléctrica (Zapata, 2018), aportando así a reducir los gastos de mantenimiento de estos equipamientos y la energía necesaria para su funcionamiento. Lograr que una fachada sea el intermediario con el exterior, pero que además responda a los cambios climáticos del entorno adaptándose, sería el objetivo a largo plazo al que esta investigación se dedica.



## 1.2 Formulación del problema

### 1.2.1 Problema General

¿Cuáles son los criterios de las fachadas arquitectónicas biomiméticas que optimizan la ganancia térmica y confort lumínico en espacios pedagógicos para el diseño de un CETPRO agrícola para Chuquibamba, 2018?

### 1.2.2 Problemas específicos

**PE1:** ¿Cuáles son los criterios arquitectónicos de las fachadas arquitectónicas biomiméticas?

**PE2:** ¿Cuál es la ganancia térmica y confort lumínico en espacios pedagógicos de clima interandino bajo para Chuquibamba, 2018?

**PE3:** ¿Cuál es la influencia que tienen los criterios de fachadas arquitectónicas biomiméticas en la ganancia térmica y confort lumínico en espacios pedagógicos?

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo general

Determinar los criterios de las fachadas arquitectónicas biomiméticas que optimizan la ganancia térmica y confort lumínico en espacios pedagógicos para el diseño de un CETPRO agrícola para Chuquibamba, 2018.

### 1.3.2 Objetivos específicos

**OE1:** Identificar cuáles son los criterios de las fachadas arquitectónicas biomiméticas.

**OE2:** Determinar la ganancia térmica y confort lumínico en espacios pedagógicos de clima interandino bajo para Chuquibamba, 2018.

**OE3:** Comprender la influencia que tienen los criterios de fachadas arquitectónicas biomiméticas en la ganancia térmica y confort lumínico en espacios pedagógicos.

## **1.4 Hipótesis**

### **1.4.1 Hipótesis general**

Los criterios de las fachadas arquitectónicas biomiméticas optimizan la ganancia térmica y confort lumínico en espacios pedagógicos para el diseño de un CETPRO Agrícola para Chuquibamba, 2018.

### **1.4.2 Hipótesis específicas**

**HE1:** Los criterios de las fachadas arquitectónicas biomiméticas son forma biomimética, material y estructura.

**HE2:** La ganancia térmica y confort lumínico en espacios pedagógicos de clima interandino bajo para Chuquibamba, 2018 es deficiente.

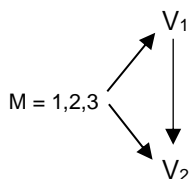
**HE3:** La influencia que tienen los criterios de fachadas arquitectónicas biomiméticas en la ganancia térmica y confort lumínico en espacios pedagógicos es óptima.

## CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA

### 2.1.1 Tipo de investigación

Es un diseño No Experimental transversal: causal explicativa ya que lo que se quiere lograr es causas y efectos; es decir aplicar las características biomiméticas encontradas en fachadas para el diseño de un CETPRO en base a las características climáticas de Chuquibamba y sus cambios a lo largo del día, ya que lo que se busca describir es la relación causal entre ambas variables y así también las relaciones casuales entre los indicadores; para ello es necesario analizar las características biomiméticas cuenta las fachadas que presenten características vernáculas y lograr que composición de la forma brinde confort mediante los aspectos formales de la arquitectura vernácula y así lograr fachadas que respondan frente a las condiciones climáticas del entorno, que contendrán en su interior objetos arqueológicos y en su interior se tiene que ver la aplicación de estos aspectos formales.

Teniendo de la siguiente manera:



Donde:

**M:** Casos:

- 1: Análisis de caso 1 – Media Towers.
- 2: Análisis de caso 2 – Al Bahar Towers.
- 3: Análisis de caso 3 – Centro de investigación biomédico.

**V<sub>1</sub>:** Observación Variable 1 (Criterios de las fachadas arquitectónicas biomiméticas).

**V<sub>2</sub>:** Observación de variable 2: Ganancia térmica y confort lumínico.

### 2.1.2 Presentación de Casos/Muestra

En la presente investigación se realizó el análisis de casos de proyectos que presentan fachadas biomiméticas, las cuales presentan ganancia térmica y confort lumínico al interior, mediante generación de microclimas de enfriamiento o calentamiento, ya que las fachadas se adaptan a sus climas. Esta adaptabilidad, es conveniente ya que Chuquibamba requiere una ganancia térmica elevada durante las mañanas y enfriamiento por las tardes, sin dejar de lado la distribución igual de luz al interior del espacio.

Tabla n° 2.1.

Caso 1 – Media Towers

CASO 1	
	Datos
<p>Figura n° 2.1. <i>Media Towers</i></p>  <p>Fuente: <a href="http://www.arquitectura.com">www.arquitectura.com</a>.</p>	<p><b>Nombre:</b> Media Towers</p> <p><b>Arquitectos:</b> Rex – UNStudio</p> <p><b>Ubicación:</b> Arabia Saudita</p> <p><b>Área de terreno:</b> 240 000 m<sup>2</sup> cuenta con oficinas, estudios, áreas comunales y anfiteatro, auditorios y gañerías.</p>

Según los autores (REX, 2014), su concepto se basa en aprovechar la luz natural al máximo, ya que se busca generar permeabilidad visual mediante fachadas acristaladas, pero a su vez se protege con parasoles que incluyen sistemas cinéticos, tales que éstos responden abriéndose rápidamente en los horarios de mayor exposición al sol. Estas parasoles están compuestos de films plásticos que proveen de texturas que reducen la claridad del sol a un 45%, y captan la radiación, impidiendo que ésta incida directamente calentando las fachadas acristaladas.

Figura n° 2.2. Fachada de Media Towers

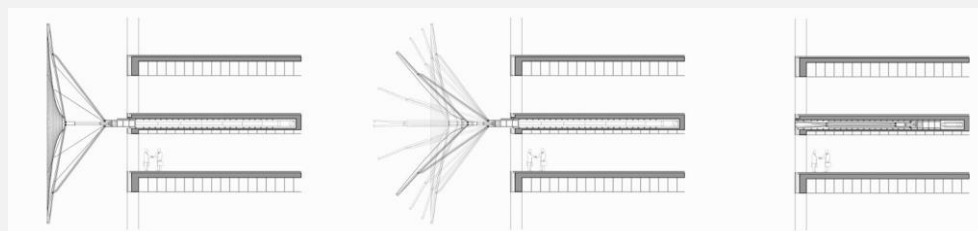
Descripción



Fuente: Recuperado de <https://rex-ny.com/>.

Los parasoles están inspirados en los antiguos mashrabiya, ventanas clásicas de las residencias islámicas que cuentan con celosías de madera con motivos de flores, en base a esta idea, se inspiraron en flores de forma convexa, que presentan movimientos foto násticos, se abren durante la fuerte cantidad lumínica, y se cierran conforme va reduciendo la cantidad lumínica solar (ver figura nº2.4), para finalmente, cerrarse y permitir las visuales claras durante la noche.

Figura nº 2.3. Sistema Foto Nástico de los parasoles en Media Towers



Fuente: Recuperado de <https://rex-ny.com/>.

Fuente: *Elaboración propia en base a REX, 2014.*

Tabla nº 2.2.

Caso 2 – Al Bahar Towers

CASO 2	
Figura nº 2.4. Al Bahar Towers	Datos
	<p><b>Nombre:</b> Al Bahar Towers</p> <p><b>Arquitecto:</b> Aedas Architects</p> <p><b>Ubicación:</b> Abu Dhabi</p> <p><b>Área de terreno:</b> 150 m2 cada modulo</p>

Fuente: Recuperado de [www.archdaily.pe](http://www.archdaily.pe).

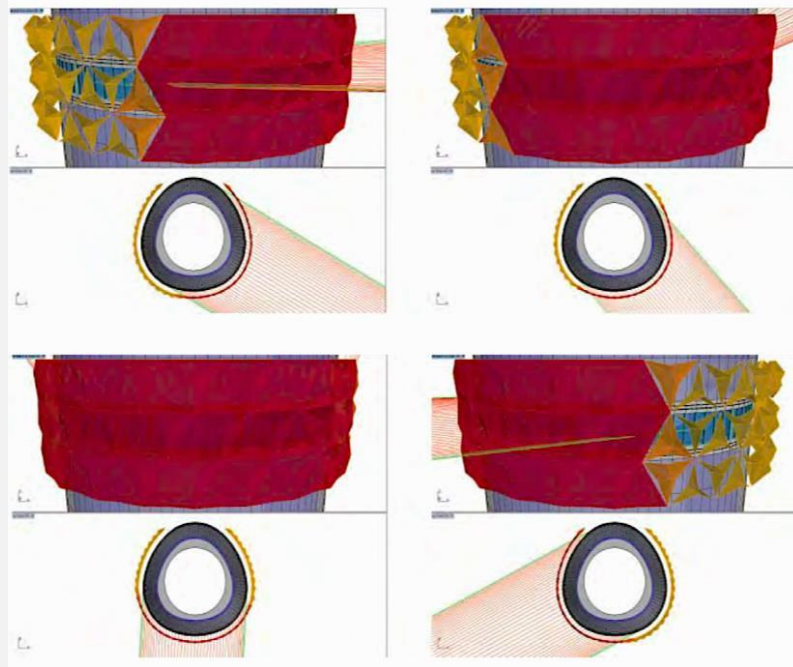
Descripción

Al Bahar Towers es un proyecto que se basa especialmente en la creación de una fachada que le permita adaptarse a las cambiantes necesidades del clima, ya que el clima promedio de la zona es 37°C, además de vientos altamente arenosos, su fachada consiste en un sistema de parasoles inspirados en la flor de mangle, que le permite generar un microclima entre la fachada externa y la interna, que durante las horas de mayor calor y de incidencia solar, se cierran, permitiendo un



enfriamiento pasivo de la fachada, la cual únicamente no cuenta con esta fachada biomimética, en su lado norte (ver imagen n°2.5).

Figura n° 2.5. Fachada biomimética de Al Bahar Towers.



Fuente: Recuperado de [www.archdaily.pe](http://www.archdaily.pe)

Fuente: Elaboración propia en base a [archdaily.pe](http://archdaily.pe).

Tabla n° 2.3.

Caso 3 – CIB – Investigación Biomédica

### CASO 3

Figura n° 2.6. Centro de Investigación Biomédica



Fuente: [www.archdaily.pe](http://www.archdaily.pe).

#### Datos

**Nombre:**  
 Centro de Investigación Biomédica  
**Arquitecto:**  
 Vaíllo & Irigaray, Galar  
**Ubicación:**  
 Pamplona, Navarra, España  
**Área de terreno:**  
 12150.0 m<sup>2</sup>

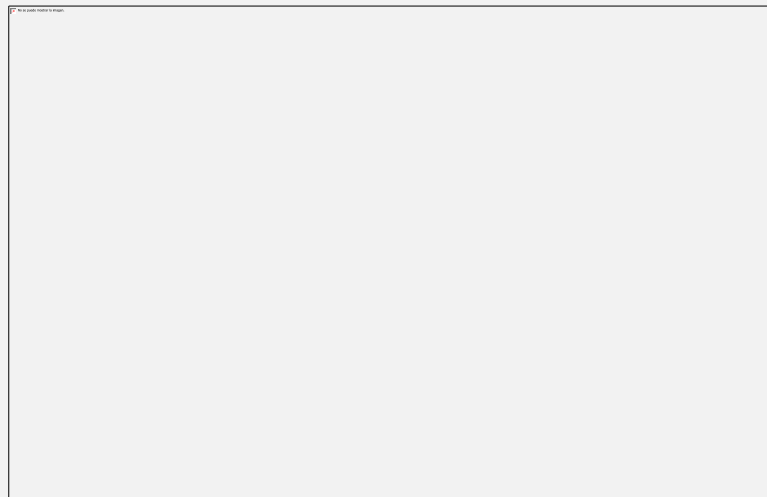
Descripción

Este centro de investigación, cuenta en su primera planta con espacios de uso colectivo, salón de actos y biblioteca, y en su segundo nivel cuenta con laboratorios, salones de investigación y un eje de espacios servidores que los conecta.

Su concepto se basa en la flexibilidad, plurinacionalidad formal y modulación de espacios, además de esto, cuenta con una fachada biomimética, usando los biotipos según el autor de estas fachadas (Lázaro, 2009) se basan en la adaptación de las jorobas del camello frente a las condiciones climáticas como espacio de almacenamiento de reservas, agua, grasa, etc. También se basa en la protección de la gruesa piel del oso, recubierta de pelos transparentes con pequeños huecos que impiden el escape del aire caliente.

Para la selección del material, se optó por la imitación del material de las hojas, que permiten el paso de la luz, como tales los policarbonatos para proteger del sol y permitir la visión.

Figura n° 2.7. *Fachada biomimética del Centro de Investigación Biomédica.*



Fuente: *Recuperado de [www.archdaily.pe](http://www.archdaily.pe)*

Fuente: Elaboración propia en base a [archdaily.pe](http://www.archdaily.pe).

### **2.1.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

Para la elaboración de la investigación se utilizó la técnica de recolección de información para juntar las bases teóricas que sirven para reforzar esta tesis, además del análisis de 3 casos alrededor del mundo que aplican este tipo de fachadas, por lo cual era necesaria primero la clasificación de los criterios que siguen estas fachadas, para su posterior análisis. Además, era necesaria también la comprensión de los indicadores para definir un confort lumínico y la ganancia térmica que se requiere en ambientes pedagógicos.

#### **a. Fichas documentales criterios arquitectónicos de las fachadas biomiméticas**

Identificación de los criterios arquitectónicos que se aplican en las fachadas biomiméticas, a partir de López (2014) y Mazzoleni (2017) expertas en biomimética que clasifican en los siguientes criterios:

##### **a.1. Forma biomimética**

Se identificará las formas empleadas en las fachadas, y su relación de efectos positivos y negativos, frente a las condiciones climáticas, además de su comportamiento frente a la radiación solar.

##### **a.2. Materiales**

Se identificará los materiales usados en la construcción de estas fachadas, además de sus características frente a los tipos de radiación solar y la luz, su disposición y efectos para con ésta dentro de los espacios.

##### **a.3. Estructura**

Se identificará los modelos estructurales empleados en este tipo de fachadas, a fin de comprender como optimizan la amortiguación climática y sus efectos sobre la iluminación interna de los espacios.

#### **b. Ficha documental factores de ganancia térmica por radiación solar**

Identificación de los factores que optimizan la ganancia térmica por radiación solar, a partir de Salomón (1982), en base a sus teorías de optimización de formas para ganancia de radiación, lo cual se ve reforzado y comprobado por Gonzalez (2009). Además se utilizó el software Solar Energy Analysis, que ayudan en la medición, a fin de hacer más válido el estudio de los casos.



### **c. Fichas documentales factores del confort lumínico en espacios pedagógicos**

Identificación de los factores que optimizan el confort lumínico mediante el manual ICARO (2018) y RNE (2018) debido a que el confort lumínico está normado, y se requiere cumplir ciertos estándares, que varían ligeramente entre los reglamentos usados en distintos países, en este caso, España y Perú, además de tomar algunas referencias de la NOAO (2017), para una mejor comprensión de la luz natural.

#### **c.1. Distribución Lumínica**

Se aplican los diseños a partir del manual de iluminación ICARO (2018), usado en España, éste explica como debe ser la iluminación en espacios pedagógicos, además de las formas de fachadas que optimizan el ingreso de la luz distribuyéndola al espacio.

#### **c.2. Lux Promedio**

Se estudian los lux promedio a partir de los niveles que establece RNE (2018), con el fin de comprender los luxes presentes en el espacio para lograr una iluminación suficiente y adecuada para el desarrollo de cada actividad, es decir aulas, laboratorios, talleres y auditorios, este estudio se comprueba también con un rasterizado de imágenes mediante complemento de Grasshopper, como HoneyBee y LadyBug.

### **d. Fichas de análisis de casos**

En los análisis de casos se referenciará como se han aplicado las teorías, y posteriormente obtener una valoración en base a los indicadores, los que se quiere optimizar. Estos casos de fachadas biomiméticas cuentan con distintas características, y en base a la valorización antes nombrada, se obtendrá un caso de referencia cuyas similitudes sean óptimas con lo que se quiere lograr en Chuquibamba (ver anexo nº 4).

## CAPÍTULO 3 RESULTADOS

Los criterios de las fachadas arquitectónicas biomiméticas obtenidos de las bases teóricas comprendidas por las fichas documentales, y análisis de casos, se resolvió las alternativas de aplicación en el CETPRO agrícola para Chuquibamba con el fin de optimizar la ganancia térmica y el confort lumínico en los espacios pedagógicos.

### 3.1 Estudio de Casos / muestra

#### 3.1.1 Resultados de Análisis de casos

Tabla N° 3.1.

Resultados de análisis de casos – Ganancia térmica y Confort lumínico.


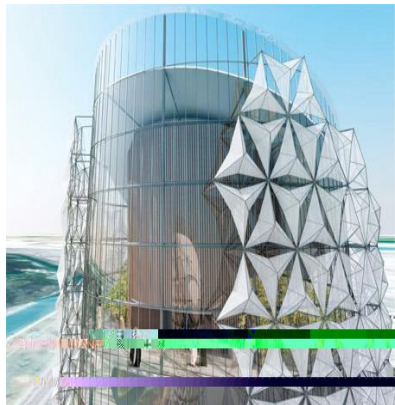
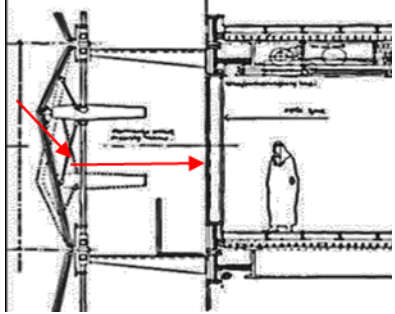
ANÁLISIS DE CASOS VARIABLE 2					CASOS				
Variable	Dimensión	Sub-dimensión	Indicador	Val.	Ponderación	C1	C2	C3	
Ganancia térmica y confort lumínico	Ganancia Térmica	Ganancia Térmica por radiación solar	Radiación Térmica Captada (W/M <sup>2</sup> )	4	2311 a 2600 Kw/m2				
				3	1733 a 2022 Kw/m2		3		
				2	288 a 577 Kw/m2			2	
				1	1156 a 1444 Kw/m2	1			
				0	0 Kw/m2				
	Factores de Confort Lumínico	Distribución Lumínica	Distribución adecuada en Aulas, Talleres y auditorios.	3	Cuenta con iluminación de manera indirecta, mediante reflejo hacia el área de trabajo de los estudiantes.	3	3		
				2	Cuenta con laboratorios y talleres con iluminación directa, permitiendo la verificación de calidad de los productos o el material de análisis.				
				1	El auditorio cuenta con iluminación reflejada hacia el interior, además de tener vistas difusas hacia y desde el exterior.			1	
		Lux Promedio	Distribución adecuada en Aulas, Talleres y auditorios.	3	Cuenta con espacios de trabajo de oficina o aulas con 350 lux promedio. Laboratorios con 500 lux promedio. Auditorios con 200 lux promedio.		3		
				2	Cuenta con espacios de trabajo de oficina o aulas con lux promedio malo o regular. Laboratorios con lux promedio malo o regular. Auditorios con lux promedio malo o regular.	2		2	
				1	Cuenta con espacios de trabajo de oficina o aulas con lux promedio deficiente. Laboratorios con lux promedio deficiente. Auditorios con lux promedio deficiente.				
	<b>RESULTADOS:</b> Puntaje según la ganancia térmica y factores de confort lumínico, siendo el caso 2 el que tiene más puntaje en cuanto al cumplimiento con valoración de los indicadores.						6	9	5
	<b>Caso 2</b>								
<p><b>CONCLUSIÓN:</b> El caso número 2, permite desarrollar las fachadas arquitectónicas biomiméticas con un amplio efecto sobre la variable dependiente, sin involucrar sistemas constructivos complejos, es decir, se pueden realizar de manera constructiva tradicional, además de los materiales que son accesibles en todos los mercados locales y nacionales.</p>									

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

### 3.2 Lineamientos del diseño

Tabla N° 3.2.

Cuadro resumen de lineamientos de diseño

Sub Dimensión	Indicador	Lineamiento de diseño	Gráfica
Criterios de las Fachadas arquitectónicas Biomiméticas	Forma biomimética	Fachadas: Las formas biomiméticas a usar en las fachadas del proyecto serán cóncavas para permitir mayor ganancia por radiación.	<p>Figura n° 3.1. Formas biomiméticas cóncavas</p>  <p>Fuente: Recuperado de <a href="http://www.archdaily.mx/">www.archdaily.mx/</a></p>
	Material	Fachadas: Los materiales a usar serán de policarbonato, con bordes de aluminio, para permitir el ensamblado de los paneles.	<p>Figura n° 3.2. Paneles de Policarbonato</p>  <p>Fuente: Recuperado de <a href="http://www.archdaily.mx/">www.archdaily.mx/</a></p>
	Estructura	Fachadas: La estructura será externa de doble fachada, permitiendo así la generación de cámara de aire y doble fachada, una externa que capta la radiación térmica, y refleja al interior la luz en distintas direcciones, y la interna que es la protección del clima, de fachada de muro cortina.	<p>Figura n° 3.3. Corte de doble fachada</p>  <p>Fuente: Recuperado de <a href="http://www.archdaily.mx/">www.archdaily.mx/</a></p>

Fuente: Elaboración propia

### 3.3 Dimensionamiento y envergadura

Para el dimensionamiento del proyecto es necesario conocer la demanda, y principalmente la demanda efectiva a fin de lograr dimensionar el proyecto acorde a la población a la cual este equipamiento será útil.

#### Análisis de oferta y demanda

La demanda, se conforma por el futuro distrito de Chuquibamba en la provincia de Cajabamba, Según proyecto de ley 2201/2017-CR, suscrito por el congresista SEGUNDO TAPIA BERNAL. Cuya capital será Chuquibamba y dentro del cual se encuentran los 3 caseríos de mayor población, aledaños y dentro del área de influencia a 20 min.

Tabla n° 3.3.

*Población de Chuquibamba.*

Establecimiento	Población
Población Araqueda	3973
Población Algamarca	4872
Población Chuquibamba	3261
TOTAL	12106

Fuente: *MINSA, 2017*

Además, se incluye los alumnos que terminan en las I.E. de los mismos centros poblados de nivel secundaria en cuyo caso requerirán un centro de estudios superiores:

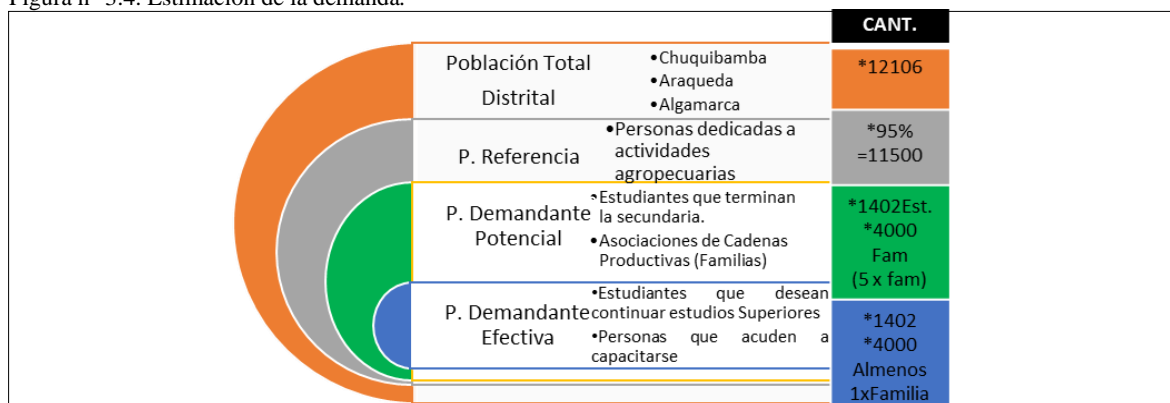
Tabla n° 3.4.

*Población Estudiantil de Chuquibamba*

Institución Educativa	Cantidad de Estudiantes
Chuquibamba-Pecuario	584
Araqueda-Cesar Vallejo	432
Algamarca-Luis José de Orbegoso	386
TOTAL	1402

Fuente: *Información Recogida en Campo, 2017*

Figura n° 3.4. Estimación de la demanda.



Fuente: *Elaboración propia, en base a información recogida en campo, 2017.*

### Proyección de la Población Demandante a 10 Años:

Fórmula para proyectar la población:

$$P_n = P_o * (1 + TCP / 100)^n$$

Datos: Población 2018: 12106 habitantes

TCP = 0.8% INEI-2015

Población 2028: ?

$$P_{2028} = 1402 * (1 + 0,8 / 100)^{10} = 186.2 \text{ habitantes}$$

$$P_{2028} = 12\,293$$

Tomando en cuenta que en Chuquibamba no existe ningún centro de capacitación ni educación superior, y aquellos jóvenes que viajan a otras ciudades con el fin de estudiar, la gran mayoría retornan por cuestiones económicas (Información Recogida en Campo).

- **Principales razones de abandono de estudios:**

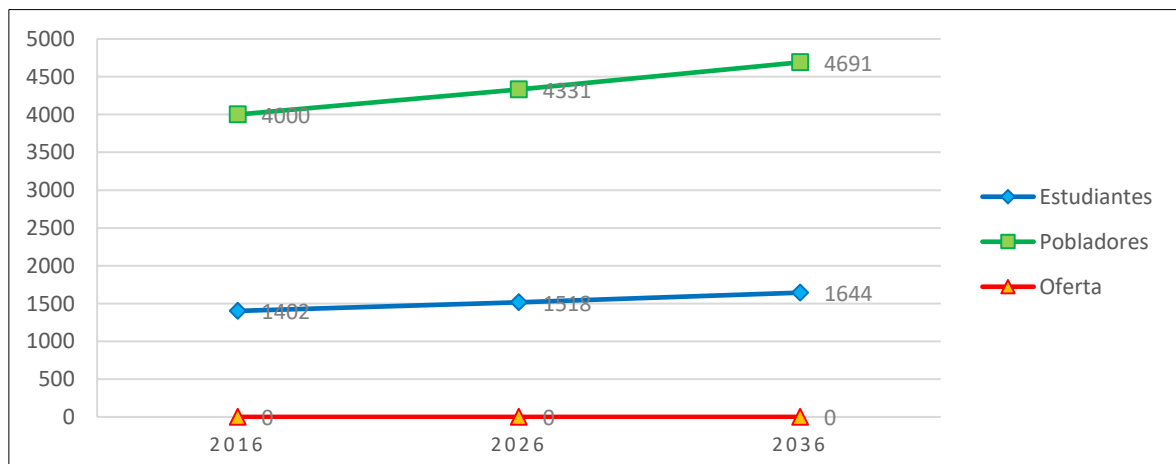
- Razones económicas: Alquiler de habitación, comida.
- Razones familiares: Se ha encontrado que, en los centros poblados rurales de la zona como Chuquibamba, los jóvenes se casan o conviven a partir de los 15 años.
- Razones Personales: Los jóvenes no quieren estudiar carreras universitarias, porque el tiempo de duración, implica un gran costo para sus familias.

Fuente: Municipalidad del Centro Poblado de Chuquibamba.

### Brecha:

En Chuquibamba existe una brecha del 100%, debido a que no existe oferta.

Figura n° 3.5. Diagrama de la brecha en Chuquibamba.



Fuente: *Elaboración propia, en base a información recogida en campo, 2017.*

### 3.4 Programa arquitectónico

El programa arquitectónico, ha sido desarrollado en base a las necesidades encontradas en proyectos de similares usos, además de los espacios solicitados en el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica de Infraestructura para locales de Educación Superior, Normativa de estándares de equipamiento de la Dirección General de Educación Técnico Productiva y Superior Tecnológica y Artística, Sector de Industrias manufactureras, Familia Productiva de Industrias Alimentarias, bebidas y Tabaco.

A continuación, clasifican los requerimientos para el funcionamiento del proyecto arquitectónico. (Ver anexo N° 6).

Tabla n°. 3.5.

*Cuadro normativo para la programación arquitectónica*

Capítulo	Artículo
Norma A.0.40.	
<b>CAP II. condiciones de habitualidad y funcionalidad</b>	Art. 9
Norma A.0.70.	
<b>CAP IV. Dotación de servicios</b>	Art. 21 Art. 22
Norma A.080 oficinas	
<b>CAP.III características de los componentes</b>	Art. 10 Art. 12 Art. 15 y Art. 19
Norma A.90. Servicios comunales	
<b>CAP II. condiciones de habitualidad y funcionalidad</b>	Art. 11 Art. 12 Art 14 Art. 15 Art 16 y Art 17
Norma A.100	
<b>CAP.I Aspectos generales</b>	Art. 7
Norma A.130	
<b>CAP.II ejecución de obras en ambientes monumentales</b>	Art. 14

Fuente: *Elaboración propia en base al reglamento nacional de edificaciones.*

### 3.5 Determinación del terreno

El terreno propuesto se ha seleccionado sobre otros dos, debido a sus cualidades, la Municipalidad Distrital del Centro Poblado de Chuquibamba ya cuenta con estos tres terrenos que cumplen esporádicamente diferentes funciones, sin embargo ninguno tiene un uso destinado, con lo cual, éste se ha recomendado debido a sus altas cualidades de comparativa y beneficios en

cuanto a criterios de emplazamiento para determinar el correcto uso de este terreno con el equipamiento propuesto que es CETPRO Agrícola en base a criterios reglamentarios del Perú, RNE, SISNE y MINEDU, a fin de comprobar si cumple los requerimientos establecidos.

Tabla n°. 3.6.

Cuadro normativo para equipamientos educativos.

NIVELES JERARQUICOS	EQUIPAMIENTO DE EDUCACIÓN / NIVELES EDUCATIVOS									
	INICIAL	PRIMA RIA	SECU NDARI A	TÉCNIC O PRODU CTIVA	SUPERIOR NO UNIVERSITARIA			BAS. ESPE CIAL	BAS. ALTER NATIV.	SUP. UNIVE RSITA
TECN.					PEDA.	ARTÍS.				
ÁREAS METROPOLITANAS/ METRÓPOLI REGIONAL (500,001 – 999,999 HAB.)										
CIUDAD MAYOR PRINCIPAL (250,001 – 500,000 HAB.)	INICIAL	PRIMA RIA	SECU NDARI A	TÉCNIC O PRODU CTIVA	TECN.	PEDA.	ARTÍS.	BAS. ESPE CIAL	BAS. ALTER NATIV.	SUP. UNIVE RSITA
CIUDAD MAYOR (100,001 – 250,000HAB.)	INICIAL	PRIMA RIA	SECU NDARI A	TÉCNIC O PRODU CTIVA	TECN.	PEDA.		BAS. ESPE CIAL	BAS. ALTER NATIV.	
CIUDAD INTERMEDIA PRINCIPAL (50,001 – 100,000HAB.)	INICIAL	PRIMA RIA	SECU NDARI A	TÉCNIC O PRODU CTIVA	TECN.	PEDA.		BAS. ESPE CIAL	BAS. ALTER NATIV.	
CIUDAD INTERMEDIA (20,000 – 50,000 HAB.)	INICIAL	PRIMA RIA	SECU NDARI A	TÉCNIC O PRODU CTIVA	TECN.	PEDA.		BAS. ESPE CIAL		
<b>CIUDAD MENOR PRINCIPAL (10,000 – 20,000 HAB.)</b>	INICIAL	PRIMA RIA	SECU NDARI A	<b>TÉCNIC O PRODU CTIVA</b>						
CIUDAD MENOR (5,000 – 9,999 HAB.)	INICIAL	PRIMA RIA	SECU NDARI A							

Fuente: SISNE, Sistema normativo de equipamiento urbano.

Estos estándares propuestos, son de manera referidos, ya que el mismo MINEDU, reconoce que los CETPROS no cuentan aún con estándares definidos, por su variabilidad en cuanto a las necesidades de cada ciudad. Por ello, se sigue las referencias básicas de SINSE (ver tabla n° 3.7).

Tabla n°. 3.7.

Cuadro normativo para Equipamiento educativos.

EDUCACIÓN TÉCNICO PRODUCTIVA				
Tipo	Área	Terreno	Radio de Influencia a pie	Ancho mínimo del terreno.
Ciclo Básico: Trabajos de poca Complejidad.	1.2 m2 (Aula común)			
Ciclo medio: trabajos de actividad especializada.	3m2 Talleres/Alumno	2 500 a 10 000 m2	90 min de transporte	Fachada de 60m (Mínimo)
Ciclo Superior: Mixta				




Fuente: SISNE, Sistema normativo de equipamiento urbano.



Además se le agrega criterios recomendados por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (2016), que recomienda tener en cuenta un número de 17m<sup>2</sup> por alumno para actividades de práctica en campos, sin considerar los talleres, sin embargo una de sus recomendaciones más importantes es la de tener cerca del terreno agua de riego, para no usar agua potable que es indispensable para el ser humano, mas no es recomendable para actividades agrícolas debido al costo que esto supone y además que ésta agua pierde sales minerales, y otros nutrientes durante el proceso de potabilización. A esto se le suma la capacidad de carga, que es necesaria de vías que conecten rápidamente con vías principales de transporte para poder distribuir los productos a otras ciudades, etc.

Tabla n°. 3.8.

*Elementos de incumplimiento de selección del terreno.*

Requerimientos	Cumplimiento de Requerimientos		
	Terreno 1	Terreno 2	Terreno 3
Ubicación Fuera de Zona de Riesgos:			
	Afectación por Río	Zona Protegida	Zona Protegida
Fachada Mínima Según SISNE (60m)	No	Sí 67m	Sí Cuatro frentes de más de 60m
Requerimiento de agua de riego:	Puede canalizar el agua del río.	No	Cuenta con un canal de riego colindante.
Requerimiento de Capacidad de Carga (facilidad de transporte)	Conectada por vía colectora Capacidad de Carga Baja	Conectada por vía colectora Capacidad de Carga Baja	Colinda con una avenida principal que cruza la ciudad de norte a sur y le brinda capacidad de carga alta.

Fuente: *Elaboración propia.*

Después de la selección del terreno, se planteó el uso de distintas normativas para la verificación del cumplimiento de los estándares requeridos por otras normativas.



Tabla n°. 3.9.

Tabla de valorización del terreno a partir de requerimientos de MINEDU.

Cuadro de condiciones del Terreno	Factibilidad		
	VALORACIÓN		
	1	<	5
El radio de influencia adecuado para cubrir la demanda existente.	5		
Compatible con áreas residenciales, comerciales, religiosas, educativas y administración pública.	5		
Alejado de focos de contaminación industrial, sonora, visual, malos olores y cementerios.	5		
El área del terreno debe tener espacio para zonas de seguridad y mitigación de desastres.	5		
Topografías con pendientes menores a 5%	5		
Valorizar vegetación existente para la integración al diseño.	5		
Espacio suficiente para vegetación existente, con el fin ventilar en caso del uso de fertilizantes y otros.	5		
Área suficiente para abastecer a la población y para futuras ampliaciones.	5		

Fuente: *Elaboración propia en base al Reglamento de Educación Técnico Productiva.*

Tabla N° 3.10.

Cuadro de valoración de terreno según RNE.

Cuadro de condiciones del Terreno	Factibilidad		
	VALORACIÓN		
	1	<	5
Acceso Mediante vías que permitan el ingreso de vehículos para atención de emergencias.	5		
Posibilidad de uso por la comunidad	5		
Capacidad para obtener una dotación suficiente de servicios de energía y agua	5		
Necesidad de expansión futura.	5		
Topografías con pendientes menores a 5%	5		
Bajo Nivel de Riesgo en términos de morfología del suelo, o posibilidad de ocurrencia de desastres naturales.	5		
Bajo impacto negativo del entorno en términos acústicos, respiratorios o de salubridad	5		

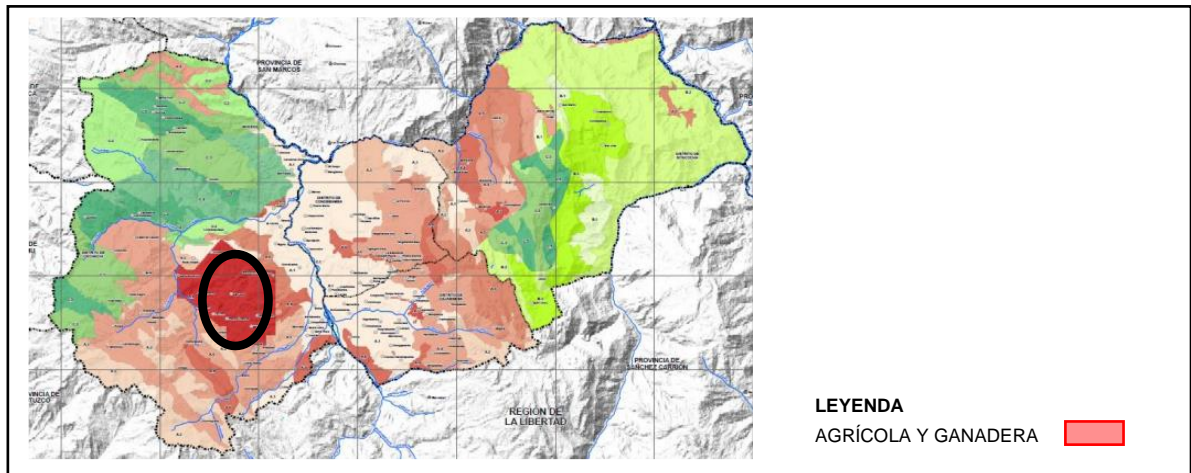
Fuente: *Elaboración propia en base al RNE. A0.40 – Edificaciones de uso educativo.*

### Descripción del terreno

El terreno se ubica en el sector denominado El Picacho, cuenta con un área de 25 585,76 m<sup>2</sup> abarcando en su mayoría el uso de vivienda, y agropecuario, alineado con un eje principal de la ciudad, donde se destacan los usos educativos, administrativos y recreativos, por ello, al implantar el proyecto en esta zona, se logrará realzar el eje principal de la ciudad, y permitiendo el desarrollo de actividades conjuntas inter institucionales. Debido a que Chuquibamba está destinada para uso agrícola y ganadero (ver figura n° 3.6) y actualmente es considerada como uno de los valles más productivos de Cajabamba, por esta razón el proyecto se encuentra en una zona de influencia céntrica para promover y potenciar las actividades productivas de Chuquibamba.

Figura n° 3.6.

*Uso de suelo del distrito de Chuquibamba, según ZEE.*



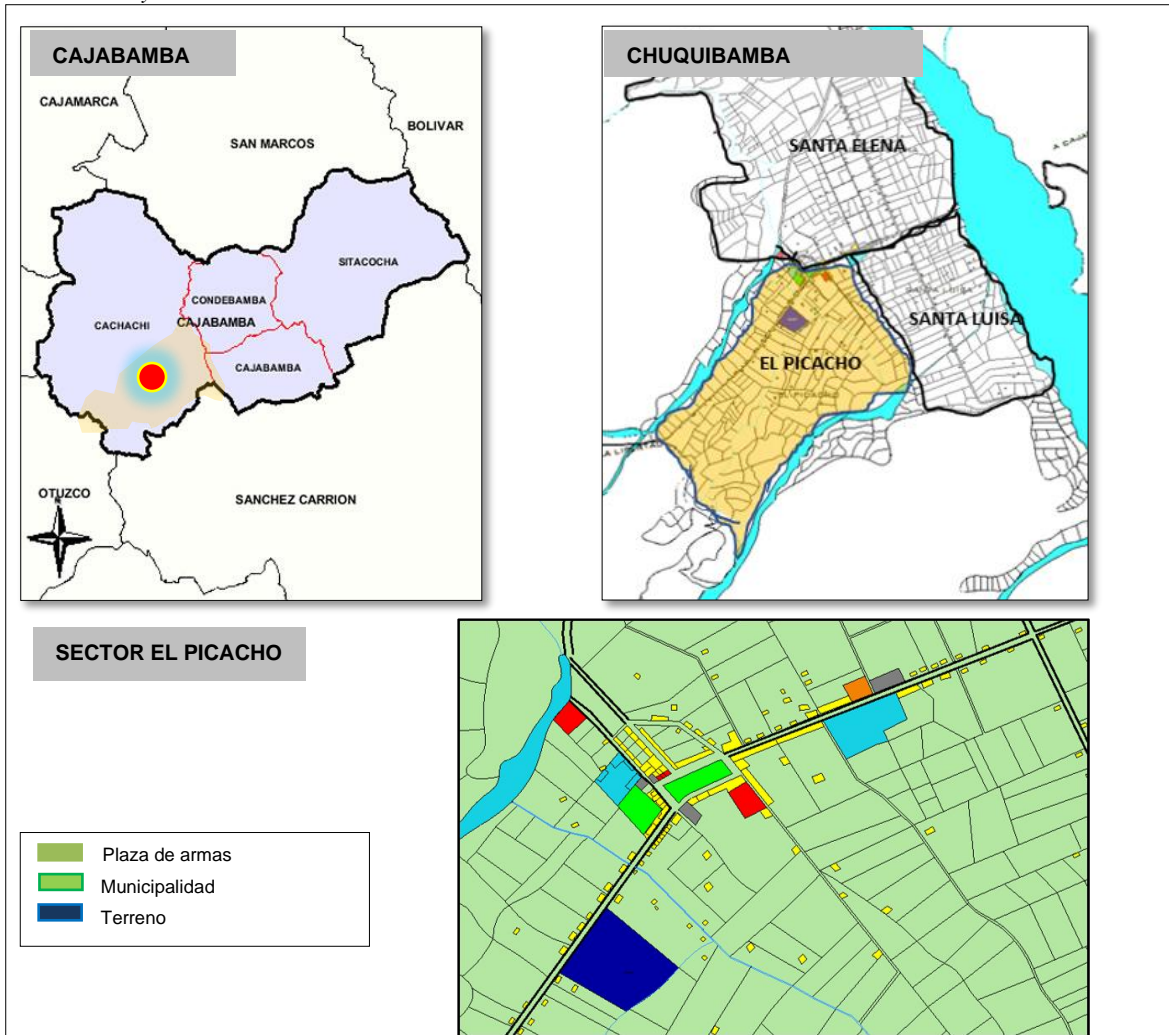
Fuente: ZEE de Cajamarca (2017)

### 3.6 Análisis de terreno

La ubicación del terreno corresponde al Centro Poblado menor de Chuquibamba, comprendido dentro de la provincia de Cajabamba, y departamento de Cajamarca. El proyecto del CETPRO, responde a las necesidades del centro poblado, y se centra en sus actividades productivas.

Figura n° 3.7.

*Localización y Ubicación.*



Fuente: *Elaboración propia.*

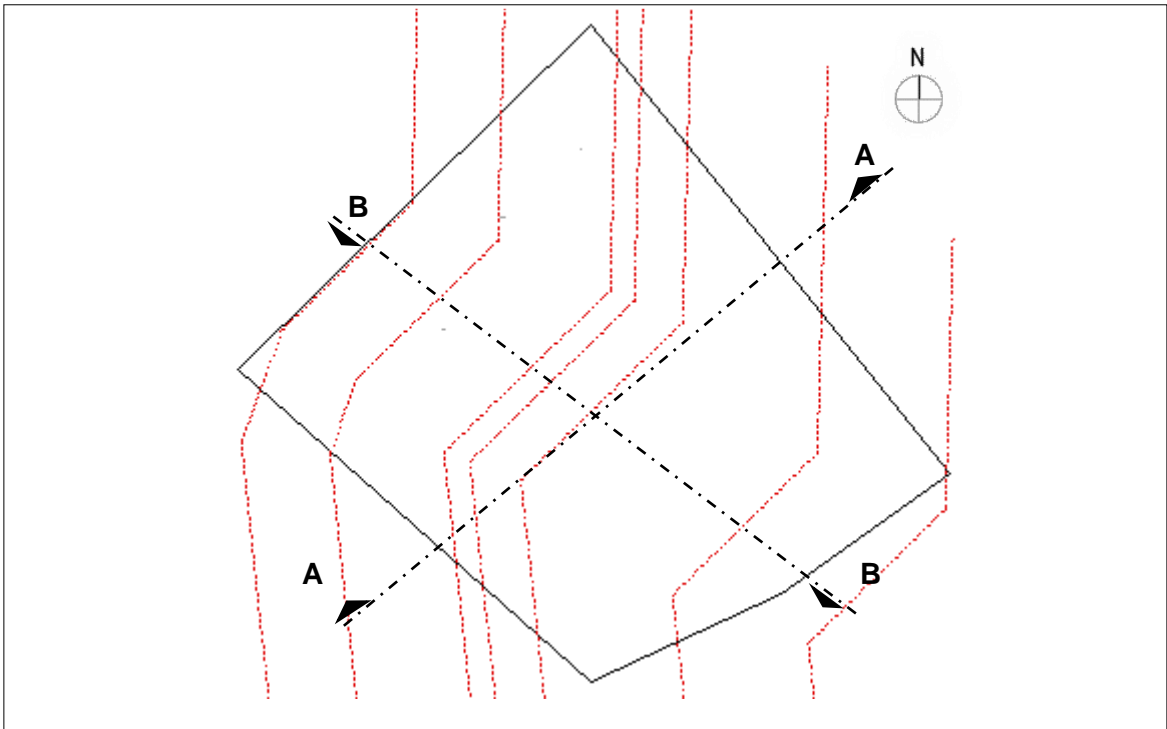
El terreno fue visitado con el fin de analizar la topografía y el clima; y así responder eficientemente en el diseño para brindarle una correcta utilización de está generando terrazas y/o andenes ya que se sabe que el proyecto contempla campos de cultivo, dándole así un mejor tratamiento al paisaje donde al tener también los datos climáticos se realizará una correcta utilización de los aspectos formales para el correcto emplazamiento del edificio y brindarle una mejor orientación respecto al sol para lograr una correcta ganancia térmica y confort lumínico. Además de aprovechar también los vientos para una correcta ventilación cruzada y proteger al usuario de las lluvias durante las circulaciones. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

### Topografía

- **Relieve:** El relieve es llano y presenta poca variabilidad superficial, permitiéndole un uso adecuado de terrazas, con el fin de brindar una superficie plana para el usuario.
- **Forma de la superficie:** La forma del terreno tiene una superficie casi regular constituida por 6 lados que debido a su poca variabilidad aparentan un cuadrilátero, que contempla 2.55 has.
- **Pendiente:** El terreno cuenta con una pendiente mínima del 3,7%, que adopta una forma de franjas en S, desde el lado Este al Oeste.

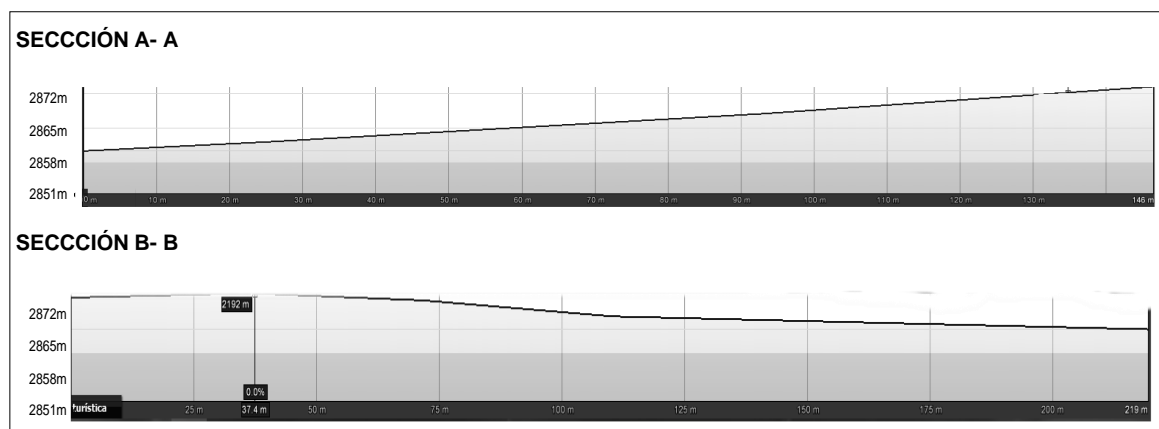
Figura n° 3.8.

*Plano topográfico.*



Fuente: *Elaboración propia*

Figura n° 3.9.  
Sección Topográficas



Fuente: *Elaboración propia*

Tabla n° 3.11.  
Rangos de pendiente

INDICADORES	DESCRIPCIÓN
00 – 5	Nula o casi a nivel
5 – 15	Ligeramente inclinada
15 – 25	Inclinada
25 – 50	Moderadamente Empinada
50 – 75	Empinada
>75	Extremadamente empinada

Fuente: *Elaboración ETR ZEE-OT. (2010-2011)*

Entonces según los cuadros el rango de pendiente de la zona de estudio en la se va intervenir está dentro de nula o casi a nivel.

### Vialidad

Las vías colindantes no se encuentran asfaltadas las vías norte y sur están proyectadas como colectoras además de ser accesos secundarios, mientras la vía Este es un canal de riego, que cuenta con pasajes peatonales, y la vía oeste es el acceso principal al terreno siendo este la carretera a Algamarca (sin asfaltar) cuya función es de vía Interdistrital que conecta todo el valle producto de Chuquibamba, además conecta el eje de equipamientos de la ciudad y brindará con el proyecto, servicios de recreación.

Tabla n° 3.12.

Secciones viales

SECCIONES VIALES Y CARACTERISTICAS DE LAS VIAS		
VIAS ACUALES	SECCIONES EXISTNTES (m)	SECCIÓN NORMATIVA (m)
Carretera a Algamarca	14 m	PISTA 16m VEREDA: 2m
Canal de Riego	3.40 m	

Figura n° 3.10. Sección de Carretera a Algamarca

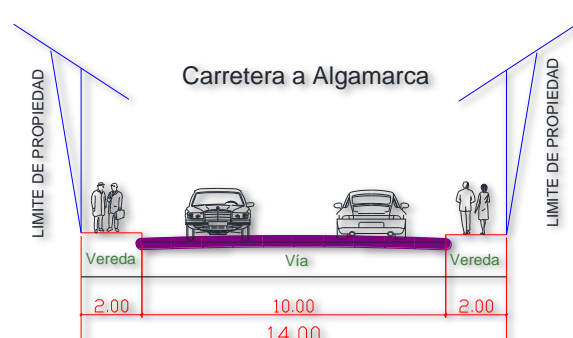
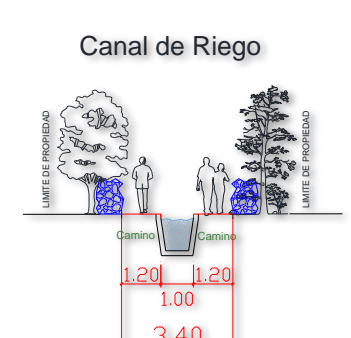


Figura n° 3.11. Sección de canal de Riego



Fuente: *Elaboración Propia*

## Clima

Tabla n° 3.13.

Clima en Cajabamba

PROVINCIA	CAJABAMBA	
CLIMA	TEMPLADO MODERADO LLUVIOSO	CLIMA FRIO
TEMPERATURA DEL AIRE (C°)	MAXIMA 10.6	MINIMA 8.8
HUMEDAD RELATIVA (%)	MAXIMA 88	MINIMA 72
PRECIPITACIONES	MAXIMA 0	MINIMA 0
LLUVIA MODERADA	MAX.16.44 °C	
COBERTURA NUBOSA	68%	
HUMEDAD RELATIVA	83%	
VELOCIDAD DEL VIENTO	1.11Km/h	
PRESIÓN ATMOSFERICA	763.55	

Fuente: *PROREGIÓN*

La ciudad de Cajabamba posee un clima semiseco y templado. La temporada de lluvias se inicia en octubre y concluye en abril. La temperatura media anual máxima es 215°C (707°F) y la mínima 53°C



(416°F). Los vientos: Velocidad media por orientación: Máxima media SE-5.2 m/s – Media NE-2.4 m/s - Mínima media: SO-2.1 m/s.

Estos resultados serán necesarios para la generación de espacios de amortiguación climática como fachadas, patios, y árboles que servirán para proteger las circulaciones externas.

### 3.7 Idea rectora y las variables

Un CETPRO es un equipamiento educativo, que impulsa el desarrollo de las comunidades, enfocándose en sus actividades productivas dotando a la población de capacidades para que mejoren sus productos y servicios, además de mostrándoles nuevas tecnologías para su desarrollo social y económico. Diseñar además considerando los modelos propuestos por MINEDU, en base a lo natural, **orígenes biomiméticos**, **formas biomiméticas** que generen espacios intermedios de amortiguación climática que sirvan de talleres, ocasionalmente, donde se puede concentrar la vegetación a fin de condicionar al alumno al aprendizaje, mediante los sentidos para ver, escuchar, tocar y oler la naturaleza.

Tabla n° 3.14.

*Enunciado conceptual*

CARÁCTER	FUNCIÓN CON EL USUARIO	CONTEXTO	FORMA
Producción	<b>Desarrollo de la comunidad</b>	<b>Llanura</b>	Franjas o columnares
<b>Aprendizaje</b>	Aprendizaje de Estudiantes	Agricultura	<b>Cóncava</b>
Investigación	Demostración a Clientes	ríos	Convexa

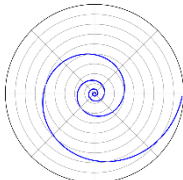
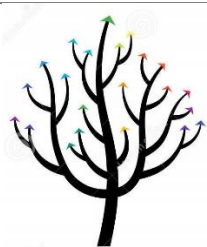
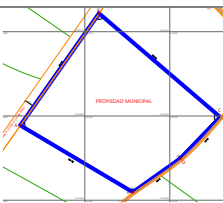

Fuente: *Elaboración propia, a partir de análisis del proyecto arquitectónico.*

- El aprendizaje se dará a partir del CETPRO, por ello se ve como el **origen del conocimiento**.
- La función del proyecto con la comunidad es **promover su desarrollo**.
- El contexto de Chuquibamba se ve determinado por una **llanura verde**.
- Las formas seleccionadas durante la investigación son **cóncavas** ya que permiten la creación de espacios de amortiguación climática.

Por ello el enunciado conceptual que se desarrolla es el siguiente: “El CETPRO, como **origen del conocimiento, promueve el desarrollo** de Chuquibamba, a través de **formas cóncavas** uniendo la **llanura verde**”

Tabla n° 3.15.

Generación de códigos.

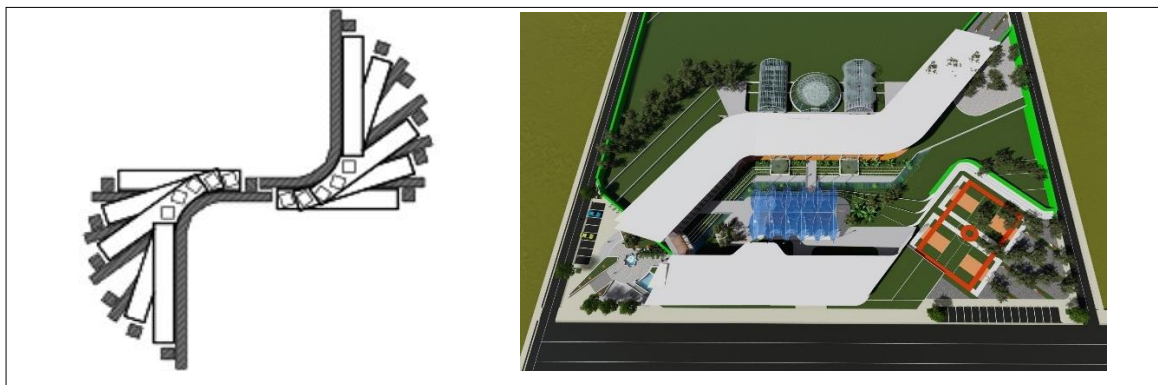
ELEMENTOS	CÓDIGOS	RELACIÓN
<b>ORIGEN DEL CONOCIMIENTO</b>		El origen del conocimiento implica un diseño a partir de un centro, o un espacio central, como origen, se expande el diseño a partir de éste.
<b>DESARROLLO</b>		Dado por el crecimiento en una dirección y expansión.
<b>LLANURA VERDE</b>		Representado por el terreno.
<b>FORMAS CÓNCAVAS</b>		Mostrada por la adaptación a la topografía del terreno.

Fuente: *Elaboración Propia*

Por esta razón, se ha tomado un origen de espacio central, del cual se expanden ramificaciones con el fin de conectar todo el terreno mediante formas cóncavas (ver figura n° 3.12), brindando así andenes de cultivo, partiendo del modelo orgánico propuesto por MINEDU, 2018.

Figura n° 3.12.

*Modelo Orgánico, generado a partir de las premisas de MINEDU y enunciado conceptual.*



Fuente: *Elaboración propia, a partir de MINEDU, 2017 y diseño propio.*

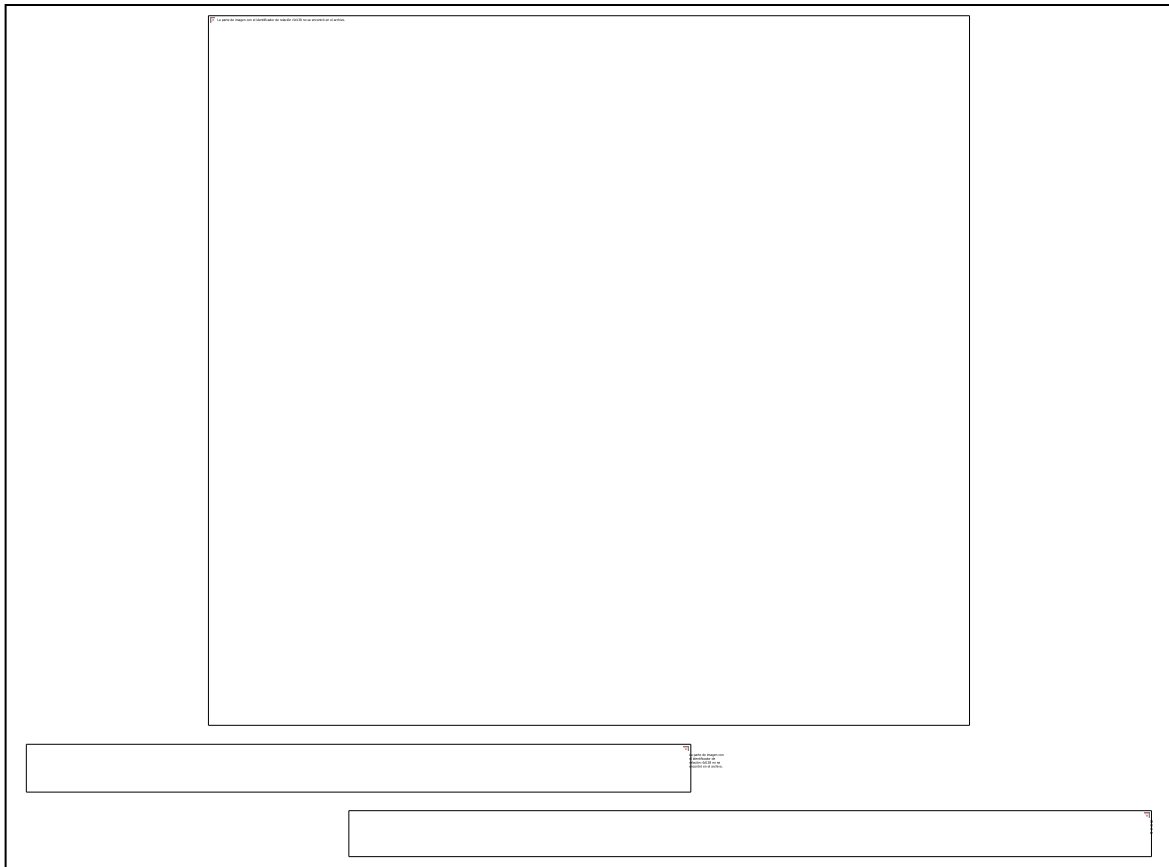
### 3.8 Proyecto arquitectónico

#### Aplicación de variables

Las franjas del proyecto, tienen quiebres que generan formas cóncavas, estas se adaptan a la topografía del terreno donde se expresa la conexión de la llanura verde, ya que el proyecto tiene un dominio de todo el terreno, generando circulaciones que condicionan al usuario a aprender, mediante los sentidos de ver tocar, etc...

Figura n° 3.13.

*Plano de zonificación y perspectivas.*

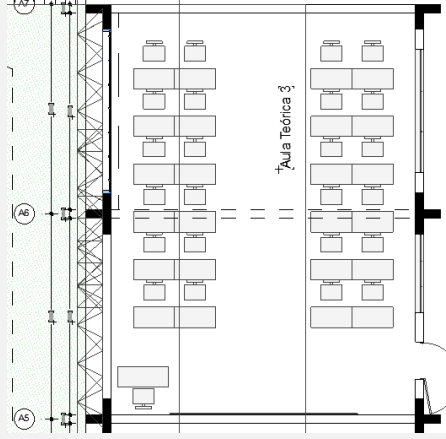
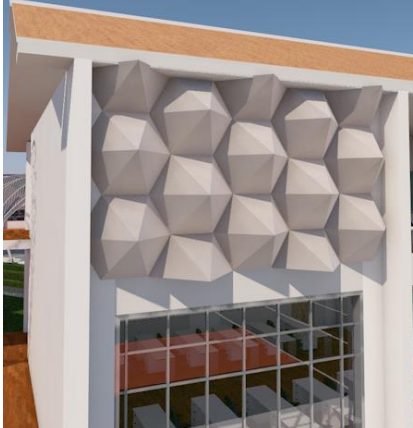
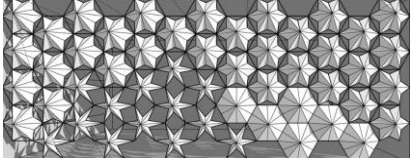
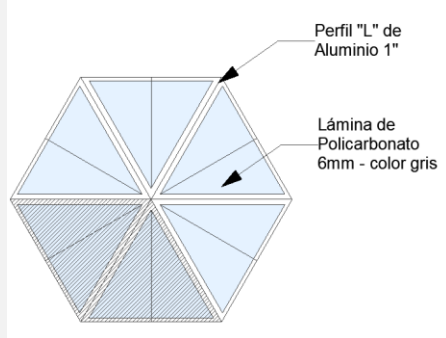
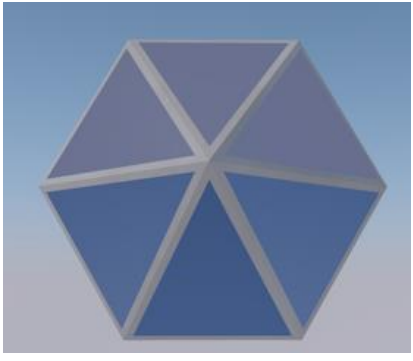


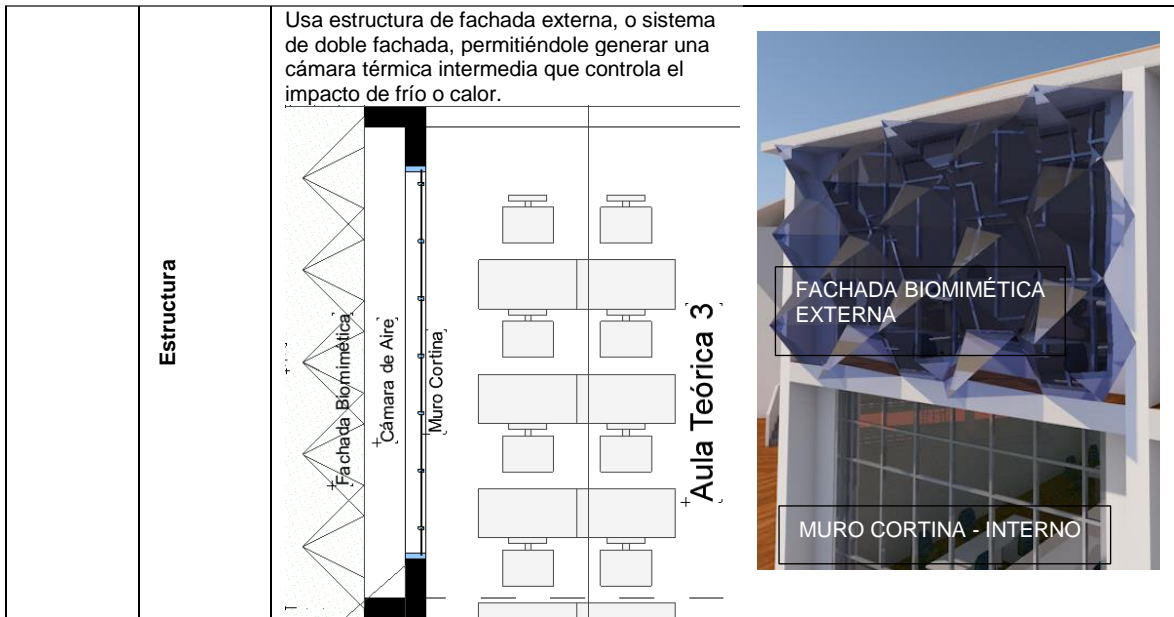
Fuente: *Elaboración Propia en base a la programación arquitectónica.*

La orientación de los espacios pedagógicos principales, se dan de Este a Oeste, a fin de poder tener fachadas expuestas a los rayos solares, para optimizar la ganancia térmica, pero a su vez, creando sistemas impidan el ingreso excesivo de luz. El espacio central del complejo, cumple con funciones de plaza, especificado como requerimiento de MINEDU, 2018, ésta sirve para eventos de socialización, formación y además de capacitación de la población. Por ello el complejo adopta unas formas cóncavas que protegen este espacio central, rodeada de parcelas demostrativas de cultivo, que servirán para tales propósitos, además de que un canal de riego que cruzará diagonalmente el proyecto fertilizando las tierras.

Tabla N° 3.16.

*Criterios de las fachadas arquitectónicas biomiméticas.*

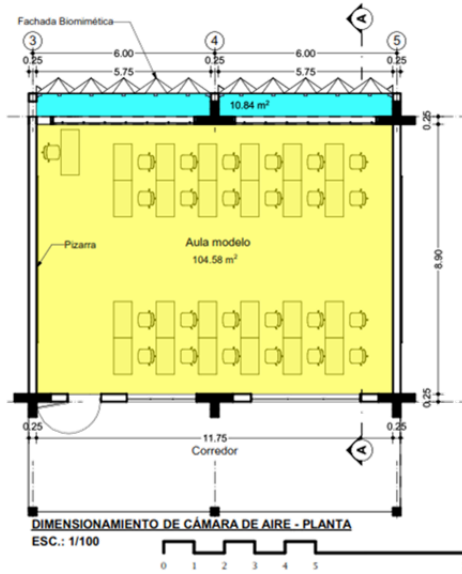
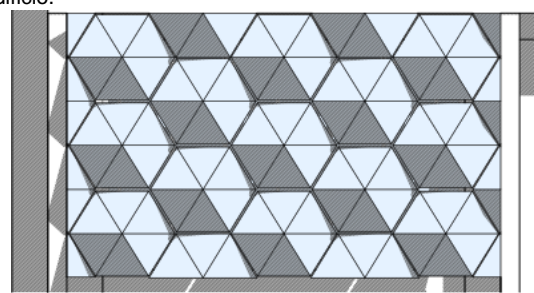
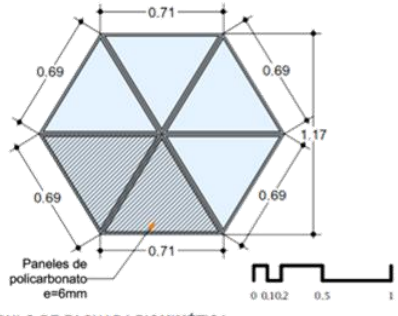
Dimensión	Sub dimensión	Referencia Planta o Elevación	Aplicación Arquitectónica
<b>FACHADAS</b>	<b>FORMA BIOMIMÉTICA</b>	 <p>La forma se adapta en la fachada, permitiéndole captar mayor radiación, y dispersarla a todo el interior del aula.</p>	 <p>La forma es cóncava, con base hexagonal, permitiéndole crear un sistema de apertura y cierre:</p> 
	<b>Material</b>	<p>El material se da de aluminio en los bordes, permitiéndole soportar y ensamblar los policarbonatos, a fin de que se puedan reemplazar en caso de rotura.</p> 	



Fuente: *Elaboración propia*

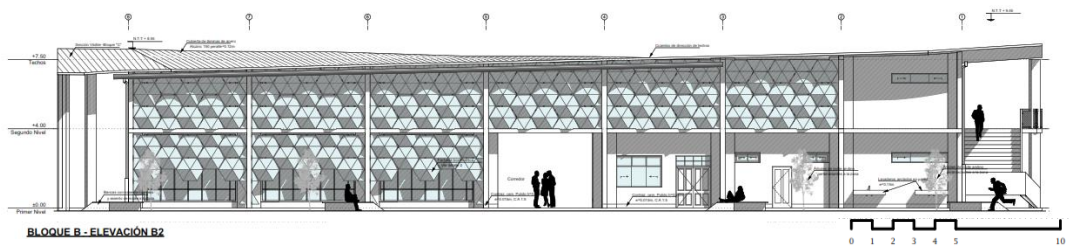
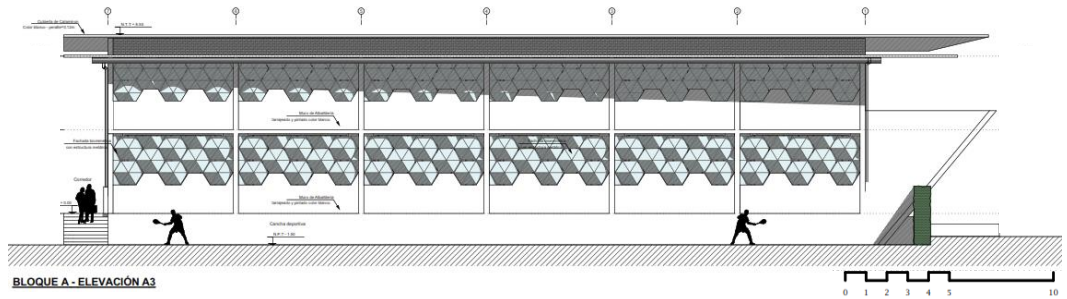
Tabla N° 3.17.

*Aplicación de variables*

Dimensión	PLANO	APLICACIÓN ARQUITECTÓNICA
<b>FACHADA</b>	 <p><b>DIMENSIONAMIENTO DE CÁMARA DE AIRE - PLANTA</b> ESC.: 1/100</p> <p><b>LEYENDA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #00FFFF; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Cámara de Aire</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFFF00; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Aula</li> </ul>	<p>Se desarrolló un módulo macro de fachada biomimética, a fin de poder aplicarla repetidamente conforme a la estructura del edificio.</p>  <p><b>ELEVACIÓN DE CÁMARA DE AIRE CON FACHADA BIOMIMÉTICA</b> ESC.: 1/100</p> <p>Además de un de panel de fachada biomimética, generando así un mosaico, guiándose del caso 2.</p>  <p><b>MÓDULO DE FACHADA BIOMIMÉTICA</b> ESC.: 1/20</p>
	<b>FACHADA MODULAR</b>	<b>PANEL MODULAR</b>



Se la aplicó a nivel de bloques constructivos (pabellones), en las fachadas de los espacios pedagógicos (ver extensión en planos).



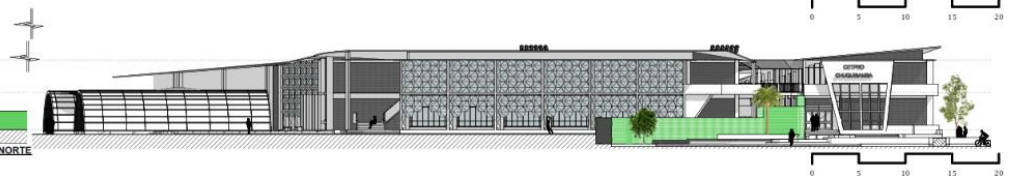
Finalmente, se la aplicó a nivel de proyecto en las fachadas de todos los espacios pedagógicos (ver extensión en planos).



**ELEVACIÓN 1 - OESTE**  
ESC.: 1/250



**ELEVACIÓN 2 - NORTE**  
ESC.: 1/250



**ELEVACIÓN 3 - ESTE**  
ESC.: 1/250



**ELEVACIÓN 4 - SUR**  
ESC.: 1/250



Fuente: *Elaboración propia*



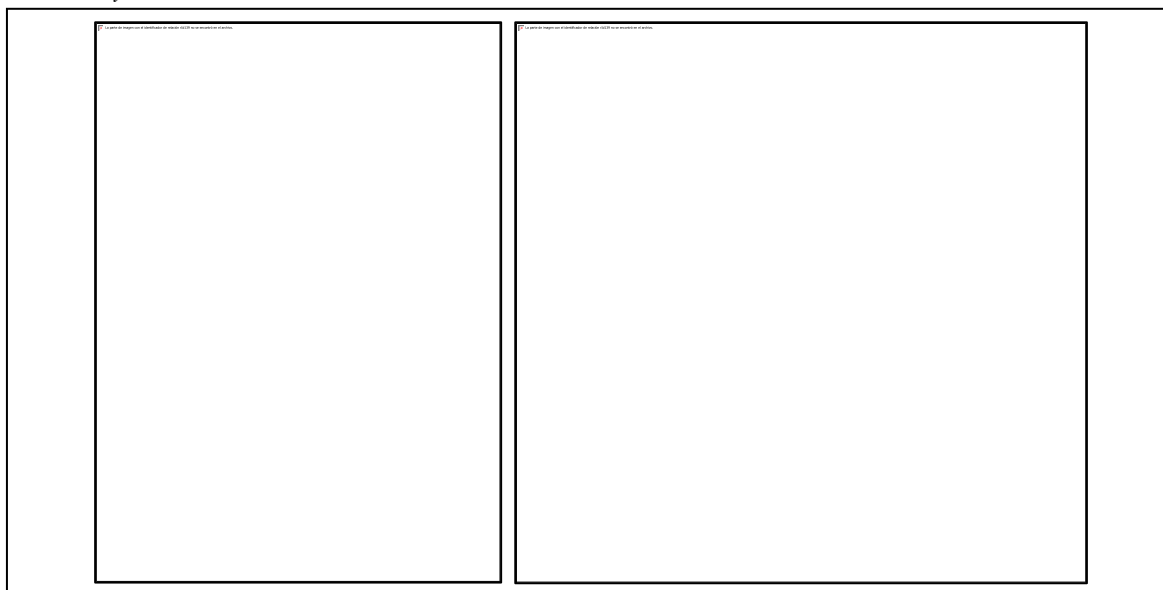
### 3.9 Memoria descriptiva

#### 3.9.1. ARQUITECTURA

El proyecto se ubica en un terreno en centro poblado menor de Chuquibamba, sector Picacho de la provincia de Cajabamba, de acuerdo a la localización se encuentra en una esquina por lo que se consideró 2 ingresos siendo el ingreso principal por la parte norte a cuál tiene una conexión directa con la plaza central de Chuquibamba.

Figura N° 3.14.

*Ubicación y terreno.*



*Fuente: Elaboración propia.*

Tabla N° 3.18.

*Coordenadas UTM del terreno*

COORDENADAS UTM DE ESTACIONES					
VERTICE	LADO	DISTANCIA	ANG. INTERNO	ESTE (X)	NORTE (Y)
A	A-B	161.98	86°29'37"	850 104.7976	9172245.2246
B	A-C	188.36	84°27'41"	850 197.3753	9172378.1450
C	C-D	67.91	87°18'45"	850 339.9610	9172255.1450
D	D-E	68.71	169°43'55"	850 293.0906	9172205.9155
E	E-F	154.36	113°14'40"	850 207.2214	9172165.9133
<b>TOTAL</b>		527.37	7379°59' 59"		

*Fuente: Elaboración propia en base PETT- MINAGRI 2018*

Tabla N° 3.19.

Cuadro de área construida por pisos.

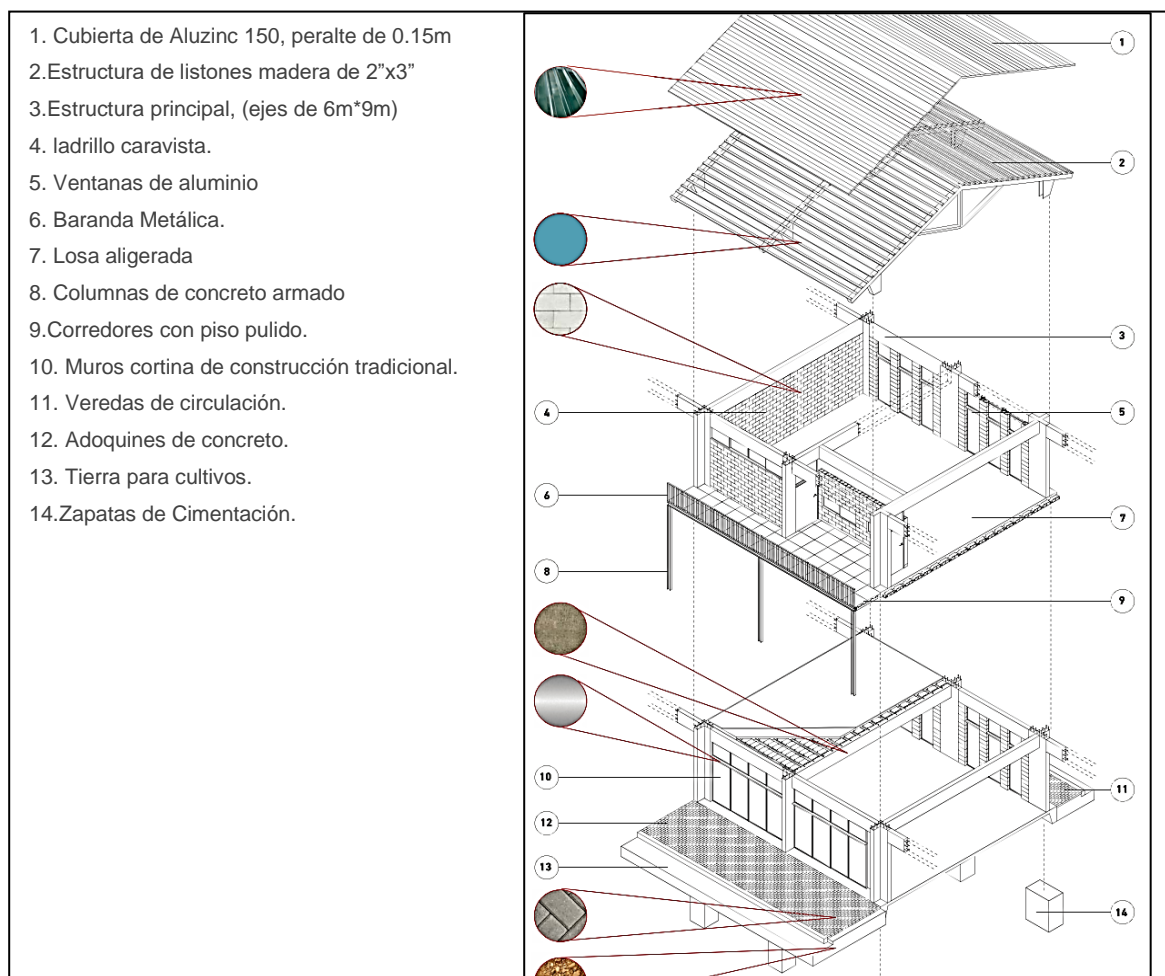
CUADRO NORMATIVO			CUADRO DE AREAS (m <sup>2</sup> )	
PARAMETROS	R.N.E.	PROYECTO	DESCRIPCIÓN	AREAS
USOS	UNIFAMILIAR	EDUCACIÓN (E2)	AREA TECHADA PRIMER NIVEL:	5138.41 m <sup>2</sup>
DENSIDAD NETA	500 Hab/Ha	1150 Hab/Ha	AREA TECHADA SEGUNDO NIVEL:	2657.37 m <sup>2</sup>
AREA NORMATIVA DE LOTE	60.00 M2	234.50 M2	AREA TECHADA TOTAL:	7 795.78 m <sup>2</sup>
COEFICIENTE EDIFICACION	1.2	0.3		
AREA LIBRE	40 %	17 789.96		
ALTURA MAXIMA	2 Pisos	2Pisos	AREA A CONSTRUIR:	7 795.78 m <sup>2</sup>
FRENTE MINIMO	8.00 ML	11.90 ML	AREA TOTAL DEL TERRENO :	25 585.76 m <sup>2</sup>
ESTACIONAMIENTO	1	-	PERIMETRO:	161.98 ml
COMPATIBILIDAD DE USO DE SUELO	VIVIENDA, C.I, OU	EDUCACIÓN (E2)	ES COMPATIBLE	

Fuente: Elaboración propia

### 3.9.2. ESTRUCTURAS

Figura N° 3.15.

Sistema Estructural.



Fuente: Elaboración propia, en base al sistema aplicado en el diseño del CETPRO.

## Elementos estructurales de concreto armado. y perfiles metálicos

### Vigas

Se usaron vigas peraltadas de concreto armado de V1-0.45x1.00 V2-0.30x0.70 V3-0.25x0.40

Columnas y placas

Se usaron columnas de concreto armado de sección continua y única de 0.45x0.45 y placas de =.20 m de espesor en ascensor y perimetrales.

### Losas

Se usaron losas de concreto armado de sección de 0.20m en interior de edificación y losas de 0.20cm en pisos de elementos en voladizos.

## DISEÑO DE REFUERZO EN VIGAS

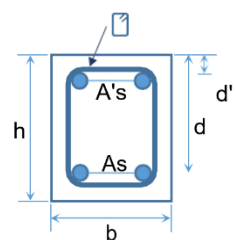
### CARACTERISTICAS GEOMETRICA DE LA VIGA

Ancho b (cm)=	.25
Altura h (cm)=	.50

Recubrimiento (cm)=	4
Ø del Estribo=	3/8"      Ø estribo

### PROPIEDADES DE LA VIGA

Momento Ultimo (Tn.m)=	15
Resistencia del concreto a los 28 dias f'c (kg/cm²)=	210
Fluencia del acero fy (kg/cm²)=	4200
Tipo de Zona=	Sismica
Factor de reducción (ø)=	0.9
Módulo de Elasticidad del acero (kg/cm²)=	2000000



### RESULTADOS INICIALES

peralte efectivo d (cm)=	34.25375
d' (cm)=	5.74625
$\beta_1$ =	0.85
pb=	0.02125
a (cm)=	13.60541021
As (cm²)=	14.45574834
p=	0.016880778
pmax.=	0.010625
pmin.=	0.003333333
As max. (cm²)=	9.098652344
As min. (cm²)=	2.854479167

### REQUIERE ACERO EN COMPRESIÓN

Momento Máximo (tn.m)=	10.30825249
Momento que Falta (tn.m)=	4.691747508
As2 (cm²)=	4.353952625
As (cm²)=	13.45260497 <====RESULTADO
A's (cm²)=	7.093904345 <====RESULTADO

### 3.9.3. SANITARIAS

#### PARA DESAGÜE

Serán de PVC-SAL con uniones espiga-campana. Los accesorios serán del mismo material que la tubería y en lo posible serán del mismo fabricante.

Como sellador de las uniones se usará pegamento especial para tuberías de PVC.

## INSTALACIÓN

### EXTERIORES

Son aquellas proyectadas por jardines o veredas directamente sobre terreno natural o relleno. Se enterrarán a una profundidad mínima de 0.30m. bajo el nivel definitivo del terreno y a una distancia horizontal de 0.50m. de muros cimientos y sobre cimientos. Irán directamente en la zanja asentadas en un lecho de arena de 0.05m. Con un recubrimiento de igual espesor luego se rellenará con material seleccionado de la excavación. El ancho de la zanja será de 0.30m. mínimo.

### DOTACIÓN

Por tratarse de una Edificación del tipo de Oficinas Administrativas y Aulas, el parámetro a tomar en cuenta es la extensión útil de cada Oficina y la capacidad del alumnado, estableciendo lo siguiente:

#### *Dos Niveles*

### SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y REGULACIÓN

Con la finalidad de absorber las variaciones de consumo, continuidad y regulación del servicio de agua fría en la edificación, se ha proyectado el uso de una Cisterna y su correspondiente sistema

		(Área de	
	x 6 l/d por m2	Administración, etc)	= 1200 lt/día
350 pers	x 50 l/d por persona	Público	= 17500 lt/día
	x 2 l/d por m2	(Áreas verdes)	= 240 lt/día
Consumo Diario Total			= 18940 lt/día

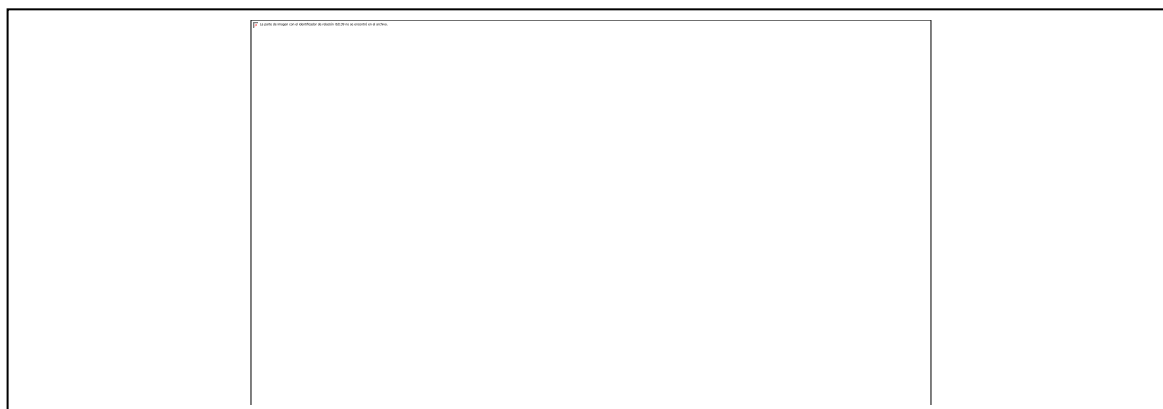
de Tanque Elevado, que operan de acuerdo a la demanda de agua de los usuarios:

### CISTERNA

La construcción de la Cisterna estará diseñada en combinación con la bomba de elevación y el Tanque Elevado, cuya capacidad estará calculada en función al consumo diario.

Figura N° 3.16.

*Cálculo de Volumen de Tanque Cisterna del CETPRO.*



*Fuente:* Elaboración propia, en base a la dotación necesaria por el CETPRO.

### 3.9.4. ELÉCTRICAS

#### CRITERIOS BASICOS PARA EL DISEÑO Y NORMAS DE APLICACION

El sistema de distribución en baja tensión comprende básicamente:

- Acometida a Tableros Principales Normal y Emergencia.
- Tableros Principales Normal y Emergencia.
- Sub tableros de distribución
- Circuitos de iluminación tomacorrientes y salidas especiales (de fuerza estabilizados y equipamiento de museo).

Todos los circuitos y alimentadores ubicados en falso cielo se instalarán protegidos de tubería EMT (tubería metálica eléctrica) o tuberías libres de halógenos la misma que irá suspendida o adosada al techo mediante soportes metálicos. Las tuberías empotradas en loza serán de PVC-P.

Las salidas de tomacorrientes compatibilizaran con el equipamiento previsto; cuentan con su conductor de tierra los laboratorios principalmente, debido al uso intensivo de la energía eléctrica, por lo cual los sub tableros desde los que se alimentan estos tomacorrientes deberán disponer del conductor de tierra.

El sistema eléctrico de alimentación para el CETPRO será construido bajo las siguientes premisas:

- La distribución de las cargas será en forma balanceada.
- Los conductores no serán cargados en más del 80% de su capacidad.
- La caída de tensión máxima desde los tableros generales hasta las salidas de fuerza se considera 3% de la tensión nominal y para las salidas de alumbrado (o punto de utilización más alejado de 1.5%).

Se emplean distintos tableros de distribución para un mejor control del sistema eléctrico del CETPRO, que estos a su vez se derivan en distintos circuitos para cargas de alumbrados, tomacorrientes, reserva y las de uso general, todo ello acorde con el Código Nacional de Electricidad Utilización 2006 ACTUAL (incluido su modificatoria según RM N° 175-2008-MEM/DM para conductores y uso de tomacorrientes NTP IEC 60598-2-22 luminarias para salidas de emergencia).

Figura N° 3.17.

*Diagrama de montantes de instalación eléctrica.*



*Fuente:* Elaboración propia, en base a la distribución aplicada en el diseño del CETPRO.

## CAPÍTULO 4 CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

Criterios de las fachadas arquitectónicas biomiméticas:

Los criterios de las fachadas arquitectónicas biomiméticas que según Oxman (2012) y Chávez del Valle (2002) son forma biomimética, materiales y estructura, demuestran efectividad para el estudio minucioso de las fachadas, ya que como lo afirma Zaera (2016) son el punto clave para el control del edificio, por consiguiente, Oxman (2012) y Chávez del Valle (2002) manifiestan que estas fachadas deberían responder con funciones implícitas, y ser seleccionadas con criterios adaptativos. De esta adaptabilidad, se encuentra la respuesta en la biomimética de las plantas que según Mazolleni (2015) son un gran ejemplo de respuesta de adaptación de manera estática, ya que estas al igual que los edificios no se mueven de su lugar, simplemente adoptan formas que las protegen de las condiciones climáticas del entorno. Esto ha sido corroborado tras el análisis de casos que demuestran la eficacia de estos criterios frente a la búsqueda del confort, mediante el estudio de su forma biomimética, materiales y estructuras.

- Forma Biomimética

Según la teoría de López (2016) las formas biomiméticas que permiten una mejor adaptación climática son las cóncavas, ya que éstas generan microclimas intermedios, es decir se adaptan a climas cálidos y fríos, manteniendo una temperatura intermedia entre el edificio y el exterior, lo cual se ve comprobado en los análisis de casos, ya que Al Bahar Towers, presenta una ganancia térmica óptima y su forma permite también distribuir de manera homogénea mediante reflejos, la luz, al interior de los espacios.

- Materiales

Según la teoría los materiales que brindan un mejor confort lumínico, son la mejor ganancia térmica son los policarbonatos, ya que según Gierer & Meinhardt (1972) estos logran una mejor transmisión y distribución lumínica, lo cual influye positivamente en el confort de los ocupantes de un edificio, tras el análisis de casos se comprobó la eficiencia de estos, ya que proveen de calidad en base a sus cualidades.

- Estructura

Según la teoría de Barozzi, Lienhard, Zanelli y Monticelli (2016) los sistemas de estructura externa o conocido también como doble fachada, son más eficientes como respuesta a la ganancia térmica, y control lumínico frente a los sistemas integrados (convencionales), ya que éstos implican sistemas pasivos de confort, esto se ve corroborado en los estudios, realizados con el programa Solar Analysis, que demuestra que la composición de estructura externa obtiene mejores resultados de ganancia térmica como sistema pasivo.



#### Ganancia térmica y confort lumínico en espacios pedagógicos:

En base a la Guía de aplicación de arquitectura bioclimática en locales educativos (2008), que se usa hasta la actualidad, en el diseño de locales educativos se requieren estrategias que optimicen la ganancia térmica durante las mañanas, pero estas estrategias propuestas, interfieren con el confort lumínico necesario para las actividades pedagógicas, aunque para Gonzales (2009), esto ocurre por una mala envolvente, por lo cual su teoría afirma que el control térmico se puede mejorar orientando las superficies expuestas del edificio hacia el sol. Ya que además el manual de diseño ICARO (2018), propone que el confort lumínico se puede mejorar mediante la incorporación de elementos en las fachadas que reflejen hacia el interior la luz natural.

- Ganancia térmica por radiación solar

Según la teoría de Gonzales (2009) la ganancia térmica por radiación solar, se ve controlada por la forma que se aplique y el ángulo de incidencia perpendicular del sol, ya que cada 10° de inclinación respecto de la perpendicularidad con la luz solar, implica una pérdida del 10 al 15% de la ganancia. Lo cual se aprecia como correcto tras analizar mediante software Solar Analysis que permite ver que las fachadas planas, ya que solo cuentan con un ángulo perpendicular al sol, y durante el resto del día reciben de manera inclinada los rayos solares, captan poca energía de W/m<sup>2</sup> mientras que las fachadas que cuentan con varias caras reciben de manera más efectiva los rayos solares.

- Iluminación en ambientes

Los estándares que establecen las normativas de distintos países y en el Perú, como MINEDU, y RNE, que tienen para iluminación en ambientes pedagógicos, oscilan desde los 200 lux hasta los 500 lux, para lograr así un nivel bueno de iluminación para el desarrollo de las actividades, los casos analizados muestran de la misma manera iluminación con los niveles óptimos de luxes.

- Distribución lumínica

La Guía técnica de eficiencia energética en iluminación para centros docentes y el comité español de iluminación, establecen el tipo de distribución lumínica que debe haber en cada tipo de espacio pedagógico, como tal es las aulas, los auditorios y los talleres, contando con iluminación reflejada, difuminada e indirecta respectivamente. En los casos analizados, este tipo de espacios cuentan con igual aplicación que las normativas, por ello se ve la necesidad de aplicar estos criterios que se consideran óptimos.

## 4.2 Conclusiones

1. Los criterios de las fachadas arquitectónicas biomiméticas optimizan la ganancia térmica y el confort lumínico, ya que proveen a las fachadas mejores cualidades que los sistemas tradicionales, brindándole la capacidad de mejorar el confort lumínico al interior de los espacios, y obteniendo mejor ganancia térmica.
2. Los criterios de las fachadas arquitectónicas biomiméticas son forma biomimética, material y estructura, debido a que todos los elementos arquitectónicos se le analizan desde estos tres principios.
3. La ganancia térmica y el confort lumínico en espacios pedagógicos de climas interandinos bajos para Chuquibamba, se ve afectada, por el diseño empleado en la arquitectura actual, ya que hay mucha energía de la radiación solar que no se aprovecha.
4. La influencia de los criterios de fachadas arquitectónicas biomiméticas en cuanto al confort lumínico en espacios pedagógicos es optimizada, debido a la gran adaptabilidad de las formas que hacen más efectivo la distribución de luz, y esto conlleva a alcanzar niveles de lux adecuados para el desarrollo de las actividades en los espacios pedagógicos, además que las fachadas biomiméticas cuentan con formas que reciben y conservan la ganancia térmica, mediante sistemas de doble fachada.

## REFERENCIAS

- Anderson, A. y Wells, M. (2017). *Guía fácil de la energía solar pasiva*. Calor y frío natural. Ed. Gili, Barcelona.
- Benejam, Pilar (1996) *Horizonte. Historia y Geografía*, Editorial Andrés Bello, España
- Barozzi, Marta. Lienhard, Julian. Zanelli, Alessandra. Monticelli, Carol, (2016) *The Sustainability Of Adaptive Envelopes: Developments Of Kinetic Architecture*. Recuperado de (<http://www.sciencedirect.com>).
- Chávez del Valle FJ., (2002), Zona variable de confort térmico. Universidad Politécnica de Cataluña.
- CONAM (28 de abril de 2006). «Aprueban la Directiva Metodología para la Zonificación Ecológica y Económica» (PDF). Lima, Perú.
- Gillis, Justin (28 de noviembre de 2015). «Short Answers to Hard Questions About Climate Change». The New York Times.
- Hargroves, K. D. & Smith, M. H. (2006). «Innovation inspired by nature Biomimicry.» Ecos.
- ICARO, Manual de Iluminación (2014)
- INEI (2015). *Estimaciones y Proyecciones de Población Urbana y Rural*, Lima, Perú.
- INEI (2010). *Pobreza por departamentos*, Lima, Perú.
- Informe Our Common Future: Brundtland Report, 20 March 1987. ONU
- José M. Paruelo (2014), *ORDENAMIENTO TERRITORIAL RURAL Conceptos, métodos y experiencias*. Buenos Aires, Argentina. Editorial de la universidad de buenos aires.
- Marlén López, 2015, *Envolventes arquitectónicas vivas que interactúan con su entorno*, La Coruña, España.
- Mazzoleni, Ilaria (2017). *Architecture Follows Nature-Biomimetic Principles for Innovative Design*. Recuperado de (<https://www.amazon.es/>).
- MINEDU (2004) *DECRETO SUPREMO Nº 022-2004-ED*, Lima, Perú.
- MINEDU (2007) *PROYECTO EDUCATIVO NACIONAL AL 2021*, Lima, Perú.
- Omrany H, Ghaffarianhoseini A, Ghaffarianhoseini A, Raahemifar K, Tookey J., 2016 *Application of passive wall systems for improving the energy efficiency in buildings: a comprehensive review*. Renew Sustain Energy. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.04.010>.
- Oxman, N. (2012). *Structuring Materiality: Design Fabrication of Heterogeneous Materials*. *Architectural Design, Special Issue: The New Structuralism: Design, Engineering and Architectural Technologies*, Barcelona.
- Sánchez, F. y otros (1993). *Psicología social*. Madrid: McGraw-Hill.
- Sepúlveda S. Sergio (2008), *Gestión Del Desarrollo Sostenible En Territorios Rurales: Métodos Para La Planificación*, San José, Costa Rica

Schumpeter, Joseph A. (1954). *Historia del Análisis Económico*. Barcelona: Editorial Ariel, segunda edición, 1982.

Wandemberg, JC (Agosto de 2015). *Sostenible por Diseño*. Amazon.

Wang J, Beltrán LO, Kim J., (2012) *From static to kinetic: a review of acclimated kinetic building envelopes*, Department of Architecture, Texas A&M University, College Station.

White, Edward T, *Manual de conceptos de Formas Arquitectónicas*. Monterrey: Editorial Trillas, Tercera Edición, 2010

Zaera, A. (19 de Diciembre de 2010). *¿Cuál es la arquitectura del futuro?*. Entrevista. Tres14, Recuperado de <http://www.rtve.es/alcarta/videos/tres14/tres-14-20101219-2030-169/968474/>

## **ANEXOS**

**Anexo N°1** Matriz de Consistencia.

**Anexo N°2** Fichas documentales Criterios de las fachadas arquitectónicas biomiméticas.

**Anexo N°3** Ficha documental Ganancia térmica por radiación solar.

**Anexo N°4** Fichas documentales Factores de confort lumínico.

**Anexo N°5** Fichas Análisis de casos

**Anexo N°6** Programación Arquitectónica

**Anexo N°7** Planos del Proyecto por especialidades

## Anexo N°1 Matriz de Consistencia





## **Anexo N°2 Fichas documentales Criterios de las fachadas arquitectónicas biomiméticas.**

## **Anexo N°3** Ficha documental Ganancia térmica por radiación solar.

## **Anexo N°4 Fichas documentales Factores de confort lumínico.**

## **Anexo N°5 Fichas Análisis de casos**

## Anexo N°6 Programación Arquitectónica



## **Anexo N°7 Planos del Proyecto por especialidades**