



# ARQUITECTURA

Tesis previa a la obtencion de Titulo de Arquitecto

AUTOR: David Emanuel Sánchez Ramón

TUTOR: Mtr. Arq. Claudia Gabriela  
Costa de los Reyes

Análisis 6D BIM y propuesta de rehabilitación energética de la infraestructura educativa pública en la ciudad de Loja. Caso de estudio: Unidad Educativa del Milenio "Bernardo Valdivieso".



## DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, **David Emanuel Sánchez Ramón** declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional, y que se ha consultado la biografía detallada. Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



---

David Emanuel Sánchez Ramón  
Autor

Yo, **Claudia Gabriela Costa de los Reyes**, certifico que conozco al autor del presente trabajo, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad como de su contenido.



---

Claudia Gabriela Costa de los Reyes  
Director de Tesis



## DEDICATORIA

A Dios, mis padres y mis hermanos, ya que han actuado como mi guía y sendero en el recorrido que me ha llevado a este punto en mi carrera. Su ejemplo, dedicación y palabras de aliento nunca cesaron, motivándome a seguir adelante incluso cuando las situaciones se volvían complicadas. Siento un profundo amor hacia ellos.



## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por proporcionarme la fuerza, la sabiduría y la paciencia necesarias para lograr mis metas.

A la Universidad Internacional del Ecuador sede Loja, ya que me ha guiado, instruido y educado con el propósito de formarme como un profesional ejemplar.

A mi docente tutora, Arq. Claudia Costa por su dedicación y orientación brindada para la elaboración de este trabajo de investigación.

Un agradecimiento especial a mi familia, quienes me han brindado ayuda, consejos y apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida. Este logro ha sido alcanzado gracias a ustedes.



## 1.INTRODUCCIÓN

[12-19]

- 1.1 Introducción
- 1.2 Problemática
- 1.3 Justificación
- 1.4 Objetivos
- 1.5 Preguntas de investigación
- 1.6 Metodología



## 2.MARCO TEORICO

[20-37]

- 2.1 Estado del arte.
- 2.2 El valor de la arquitectura en la educación.
- 2.3 Equipamientos educativos.
- 2.4 El confort ambiental en la arquitectura.
- 2.5 Eficiencia energética.
- 2.6 Importancia de las envolventes en el diseño de edificaciones.
- 2.7 Evaluación Building Information Modeling (BIM).
- 2.8 Marco normativo.



## 3.EXPLORACIONES

[38-47]

- 3.1 Selección de referentes.
- 3.2 Referente 1: Liceo Comercial de San Bernardo.
- 3.3 Referente 2: Sidwell Friends School.
- 3.4 Síntesis y aportes a la investigación.



#### 4. DIAGNOSTICO

[48-95]

- 4.1 Contextualización.
- 4.2 Atributos físicos y biológicos.
- 4.3 Atributos culturales.
- 4.4 Análisis micro.
- 4.5 Análisis del bloque seleccionado.
- 4.6 Criterios de diseño constructivo.
- 4.7 Modelado de probeta virtual.
- 4.8 Criterios de diseño arquitectónico.
- 4.9 Criterios de confort ambiental.
- 4.10 Criterios de diseño de instalaciones.
- 4.11 Síntesis del diagnóstico.



#### 5. PROPUESTA

[96-159]

- 5.1 Metodología de diseño.
- 5.2 Generación de acciones y estrategias.
- 5.3 Resultados de estrategias.
- 5.4 Resolución de propuesta.
- 5.5 Análisis de factibilidad.



#### 6. CONCLUSIONES

[160-170]

- 6.1 Conclusiones.
- 6.2 Recomendaciones.
- 6.3 Índice.
- 6.4 Bibliografía
- 6.5 Anexos

## RESUMEN

**Palabras Clave:** Equipamientos educativos, 6D BIM, confort, simulaciones energéticas, , rehabilitación energética.

A partir del año 2007 el Ecuador empezó a ser partícipe de la declaratoria del milenio, con la que se buscaba mejorar en varios aspectos el desarrollo del país, uno de ellos la educación. Para ello se desarrolló el proyecto de infraestructura prototipo llamado "Unidades Educativas del Milenio", con la finalidad de replicarlo en todo el país. La ciudad de Loja cuenta con una de ellas, la UEM Bernardo Valdivieso, la cual presenta distintos problemas en los elementos de su envolvente, generados debido a la réplica de este modelo sin tomar en cuenta las variables del contexto en el que se emplaza. Es por ello que la presente investigación plantea el análisis 6D BIM de un bloque de aulas de la UEM, con la finalidad de conocer su estado actual y la manera en que los materiales de la envolvente influyen en el comportamiento térmico, lumínico, calidad de aire, y consumo energético, para desarrollar una propuesta de rehabilitación energética. Conforme a ello para la evaluación del bloque de aulas prototipo, se emplea la metodología BIM mediante el software Revit y su motor de simulación EnergyPlus, que permite desarrollar el modelado de la probeta virtual de la edificación empleando información detallada respecto a ubicación, zona climática y especificaciones técnicas de los materiales de la edificación, de manera que faciliten realizar las simulaciones del comportamiento y consumo energético del bloque de aulas. Esta evaluación permitió conocer que la edificación no cumple con los parámetros adecuados de confort térmico, lumínico, calidad de aire, e instalaciones eléctricas, con respecto a los valores expuestos por las bases normativas, generando ambientes educativos desfavorables. Con base en ello luego de la evaluación se presenta una propuesta de rehabilitación energética de la envolvente del bloque de aulas prototipo de la Unidad Educativa del Milenio Bernardo Valdivieso, empleando distintas estrategias de intervención que mejoren los parámetros de confort en los espacios educativos. Con ello mediante la evaluación de la probeta virtual y la aplicación de la propuesta se evidenció que con estas estrategias se logró mitigar las deficiencias de confort de las aulas de clases, mejorando el rendimiento energético y el comportamiento de la edificación, generando que los espacios de aprendizaje sean cómodos y productivos.

## ABSTRACT

**Keywords:** Educational facilities, 6D BIM, comfort, energy simulations, energy rehabilitation.

In 2007, Ecuador began to participate in the millennium declaration, which sought to improve the country's development in several aspects, one of them being education. For this purpose, a prototype infrastructure project called "Educational Units of the Millennium" was developed with the purpose of replicating it throughout the country. The city of Loja has one of them, the Bernardo Valdivieso EMU, which presents different problems in the elements of its envelope, generated due to the replication of this model without taking into account the variables of the context in which it is located. That is why this research proposes the 6D BIM analysis of a classroom block of the UEM, in order to know its current state and the way in which the envelope materials influence the thermal, lighting, air quality, and energy consumption behavior, to develop a proposal for energy rehabilitation. Accordingly, for the evaluation of the prototype classroom block, the BIM methodology was used through the Revit software and its simulation engine EnergyPlus, which allows the development of the modeling of the virtual specimen of the building using detailed information regarding location, climate zone and technical specifications of the building materials, in order to facilitate the simulations of the behavior and energy consumption of the classroom block. This evaluation revealed that the building does not meet the appropriate parameters of thermal comfort, lighting, air quality and electrical installations, with respect to the values set forth in the regulations, generating unfavorable educational environments. Based on this, after the evaluation, a proposal for energy rehabilitation of the envelope of the prototype classroom block of the Bernardo Valdivieso Millennium Educational Unit is presented, using different intervention strategies to improve the comfort parameters in the educational spaces. With this, through the evaluation of the virtual test tube and the implementation of the proposal, it became evident that with these strategies it was possible to mitigate the comfort deficiencies of the classrooms, improving the energy performance and the behavior of the building, making the learning spaces comfortable and productive.

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCION

## 1.1 Introducción.

En el Ecuador la infraestructura educativa pública se encuentra dividida según el nivel de formación que ofrecen. El nivel más completo está constituido por las Unidades Educativas del Milenio en las que su infraestructura permite el desarrollo de dos o más niveles educativos. Este modelo de equipamiento educativo prototipo se introdujo en el año 2007 a través de la declaratoria del milenio, en búsqueda de potenciar la educación pública mediante la implementación de conceptos innovadores con el fin de generar un modelo a replicar en el país. Las variables del contexto en el que se emplazan estos equipamientos educativos no fueron profundizadas, de manera que existen distintos problemas en las infraestructuras, afectando principalmente al desarrollo y desempeño de los estudiantes.

La provincia de Loja cuenta con dos de las Unidades Educativas del Milenio de las 56 construidas en todo el territorio nacional, una de ellas es la UEM Bernardo Valdivieso que se encuentra ubicada en la ciudad de Loja y fue repotenciada en el año 2015. A pesar de que con su repotenciación se buscaba mejorar la educación, no se mejoró sustancialmente los procesos de aprendizaje debido a los aspectos climáticos variables, topográficos y culturales de la zona.

Los equipamientos educativos están destinados al desarrollo de las personas en distintos niveles de aprendizaje (LOEI, 2017). En los procesos de educativos que se desempeñan en el interior de estos equipamientos influyen varios factores que determinan que estos sean los óptimos para sus usuarios. Uno de ellos es la arquitectura, que es la encargada de generar los espacios y ambientes educativos en los que los estudiantes y docentes pasan gran parte de su tiempo, estos espacios deben ser de calidad y cumplir con los estándares que permitan la transferencia adecuada de conocimientos a través de espacios cómodos y productivos. Para ello se deben seguir los lineamientos expuestos por las normativas destinadas al sector educativo respecto a rangos óptimos de confort que deben existir para el beneficio y correcta adquisición de conocimientos.

El presente proyecto plantea el análisis 6D BIM de un bloque de aulas prototipo de la Unidad Educativa del Milenio Bernardo Valdivieso, en función de conocer su comportamiento térmico, lumínico, calidad de aire y consumo energético, el cual tiene como objetivo conocer los parámetros de confort dentro de las

aulas y compararlos con los expuestos por las bases normativas nacionales e internacionales, de manera que se determine si estos son se encuentran dentro de los rangos óptimos y la manera en que influyen en el desarrollo de actividades.

Una vez obtenidos estos datos se desarrolla una propuesta de rehabilitación energética del bloque de aulas enfocada en la intervención de su envolvente, mediante la cual se mejore los rangos de confort dentro de las aulas y se disminuya el consumo energético del bloque de aulas. Logrando de esta manera que estos espacios sean los óptimos para el desarrollo y productividad de los alumnos y docentes.

## 1.2 Problemática

A partir del año 2007 el Ecuador y 146 países se hacen partícipes de la declaratoria del milenio, con el objetivo de superar la pobreza y asegurar un acceso igualitario a la educación, simultáneamente se crea el proyecto de las “Unidades Educativas del Milenio UEM”, con el cual se pretende mejorar la calidad de la educación pública (Secretaría Nacional de Planificación y desarrollo, 2013). Para la construcción de las Unidades Educativas del Milenio el Ministerio de Educación y el Servicio de Contratación de Obras (SECOB) implementaron un catálogo de construcción, normas técnicas y estándares para la construcción de las UEM y repotenciación de infraestructura educativa. En dichos documentos se hace mención a criterios de intervención y estándares estructurales, hidrosanitarios, mecánicos, eléctricos, electrónicos, y ambientales, en este último se evalúa el confort con base en las condiciones ambientales interiores de temperatura y humedad relativa de una manera general. Es decir, no se evalúan los parámetros de confort térmico, lumínico, acústico y consumo energético que varían según las condiciones climáticas, orientación, soleamientos y factores humanos, a medida que estas infraestructuras prototipo se replican en el país.

Hasta ahora Ecuador no cuenta con normativas ni estudios de rangos de confort para establecimientos educacionales que se enfoquen en el rendimiento térmico de los mismos, al ser un país con pisos climáticos variables y características propias, estos rangos tienden a variar, tomando en cuenta que, la temperatura promedio en las regiones Costa y Amazonía es de 25°C y su humedad relativa del 90%, mientras que en la región Sierra la temperatura promedio es de 16°C y su humedad relativa del 75% (Cedeño & Donoso, 2010).

La provincia de Loja cuenta con dos Unidades Educativas del Milenio de las 56 construidas a lo largo del territorio nacional, las mismas que cuentan con bloques prototipo de aulas. Una de ellas es la UEM Bernardo Valdivieso ubicada en la ciudad de Loja. A pesar de que estas unidades educativas buscaban potencializar la educación, no se han visto mejoras en el proceso de enseñanza y aprendizaje, debido a que a nivel nacional existen distintos problemas en las infraestructuras.

Imagen n° 1: Unidad Educativa del Milenio Bernardo Valdivieso.



Fuente: Ministerio de Educación (2015).

En el caso de la UEM Bernardo Valdivieso, existen daños estructurales en las losas, y a su vez daños en paredes y cielos rasos debido a infiltraciones y falta de mantenimiento (Diario La Hora, 2019). De la misma manera existen problemas de confort en el interior de los espacios generados por el material de la envolvente y por los grandes ventanales de las aulas, esto debido a que se genera ganancias y pérdidas de calor debido a la superficie y dimensiones de las ventanas (Yunus & Afshin, 2011). De esta manera, la envolvente afecta directamente en el confort ambiental dentro de los espacios académicos ya que la temperatura, humedad y ventilación tienden a variar debido al funcionamiento o carencia de protección en la misma. Teniendo como resultado una afectación en el bienestar de los usuarios y, por consiguiente, estos problemas existentes ponen en evidencia que construir sin una adaptación a las condiciones climáticas y urbanas de cada sector influye directamente en el desarrollo de las unidades educativas y el desempeño de los estudiantes.

La presente investigación se enfocará en el análisis 6D mediante BIM de la envolvente de uno de los bloques de aulas prototipo de este equipamiento. BIM Building Information Modeling, se caracteriza por emplear distintas metodologías de trabajo y herramientas que permiten el manejo coordinado de la información (Coloma, 2008). Dentro de las dimensiones del BIM se encuentra el 6D que es la encargada de brindar información sobre la sostenibilidad y rendimiento energético de la edificación mediante simulaciones que muestren los resultados de los parámetros de confort al interior de las edificaciones.

De esta forma este análisis es necesario para determinar las propiedades y niveles de confort, consumo energético, y evaluar estrategias aplicables de mejora de confort y eficiencia energética de la edificación mediante simulaciones para determinar cuáles son las más factibles y observar los cambios en los parámetros de confort. Para ello, se tomará como referencias la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC, la Guía de Eficiencia Energética para Establecimientos Educaciones de Chile, la Norma ASHRAE y la norma chilena de construcción. Lo cual dará las pautas para desarrollar una propuesta de rehabilitación energética basada en el análisis y evaluación (Ashrae, 2017), abarcando acciones destinadas a realizar cambios aplicables al establecimiento educativo.

### 1.3 Justificación

La intención de la presente investigación es realizar un análisis mediante metodología BIM 6D, que estudia la sostenibilidad y gestión energética de las edificaciones, analizando distintos elementos como la geometría, orientación, envolvente, mobiliario, uso interno, etc., de uno de los bloques prototipo de aulas de la UEM Bernardo Valdivieso. Mediante una evaluación Ex post que permite analizar los efectos del diseño en edificaciones ya construidas, ya que se basa en la comparación y evaluación de calidad del programa de requisitos, normas y resultados obtenidos (De Jong & Van der Voordt, 2002). Permitiendo desarrollar y evaluar estrategias pasivas para los distintos elementos que componen la envolvente del bloque de aulas tipo.

Las estrategias pueden ser analizadas empleando simulaciones en el software Energy Plus (Revit) para elaborar una propuesta de rehabilitación energética aplicable en la infraestructura de la unidad educativa Bernardo Valdivieso en la ciudad de Loja y realizar una comparación del estado actual y propuesta, desde los aspectos de confort térmico, lumínico, acústico y consumo energético. Esto respondiendo a los estándares nacionales e internacionales de confort dentro de las aulas y el rango de eficiencia energética que se debe tener en los distintos ambientes de la edificación educativa. Este análisis y propuesta servirán para que en el equipamiento tomado como caso de estudio se realicen a futuro los respectivos cambios generando beneficios en el aprendizaje y enseñanza dentro del mismo.

La Unidad Educativa del Milenio Bernardo Valdivieso, cuya fundación remonta hace 295 años, y su última intervención fue en el año 2015 en su adaptación a Unidad del milenio, al ser un modelo educativo prototipo, dentro de los cambios realizados no se toman en cuenta factores climáticos, orientación, soleamiento, entre otros. Por lo que se evidencian distintas características y problemas dentro del mismo, tales como grietas en las losas, e infiltraciones en paredes y cielos rasos que causan problemas de confort al interior de los espacios del equipamiento.

Con el análisis y propuesta se busca que los principales beneficiarios sean los cerca de 200 docentes, y los 5000 estudiantes que este establecimiento tiene como capacidad según lo mencionado en su inauguración (Correa, 2015). El análisis 6D BIM permitirá evaluar la condición actual del confort y consumo energético de un bloque prototipo que cuenta con 12 aulas

y alberga alrededor de 492 personas. Identificando estrategias de diseño pasivo en envolventes que mejoren las horas de confort en los espacios internos y disminuyan el consumo energético de la edificación.

Con la ayuda de las simulaciones en el software Energy Plus se podrá evaluar la factibilidad de la propuesta y así generar mejoras en el proceso de enseñanza y adquisición de conocimientos, permitiendo el desarrollo de espacios adecuados dentro del equipamiento. De esta manera, a partir de la evaluación ex post y el análisis 6D BIM se puede tomar en cuenta los aspectos positivos y negativos del bloque de aulas del equipamiento, logrando de esta manera determinar las estrategias más convenientes que permitan lograr el confort adecuado dentro de los espacios educativos de esta unidad educativa del milenio.

## 1.4 Objetivos

### Objetivo General

Realizar un análisis 6D mediante BIM de la envolvente de un bloque de aulas prototipo de la unidad educativa del milenio Bernardo Valdivieso, para desarrollar una evaluación y propuesta de rehabilitación energética enfocada en el confort y eficiencia energética de la edificación.

### Objetivos Especificos

1. Identificar el marco teórico, conceptual y normativo respecto a los equipamientos educativos, el confort térmico, lumínico, acústico y BIM, como base para la evaluación y la propuesta de intervención de la unidad educativa.
2. Conocer las características de 6D BIM, para comprender su funcionamiento y aplicación en la evaluación de edificaciones en funcionamiento y la manera en que influyen los distintos elementos que las componen.
3. Analizar las propiedades térmicas y lumínicas de la envolvente en el bloque de aulas del establecimiento educativo, para la evaluación del confort y eficiencia energética tomando en cuenta normativas nacionales e internacionales como la NEC, GEEduc chilena y la norma Ashrae.
4. Plantear y evaluar estrategias de rehabilitación energética y arquitectónica mediante simulación BIM para mejorar las condiciones de confort de los espacios internos de la unidad educativa.

## 1.5 Preguntas de Investigación

- ¿Cuál es el nivel de confort que brinda la envolvente y el consumo energético existente en la Unidad Educativa del Milenio Bernardo Baldivieso?
- ¿Cuáles son las características y los parámetros de confort necesarios en las unidades educativas para el correcto proceso de enseñanza y aprendizaje?
- ¿Las aulas de la UEM "Bernardo Valdivieso" cumplen con los distintos parámetros de confort y necesarios para el correcto desarrollo educativo?
- ¿Qué estrategias se pueden utilizar para desarrollar una propuesta de rehabilitación energética y arquitectónica que mejore el confort y eficiencia energética en el equipamiento?

## 1.6 Metodología

La metodología que se plantea esta desarrollada con base en las fases consideradas por Arias Galicia (2017), y se encuentra adaptada en función a las necesidades de la investigación. Desarrollándola en fases que vayan desde el planteamiento del problema, análisis, hasta la propuesta de rehabilitación energética en la Unidad Educativa del Milenio Bernardo Valdivieso.

**Tabla 1. Proceso de Metodología.**

PROCESO DE METODOLOGÍA	
Etapa 1. Fase de Planeación.	<ul style="list-style-type: none"><li>- Antecedentes.</li><li>- Problemática.</li><li>- Justificación.</li><li>- Objetivos.</li><li>- Metodología.</li></ul>
Etapa 2. Fase Investigativa y de análisis.	<ul style="list-style-type: none"><li>- Revisar, detectar, obtener y extraer información de literatura.</li><li>- Desarrollo del marco teórico y estado del arte.</li><li>- Análisis de casos de análogos internacionales y conclusión.</li><li>- Diagnóstico urbano y arquitectónico del caso de aplicación.</li></ul>
Etapa 3. Fase Proyectual.	<ul style="list-style-type: none"><li>- Identificación y aplicación de estrategias.</li><li>- Anteproyecto.</li><li>- Validación del desempeño energético de la edificación.</li><li>- Proyecto ejecutivo.</li></ul>
Etapa 4. Redacción de conclusiones y recomendaciones.	

Elaborado por: El Autor.

# CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO.

## 2.1 Estado del Arte.

El trabajo de investigación se basa en la recopilación de información de documentos referentes a la problemática planteada. De esta manera el estado del arte realizado sirve como herramienta para determinar el proceso de análisis BIM 6D, a su vez el proceso concreto de evaluación y estrategias empleadas en rehabilitación energética, e identificar el software que cumpla con los parámetros para desarrollar las simulaciones de factibilidad del proyecto.

El estado del arte ayudó a identificar investigaciones similares a nivel internacional, en las cuales se identifican y analizan fallencias en los parámetros de eficiencia energética en edificaciones educativas. A continuación, se describe cada uno de ellos.

**Tabla 2. Estado del Arte.**

Tema	Autor/es	Año
Sustainability and Energy Efficiency: BIM 6D. Study of the BIM Methodology Applied to Hospital Buildings. Value of Interior Lighting and Daylight in Energy Simulation.	Montiel Santiago, F. Hermoso Orzáez, M., & Terrados Cepeda, J.	2020
Análisis de confort térmico en escuelas del milenio. Caso: Quito y Babahoyo.	Ledesma Hidalgo, G., & Rivera Lara, R.	2018
Evaluación energética y rehabilitación de la envolvente edilicia de una escuela en zona bioambiental templada cálida, Argentina.	Ré, G. & Filippín, C.	2021
Confort térmico en aulas escolares del trópico a partir de la aplicación de estrategias de diseño bioclimáticas pasivas.	Montoya, O. L.	2017

**Elaborado por: El Autor.**

El artículo denominado "Sustainability and Energy Efficiency: BIM 6D. Study of the BIM Methodology Applied to Hospital Buildings." (Montiel Santiago, F. Hermoso Orzáez, M., & Terrados Cepeda, J. 2020), hace mención a los beneficios de obtener modelos energéticos a través del BIM 6D, permitiendo observar el comportamiento energético y lograr plantear estrategias de intervención en las edificaciones. Esta investigación en primer lugar realiza el modelado arquitectónico del edificio a través del software Revit ya que este genera el modelo energético de la edificación y mediante el plugin Insight360 se desarrollan las simulaciones energéticas. A su vez esto les permitió establecer estrategias de mejora en distintos aspectos como condición de aire, control eficiente de energía, condiciones lumínicas y de confort para finalmente compararlas con los parámetros que existían y como mejorarían con las estrategias propuestas.

El artículo denominado "Análisis de confort térmico en escuelas del milenio. Caso: Quito y Babahoyo." (Ledesma Hidalgo, G., & Rivera Lara, R. 2018), es un estudio realizado en Ecuador con la finalidad de conocer las condiciones ideales térmicas en las aulas de las UEM y busca evaluar el impacto de técnicas de arquitectura pasiva para garantizar el confort térmico dentro de la edificación. Tomando como base teórica la normativa ASHRAE se realizaron encuestas y monitoreos de las condiciones ambientales que demostraron que los niveles de confort térmico varían de los estándares internacionales. De esta manera mediante simulaciones dinámicas en el software IES Virtual Environment se evaluó el desempeño térmico de las edificaciones y el impacto de la envolvente en el confort, siendo así que con las estrategias de diseño pasivo propuestas, como louvers horizontales y viseras de control solar, se logra incrementar los rangos de confort entre el 20 y 25% obteniendo los parámetros óptimos.

El artículo denominado "Evaluación energética y rehabilitación de la envolvente edilicia de una escuela en zona bioambiental templada cálida, Argentina." (Ré, G. & Filippín, C. 2021), tiene como objetivo el análisis del comportamiento energético de una unidad educativa, en este análisis se evalúan factores como las propiedades térmicas de la envolvente y el consumo energético a través del software energy plus. Esto en la búsqueda de lograr la rehabilitación energética de la edificación mediante la incorporación de estrategias como aislamientos exteriores en envolventes, y mejoras en techos y carpinterías.

El artículo denominado "Confort térmico en aulas escolares del trópico a partir de la aplicación de estrategias de diseño bioclimáticas pasivas." (Montoya, O. L. 2019), tiene como objetivo la evaluación del confort térmico en un aula típica en Cali, para determinar si los parámetros de confort dentro de las mismas son los pertinentes para el desarrollo de la educación. Tomando como base teórica la Norma Técnica Colombiana para así analizar de igual manera si los parámetros que se exigen son los correctos. Con la ayuda de simulaciones térmicas mediante el software EnergyPlus tanto en el proceso de evaluación como en el desarrollo de la propuesta se logrará evidenciar si las estrategias propuestas mejoran el desempeño térmico. Teniendo como resultado que con las estrategias de diseño bioclimáticas pasivas propuestas se mejora el desempeño de los materiales, la captación de calor, la iluminación natural, etc., logrando entrar en modelo adaptativo de confort necesario.

## 2.2. El valor de la arquitectura en la educación.

En el desarrollo educativo existen distintos aspectos que influyen de manera directa sobre el mismo, el más conocido es el método pedagógico. Sin embargo, la arquitectura es la que genera los distintos ambientes y espacios escolares, lugares donde los estudiantes y docentes pasan gran parte de su tiempo. De esta manera la arquitectura tiene gran relación con los procesos educativos de enseñanza y aprendizaje (Romaña, 2014), esto debido a que la transferencia adecuada de conocimientos depende de la calidad de la infraestructura donde se desarrolla. La motivación y el rendimiento de los estudiantes se ve ligada con la arquitectura de los espacios, ya que esta es la encargada de brindar las condiciones apropiadas de confort para la comodidad de los usuarios, y el correcto desarrollo educativo.

## 2.3. Equipamientos educativos.

Los equipamientos educativos son los establecimientos destinados a la formación de las personas en distintos niveles de

aprendizaje. Estas infraestructuras son de vital importancia en la planificación urbana de una ciudad, ya que además de brindar servicios educativos se encarga de integrarla con el contexto que la rodea, permitiendo la accesibilidad y comunicación de todos los ambientes y el paisaje urbano (Garzón, 2014). De esta manera implican un mayor análisis al ser un pilar fundamental dentro del desarrollo de la sociedad.

### 2.3.1. Tipos de equipamientos educativos.

Según la Ley orgánica de educación intercultural LOEI (2017), estos equipamientos educativos ofrecen sus servicios en diferentes niveles de formación, es por esto que según su nivel de educación ofertado estos equipamientos pueden ser:

**Tabla 3. Tipos de Equipamientos.**

<b>Centros de Educación Inicial</b>	Acogen a niños y niñas desde los 3 hasta los 5 años de edad, y presenta un desarrollo integral con los niveles 1 y 2 de educación inicial.
<b>Centros de Educación General Básica</b>	Su oferta académica está compuesta por la educación básica elemental, media y superior, que se desarrollan a lo largo de 10 años, previo al nivel de bachillerato.
<b>Centros de Bachillerato General Unificado e Internacional</b>	Su servicio comprende de tres años de educación en el nivel de bachillerato, posterior a la general básica.
<b>Unidades Educativas y del Milenio.</b>	Estas ofrecen el servicio educativo de dos o más niveles de educación y su infraestructura es mayor.

**Fuente:** Ley orgánica de educación intercultural (2017).

**Elaborado por:** El Autor.

La UEM Bernardo Valdivieso pertenece al grupo de unidades educativas y del milenio, en las cuales su infraestructura permite el desarrollo de dos o más niveles educativos, siendo de esta manera un equipamiento educativo más completo.

Las Unidades Educativas del Milenio nacen con la intención de ser instituciones públicas de alto nivel, implementando conceptos innovadores pedagógicos, técnicos y administrativos, con el fin de ser un modelo referente en el país (SENPLADES, 2011). Estas se caracterizan por contar con estándares de diseño estructural, hidro-sanitario, electrónico, eléctrico, mecánico y ambiental para su construcción. Y a su vez cuentan con dos tipologías, la menor que cuenta con una capacidad de 570 estudiantes y la de tipología mayor que alberga 1140 estudiantes por jornada.

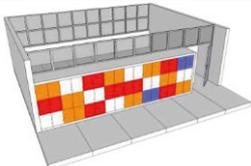
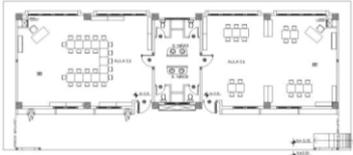
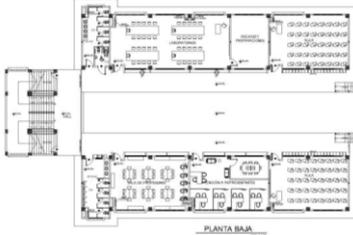
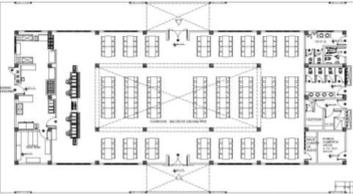
### 2.3.2. Características de los equipamientos educativos.

En el diseño y desarrollo de unidades educativas se contemplan varias zonas o espacios para el desarrollo de los estudiantes como lo son zonas de laboratorios, zonas deportivas, zonas cívicas, zonas verdes, bibliotecas, cafeterías, entre otras. Mediante las cuales se busca promover el desarrollo eficaz de los

procesos de aprendizaje mediante la mixtidad de usos dentro del equipamiento educativo.

De igual manera existen distintas características que se deben cumplir con la estandarización de estos equipamientos.

**Tabla 4. Características de Equipamientos Educativos.**

<p><b>Módulo de aula:</b> Esta se desarrolla en base a un sistema de retícula modular que se puede aplicar en administración, laboratorios, biblioteca, comedor, etc.</p>	
<p><b>Bloque de aulas modulares de Educación inicial:</b> Cuentan con una capacidad de 25 estudiantes, área bruta de 72m<sup>2</sup> y 2,55m<sup>2</sup> por estudiante.</p>	
<p><b>Bloque de aulas EGB y BGU:</b> Cuenta con una capacidad de 420 hasta 500 estudiantes, cuenta con 12 aulas modulares con un área útil de 768m<sup>2</sup>. También cuenta con baterías sanitarias.</p>	
<p><b>Bloque de Laboratorios:</b> Su capacidad es de 66 estudiantes con un área útil de 128m<sup>2</sup> por aula y 2m<sup>2</sup> de área por estudiante.</p>	
<p><b>Bloque de Sala de Uso Múltiple/Comedor:</b> Su capacidad es de 144 personas, con un área útil del módulo de 233m<sup>2</sup>.</p>	

**Fuente:** Normas técnicas y estándares para la construcción y repotenciación de infraestructura educativa. Ministerio de Educación del Ecuador (2015).

**Elaborado por:** El Autor.

## 2.4. El confort ambiental en la arquitectura.

En la arquitectura el confort dentro de los espacios es primordial para el correcto desarrollo del ser humano en su interior, ya que esta determina la fluidez, comodidad, entre otros aspectos. Siendo así que el confort ambiental se genera cuando los usuarios de una edificación sienten el bienestar físico y psicológico generado gracias a un correcto confort térmico, lumínico, acústico y visual dentro de las mismas (AChEE, 2012). Estos factores que influyen deben estar dentro de los rangos óptimos, para así generar edificaciones cómodas que generen el bienestar y correcto desarrollo de los usuarios.

### 2.4.1. Parámetros que determinan el confort ambiental.

En el confort térmico, lumínico, acústico y de calidad de aire, existen distintos parámetros que se deben tomar en cuenta para poder tener como resultados ambientes agradables para el desarrollo óptimo de actividades.

**Tabla 5. Parámetros que determinan el confort ambiental.**

<b>Confort lumínico</b>	El confort lumínico está ligado directamente con el confort visual de los usuarios, para esto se deben crear ambientes agradables para el usuario tomando en cuenta los parámetros de niveles de iluminación, factor luz día, uniformidad, índice de deslumbramiento, vista al exterior, superficie de vanos y factor de reflexión de parámetros interiores. Con el objetivo de brindar de confort y una mayor eficiencia energética en las edificaciones.
<b>Confort térmico</b>	El confort térmico se basa en las condiciones internas en que los usuarios se encuentran cómodos y satisfechos. Esto se determina según el porcentaje de ocupantes y actividad que se realiza en el interior de los espacios, tomando como referencia la temperatura operativa recomendable y la transmitancia térmica de la envolvente.
<b>Calidad de aire y ventilación</b>	La calidad de aire y ventilación deben estar controladas para mejorar la productividad y sensaciones de bienestar respiratorio dentro de los espacios, y a su vez para disminuir alergias respiratorias y la transmisión aérea de enfermedades. Los parámetros que determinan la calidad del aire son: la superficie mínima de ventana operable, volumen de aire, flujo de aire, cambios de aire, concentración de CO <sub>2</sub> y la altura libre interior.
<b>Confort acústico</b>	Su objetivo es controlar el confort acústico dentro de las edificaciones, buscando la protección contra el ruido del resto de ambientes y edificios aledaños. Los parámetros que lo determinan son el aislamiento acústico y el confort acústico, que señala rangos y niveles de ruido apropiados.

**Fuente:** Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE).

**Elaborado por:** El Autor.

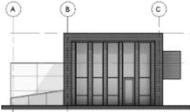
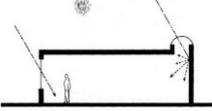
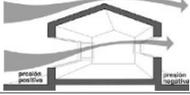
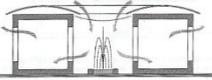
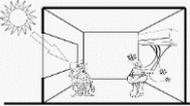
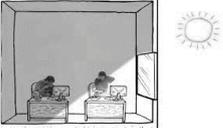
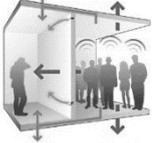
## 2.5. Eficiencia energética.

La eficiencia energética está determinada por el consumo de energía óptimo para abastecer las necesidades y funciones que se desarrollan en el interior de los espacios, aplicando distintas estrategias que no eleven el consumo energético innecesario y permitan el correcto desarrollo de la edificación. Siendo de esta manera importante para lograr una edificación que genere bajos niveles de consumo y que a su vez en su interior genere el confort necesario para el correcto desarrollo humano.

### 2.5.1. Criterios que determinan la eficiencia de una edificación.

Existen distintos factores que determinan la eficiencia y el desempeño energético de una edificación, en distintas normativas y guías internacionales como la ASHRAE y la GEEEduc se hace referencia a estos factores, que se los desarrolla a continuación.

**Tabla 6. Criterios de eficiencia y desempeño energético.**

<p><b>Criterios de Diseño Constructivo.</b> Las edificaciones cuentan con un diseño de envolvente, que a través de sus características esta encargada de limitar la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar dentro de los espacios.</p>	<p><b>Envolvente.</b> -Muros, ventanas, cancelas, herrerías, domos, techos, volados, marcos, celosías, louvers, etc.</p>	
	<p><b>Ventanas.</b> - Parámetros de acristalamiento, tipo de carpintería, gas de relleno, número de vidrios, tipos de vidrio, materiales de masa térmica, nivel de aislamiento.</p>	
	<p><b>Protecciones solares.</b> - Elementos fijos: Voladizos, vegetación, colores claros, vidrios de control solar, lamas, etc. - Elementos móviles: Toldos, persianas, mallorquinas, fachadas cinéticas.</p>	
<p><b>Criterios de Diseño Arquitectónico.</b> En el diseño y planificación de las edificaciones se toma en cuenta la orientación y factores climáticos que influyen directamente en el edificio para de esta manera aprovechar la luz y ventilación natural de mejor forma.</p>	<p><b>Iluminación natural.</b> - Luz solar directa (CSH). - Luz solar difusa (CSdf). - Luz reflejada en obstáculos (CRO). - Luz reflejada del terreno (CRT).</p>	
	<p><b>Ventilación natural.</b> - Aperturas de entrada y salida del aire. - Ventilación mecánica. - Orientación del edificio.</p>	
	<p><b>Permeabilidad del aire.</b> - Aberturas en fachadas. - Patios internos. - Vegetación en aberturas.</p>	
<p><b>Criterios de Confort Ambiental.</b> Los edificios permitirán asegurar el confort ambiental de sus ocupantes, definido por parámetros apropiados de confort térmico, lumínico, acústico y de calidad del aire, beneficiando su rendimiento y bienestar.</p>	<p><b>Térmico.</b> -Tasa metabólica. - Temperatura del aire. - Temperatura radiante. - Velocidad del aire. - Humedad.</p>	
	<p><b>Lumínico.</b> - Iluminación natural. - Cantidad y calidad de luz. - Fuentes de luz artificial.</p>	
	<p><b>Acústico.</b> - Nivel de presión sonora. - Curvas de valoración. - Tiempo de reverberación - Índice de ruido en espacios internos.</p>	
	<p><b>Calidad del aire.</b> - Sensores de CO2. - Sensores de concentración VOC. - Sensores de humedad.</p>	

**Criterios de Instalaciones.**

Las instalaciones deben diseñarse y calcularse de la manera correcta, esto para luego ejecutarse de una manera que reduzca el consumo de energía convencional.

**Eléctricas.**

- Análisis de riesgos de origen eléctrico.
- Diseño del sistema de puesta a tierra.
- Cálculo y coordinación de protecciones.

**Iluminación.**

- Cálculos de regulación.
- Elaboración de diagramas unifilares.



**Fuente:** Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AchEE).

**Elaborado por:** El Autor.

### 2.5.2. Estrategias aplicables para lograr la eficiencia energética.

Existen distintas estrategias activas y pasivas para lograr el rendimiento óptimo energético de una edificación, con el objetivo de proporcionar el confort y calidad ambiental de manera adecuada optimizando los factores medioambientales del lugar.

**Tabla 7. Estrategias activas aplicables para lograr la eficiencia energética.**

Estrategias de energías renovables	- Energía Solar-Eléctrica. - Energía Eólica.
Estrategias de calefacción de alta eficiencia	- Energía Solar Térmica. - Sistema de calefacción HVAC de alta eficiencia. - Sistema de recuperación de calor HRV. - Calefacción por suelo radiante.
Estrategias de ventilación de alta eficiencia	- Sistema de ventilación y aire acondicionado HVAC de alta eficiencia. - Sistema de ventilación con recuperación de energía ERV. - Ventiladores de techo reversibles.
Estrategias de reutilización de aguas.	- Recuperación de calor de agua de drenaje. - Reutilización de aguas grises.
Estrategias de iluminación de alta eficiencia.	- Luces y accesorios de bajo consumo.

**Fuente:** Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AchEE).

**Elaborado por:** El Autor.

**Tabla 8. Estrategias pasivas aplicables para lograr la eficiencia energética.**

<b>Estrategias de calentamiento pasivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protección térmica de la envolvente. (Muros, techos, pisos, ventanas.)</li> <li>- Captación de energía solar pasiva.</li> <li>- Masa térmica.</li> <li>- Intercambiadores de calor geotérmicos.</li> <li>- Sistemas de recuperación de calor.</li> </ul>
<b>Estrategias de enfriamiento pasivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sombra externa fija u operable.</li> <li>- Relación de área de ventana a pared baja.</li> <li>- Enfriamiento nocturno.</li> <li>- Enfriamiento por evaporación pasiva.</li> </ul>
<b>Estrategias de ventilación natural</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ventilación-enfriamiento lateral por una abertura.</li> <li>- Ventilación-enfriamiento lateral por dos aberturas superior e inferior en una fachada.</li> <li>- Ventilación-enfriamiento transversal (cruzada).</li> <li>- Ventilación Stack directa.</li> <li>- Ventilación convectiva indirecta.</li> <li>- Ventilación híbrida.</li> </ul>
<b>Estrategias de iluminación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ventana lateral baja o ventana de vista.</li> <li>- Ventana lateral superior.</li> <li>- Repisas de luz.</li> <li>- Luz cenital o lucernario asociado al muro.</li> <li>- Iluminación cenital central.</li> </ul>
<b>Estrategias de diseño acústico.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aislamiento acústico a ruido aéreo.</li> <li>- Aislamiento acústico a ruido de impacto.</li> </ul>

**Fuente:** Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AcheE).

**Elaborado por:** El Autor.

## 2.6. Importancia de las envolventes en el diseño de edificaciones.

La envolvente cumple un papel fundamental en las edificaciones, ya que esta se encuentra en contacto directo con el exterior y brinda protección en los espacios internos. El material y tipo de envolvente son los encargados de regular las pérdidas y ganancias de calor, así mismo determinan el consumo energético debido a la iluminación y ventilación que se empleen, es por esto que se debe tomar en cuenta las características del lugar para determinar la envolvente adecuada que genere confort ambiental en su interior y sea eficiente energéticamente (Díaz & Vogt, 2011).

### 2.6.1. Tipos de envolventes y sus características.

Al ser la envolvente la capa externa de un edificio, es la encargada de vincular los ambientes externos con los internos, con la finalidad de crear condiciones de habitabilidad óptimas para los usuarios. Las envolventes están compuestas por los muros, piel del edificio, los cerramientos fijos y móviles, las cubiertas planas e inclinadas y por la superficie en contacto con el terreno. A continuación, se muestran algunos aspectos que definen las envolventes.

**Tabla 9. Aspectos que definen las envolventes.**

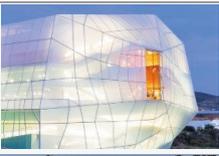
<b>Protección climática</b>	Aislante térmico, sol, viento, agua, humedad, etc.
<b>Iluminación</b>	Natural – artificial.
<b>Ventilación</b>	Natural – mecánica.
<b>Visual</b>	Privacidad - exposición.
<b>Tecnología constructiva</b>	Sistemas constructivos.
<b>Materialidad</b>	Propiedades físicas.
<b>Contexto - entorno</b>	Tradición constructiva, mimesis con el entorno.

**Fuente:** Guía del estándar Passivhaus.

**Elaborado por:** El Autor.

Las envolventes se dividen en distintos tipos y se usan dependiendo de lo que se desee lograr en la concepción del proyecto arquitectónico, ya que estas cuentan con características diferentes respecto a su impermeabilización, capilaridad, transmitancia térmica, puente térmico, inercia térmica, captación solar y protección solar.

Tabla 10. Tipos de envolventes.

<p><b>Fijas.</b> Estas envolventes están compuestas por dispositivos fijos de protección solar, generando cambios estéticos y funcionales en las edificaciones.</p>			<p><b>Móviles.</b> A diferencia de las envolventes fijas, estas se componen de elementos de protección solar que trabajan en función de los factores climáticos externos, y generan dinamismo en las fachadas.</p>
<p><b>Livianas.</b> Su función es netamente estética ya que al ser envolventes livianas no generan beneficios en cuanto a generación de sombras.</p>			<p><b>Pesadas.</b> Estas fachadas se denominan así debido al factor estético que está ligado a muros gruesos y superficies vidriadas pequeñas que benefician al confort térmico interno.</p>
<p><b>Opacas.</b> Este tipo de envoltente busca evitar la permeabilidad de los espacios internos con el exterior.</p>			<p><b>Transparentes.</b> Estas envolventes se aplican cuando se busca generar mayor captación de luz natural hacia el interior de las edificaciones.</p>
<p><b>Translúcidas.</b> Su función es generar permeabilidad de los elementos externos hacia el interior de los espacios.</p>			<p><b>Reflejantes.</b> Este tipo de envolventes busca relacionarse con el entorno a través de la reflectancia.</p>
<p><b>Permeables.</b> Este tipo de envolventes genera en cambio la permeabilidad de los espacios internos hacia el exterior y a su vez aplica dispositivos de sombra.</p>			<p><b>Perforadas.</b> Estas envolventes generan beneficios de fachadas ventiladas y protección solar. De igual manera se forma influye estéticamente en las fachadas.</p>
<p><b>Moduladas.</b> Este tipo de fachadas genera simetría y continuidad en las fachadas, brindando beneficios de ventilación y protección solar.</p>			<p><b>Vegetales.</b> Están compuestas por elementos vegetales que generen disminución de ganancias solares y ventilación pasiva.</p>

Fuente: Revista Tectónica II.

Elaborado por: El Autor.

## 2.7. Evaluación Building Information Modeling (BIM).

### 2.7.1. Introducción al BIM.

Para entender la definición de evaluación BIM, se deben comprender los términos que la componen, ya que es un acrónimo con dos conceptos similares. Uno de ellos es "Building Information Model" que viene a ser una representación individual de un producto de construcción, el cual contiene información sobre todos sus procesos constructivos. Mientras que su segundo concepto "Building Information Modeling" se refiere a la metodología empleada para el desarrollo y uso de modelos BIM en diferentes etapas del ciclo de vida de un proyecto, como lo son las decisiones de diseño, construcción y operación, de manera que existe una conexión entre los diferentes actores del proyecto (CChC, 2017).

A pesar de que son dos términos con definiciones distintas, estos llegan a estar relacionados de manera directa el uno del otro, ya que la generación del modelo se encuentra bajo el desarrollo de la metodología ya establecida, trabajando de manera conjunta. De esta manera en aspectos generales el uso de la metodología BIM y las herramientas que nos brinda genera

una serie de efectos beneficiosos para los usuarios y para el proyecto en las fases de concepción como en el producto final.

### 2.7.2. Dimensiones del BIM.

Dentro del BIM se desarrollan siete diferentes dimensiones que nacen de la idea de las tres dimensiones que conformaban inicialmente el modelado BIM, cada una de estas dimensiones está enfocada en una disciplina o fase del proyecto diferente.

Con esta clasificación de las dimensiones que abarca el BIM se logra recolectar muchos más datos necesarios para el correcto desarrollo de un proyecto arquitectónico, esto debido a que se evalúan diversos temas de una manera más profunda. Logrando así plasmar la idea en la representación 2D y 3D, para luego obtener costos, tiempos de ejecución, rendimientos energéticos y finalmente la gestión del proyecto. Esto como resultado de un trabajo conjunto entre dimensiones.

De esta manera se procede a conocer más a detalle el BIM 6D debido a que la presente investigación está enfocada en el análisis de gestión de recursos y consumo energético de un equipamiento educativo .

**Tabla 11. Dimensiones del BIM.**

1D – Idea.	Se desarrollan procesos iniciales del proyecto, como investigación, conceptualización de la idea, estimación de superficies, costes y volumetrías.	
2D – Planimetría.	Se realizan bocetos y planos, para posteriormente identificar materiales y definir el software para el siguiente nivel de representación del proyecto.	
3D – Modelo.	Se desarrolla un modelo 3D colaborativo para obtener y generar información sobre el proyecto, buscando disminuir el número de correcciones y poder modificar las vistas.	
4D – Tiempos.	Permite comprender y controlar los procesos de la ejecución del proyecto al agregar la variable de tiempo al modelo.	
5D – Costos.	De manera complementaria con la variable de tiempo, esta permite definir la cantidad de materiales y estimar los gastos de operación.	
6D – Sostenibilidad.	Desarrolla la simulación de gestión de recursos y consumo energético en proyectos en funcionamiento o previo a la fase de construcción	
7D - Gestión.	Permite emplear herramientas de monitoreo del funcionamiento del proyecto, con el objetivo de facilitar mantenencias, inspecciones y reparaciones.	

Fuente: Guía Técnica BIMAT (2020).

Elaborado por: El Autor.

### 2.7.3. BIM 6D.

La sexta dimensión del BIM se enfoca en producir modelos para posteriormente realizar simulaciones que generen cálculos y análisis mediante softwares especiales. Comenzando con un modelo geométrico que debe tomar en cuenta propiedades específicas que pueden definir el comportamiento térmico del proyecto (Ibáñez, 2021).

Estos modelos utilizados en esta dimensión requieren información detallada, como propiedades físicas, propiedades térmicas, emplazamiento, y materiales para realizar simulaciones adecuadas y que los cálculos sean los más precisos posibles. Es por ello que es necesario contar con una maqueta virtual a la que podamos someter a análisis energéticos para poder ir aplicando posibles modificaciones o mejoras al mismo tiempo que se desarrolla el proyecto.

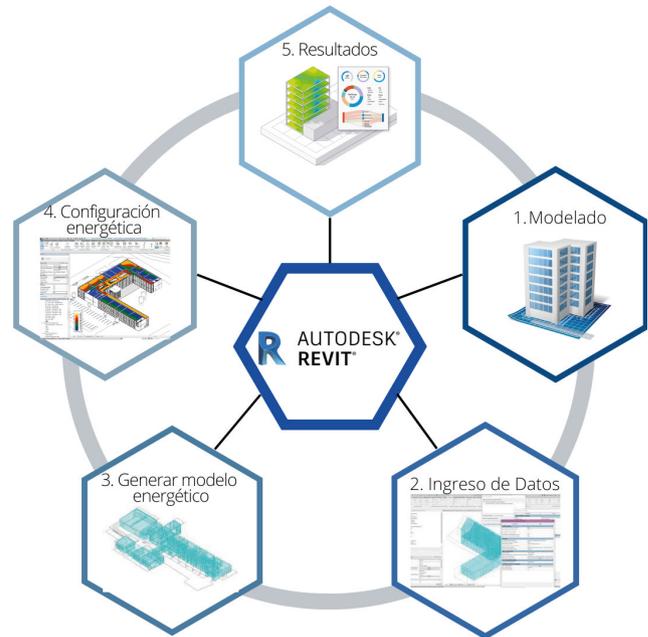
Dentro del entorno BIM podemos usar múltiples aplicaciones para explorar esta dimensión, ya sean motores de simulación energética, entornos de análisis energético o extensiones o plugin de análisis energético.

#### Simulación y análisis energético mediante tecnología BIM.

Al existir distintos motores de simulación y análisis energético se debe tomar en cuenta las características de las simulaciones y los resultados que se pueden obtener con cada uno de ellos. El software Energy Plus para Revit es una herramienta muy versátil que nos permite empezar a realizar la simulación energética y análisis de una edificación tan solo con la volumetría de la masa del edificio, su número de plantas y orientación. Así mismo se puede conocer el consumo de energía en los sistemas de calefacción, refrigeración, ventilación, iluminación, cargas y procesos de consumo de agua en edificios. Dándonos como resultado tablas y gráficos donde se pueden evidenciar los valores de consumo energético de la edificación.

De la misma manera al proporcionar mayores características de las edificaciones se pueden realizar soluciones integradas de las condiciones de las zonas térmicas, soluciones basadas en el balance térmico de efectos radiantes y convectivos producidos por las temperaturas superficiales, modelos combinados de transferencia de calor y masa, entre otros. Logrando de esta manera obtener un análisis bastante completo de una edificación a partir de las simulaciones BIM.

Ilustración 1. Flujo de trabajo de Revit y Energy Plus.



Elaborado por: El Autor.

## 2.8. Marco Normativo.

### 2.8.1. Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC).

La Norma Ecuatoriana de la Construcción en su capítulo de Habitabilidad y Salud, hace mención a distintos parámetros que deben tomarse en cuenta para lograr niveles de confort térmi-

co dentro de edificaciones, y a su vez evalúan parámetros de eficiencia energética y climatización.

En el capítulo de Habitabilidad y Salud se desarrollan el apartado de eficiencia energética y climatización en los que se menciona los siguiente:

**Tabla 12. Normativa Ecuatoriana de la Construcción.**

NEC Eficiencia Energética (EE)	<p>Este capítulo hace mención al análisis de la metodología utilizada por la norma ASHRAE, pero con datos nacionales proporcionados por el INAHMI. El mismo se desarrolla en cuatro partes.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La primera se enfoca en hacer mención de antecedentes, definiciones, simbologías, unidades, abreviaciones simbología de fórmulas, marco normativo, normas y estándares internacionales y otras referencias.</li> <li>- En su segunda parte contiene los campos de aplicación, que está enfocada para ser aplicada en el diseño de nuevas edificaciones y remodelaciones a nivel nacional.</li> <li>- El tercer parte cuenta con la zonificación climática, punto que se debe tomar en cuenta para las edificaciones que se pretendan evaluar. De esta manera cuenta con tablas y gráficos en los que se dividen las provincias por regiones, ciudades y zonas climáticas. En el caso de Loja se encuentra en la región sierra y en una zona climática continental lluviosa que hace referencia a un criterio térmico de <math>CDD10^{\circ}C \leq 2500</math> y <math>HDD18^{\circ}C \leq 2000</math>.</li> <li>- El cuarto punto es el que trabaja en conjunto con los mencionados antes ya que se refiere a las exigencias prescriptivas. En esta se evalúa la envolvente de la edificación, como su aislamiento en muros y pisos, y los elementos opacos y translucidos que la componen. A su vez se evalúan parámetros de pérdida de transmisión de calor, calidad de aire, y valores de iluminación.</li> </ul>																											
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ZONA CLIMÁTICA (Ecuador)</th> <th>ZONA CLIMÁTICA (ASHRAE 90.1)</th> <th>NOMBRE</th> <th>CRITERIO TÉRMICO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1A</td> <td>HÚMEDA MUY CALUROSA</td> <td><math>5000 &lt; CDD10^{\circ}C</math></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2A</td> <td>HÚMEDA CALUROSA</td> <td><math>3500 &lt; CDD10^{\circ}C \leq 5000</math></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3C</td> <td>CONTINENTAL LLUVIOSA</td> <td><math>CDD10^{\circ}C \leq 2500</math> y <math>HDD18^{\circ}C \leq 2000</math></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4C</td> <td>CONTINENTAL TEMPLADO</td> <td><math>2000 &lt; HDD18^{\circ}C \leq 3000</math> <math>CDD10^{\circ}C \leq 2500</math> y <math>HDD18^{\circ}C \leq 2000</math></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>5C</td> <td>FRÍA</td> <td><math>2000 &lt; HDD18^{\circ}C \leq 3000</math> <math>3000 \text{ m} &lt; \text{Altura (m)} \leq 5000 \text{ m}</math></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>6B</td> <td>MUY FRÍA</td> <td><math>CDD10^{\circ}C \leq 2500</math> y <math>HDD18^{\circ}C \leq 2000</math> <math>2000 &lt; HDD18^{\circ}C \leq 3000</math> <math>5000 \text{ m} &lt; \text{Altura (m)}</math></td> </tr> </tbody> </table>	ZONA CLIMÁTICA (Ecuador)	ZONA CLIMÁTICA (ASHRAE 90.1)	NOMBRE	CRITERIO TÉRMICO	1	1A	HÚMEDA MUY CALUROSA	$5000 < CDD10^{\circ}C$	2	2A	HÚMEDA CALUROSA	$3500 < CDD10^{\circ}C \leq 5000$	3	3C	CONTINENTAL LLUVIOSA	$CDD10^{\circ}C \leq 2500$ y $HDD18^{\circ}C \leq 2000$	4	4C	CONTINENTAL TEMPLADO	$2000 < HDD18^{\circ}C \leq 3000$ $CDD10^{\circ}C \leq 2500$ y $HDD18^{\circ}C \leq 2000$	5	5C	FRÍA	$2000 < HDD18^{\circ}C \leq 3000$ $3000 \text{ m} < \text{Altura (m)} \leq 5000 \text{ m}$	6	6B	MUY FRÍA
ZONA CLIMÁTICA (Ecuador)	ZONA CLIMÁTICA (ASHRAE 90.1)	NOMBRE	CRITERIO TÉRMICO																									
1	1A	HÚMEDA MUY CALUROSA	$5000 < CDD10^{\circ}C$																									
2	2A	HÚMEDA CALUROSA	$3500 < CDD10^{\circ}C \leq 5000$																									
3	3C	CONTINENTAL LLUVIOSA	$CDD10^{\circ}C \leq 2500$ y $HDD18^{\circ}C \leq 2000$																									
4	4C	CONTINENTAL TEMPLADO	$2000 < HDD18^{\circ}C \leq 3000$ $CDD10^{\circ}C \leq 2500$ y $HDD18^{\circ}C \leq 2000$																									
5	5C	FRÍA	$2000 < HDD18^{\circ}C \leq 3000$ $3000 \text{ m} < \text{Altura (m)} \leq 5000 \text{ m}$																									
6	6B	MUY FRÍA	$CDD10^{\circ}C \leq 2500$ y $HDD18^{\circ}C \leq 2000$ $2000 < HDD18^{\circ}C \leq 3000$ $5000 \text{ m} < \text{Altura (m)}$																									
NEC Climatización (CL)	<p>Este documento se desarrolla ante la búsqueda de generar un uso racional de energía, mediante la definición de la eficiencia mínima en equipos de climatización y su consumo energético, aplicando medidas de eficiencia energética en las edificaciones garantizando el uso eficiente de estos equipos.</p>																											
	<p>Esta norma tiene por objeto, a partir de condiciones básicas de diseño de la edificación establecer las exigencias de eficiencia energética, protección del medio ambiente y seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en las edificaciones destinadas a atender la demanda de confort térmico y calidad del aire interior, durante su diseño y dimensionamiento, ejecución, mantenimiento y uso, así como determinar los procedimientos que permitan acreditar su cumplimiento.</p> <p>En esta norma encontramos algunos criterios térmicos mínimos que se deben tomar en cuenta, como el rendimiento energético, la distribución de calor y frío, la regulación y control de instalaciones, contabilización de consumos, recuperación de energía y utilización de energías renovables. Con la finalidad de que, a partir del correcto diseño, cálculo, mantenimiento y uso, se reduzca el consumo de energía convencional y a su vez la emisión de gases contaminantes.</p>																											

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (2018).

Elaborado por: El Autor.

## 2.8.2. Normas y estándares para las construcciones escolares (UNESCO).

Para la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, la UNESCO, las edificaciones educativas no se encuentran desarrolladas en busca de una educación efectiva, ya que las mismas son insatisfactorias por conflictos entre estándares y lineamientos de la construcción. Lo cual eventualmente afecta el confort de todos los usuarios, por lo que con sus dos objetivos planteados busca el confort de las personas y la construcción eficiente de estos espacios educativos.

Para ello plantea las normas y estándares para las construcciones escolares y las divide en tres módulos:

**Tabla 13. Normas y estándares (UNESCO).**

<b>Módulo 1.</b>  <b>Calidad, recursos y equidad.</b>	La UNESCO plantea criterios de la infraestructura educativa, que son importantes para su creación y recaudación, son los siguientes: <ul style="list-style-type: none"><li>- Cumplimiento de los requerimientos del usuario, de espacio y equipo, de acuerdo con los recursos económicos.</li><li>- Construcciones estructuralmente sólidas.</li><li>- Condiciones de confort y bienestar.</li><li>- Respeto al medio ambiente local.</li><li>- Costos equitativos a la demanda e inversión.</li></ul>
<b>Módulo 2.</b>  <b>Diseño, construcción y costos.</b>	Se examinan las normas y estándares, teniendo en cuenta la mejor manera de establecer cada parámetro y los problemas técnicos específicos relacionados con su expresión y aplicación. El terreno donde se encuentra situada la escuela, cuenta con dos características: <ul style="list-style-type: none"><li>-La relación con la comunidad a la que sirve.</li><li>-La calidad respecto a las funciones para las cuales fue seleccionado, como su adecuación a la construcción y el área disponible para juegos u otras actividades al aire libre.</li><li>-Para el diseño arquitectónico la UNESCO toma en cuenta normas y estándares como: ergonómica, sanidad y seguridad, bajo estos tres rubros, las normas y estándares,</li></ul>
<b>Módulo 3.</b>  <b>Alternativas en práctica.</b>	Indica que existen tres tipos de agencia que pueden emitir normas y estándares dentro de la práctica. <ul style="list-style-type: none"><li>-Autoridades educativas o de construcciones nacionales.</li><li>-Los bancos de desarrollo, las agencias bilaterales de crédito y asistencia.</li><li>-Los institutos de investigación nacionales o internacionales, en algunos países, ya mejoran la calidad y establecen las bases para el desarrollo de las normas nacionales.</li><li>-Este apartado refiere, a las normas y estándares, cómo existen dentro de la práctica y como se aplican en la realidad</li></ul>

**Fuente:** UNESCO (1987).

**Elaborado por:** El Autor.

### 2.8.3. Normas técnicas y estándares para la construcción y repotenciación de infraestructura educativa.

El Ministerio de Educación de Ecuador en su documento de Normas técnicas y estándares nos hace referencia a diferentes estándares arquitectónicos, estructurales, ambientales, hidro-sanitarios, mecánicos, eléctricos, y electrónicos que se deben tomar en cuenta para desarrollar el modelo de establecimientos educativos adecuados.

El desarrollo de cada uno de estos estándares que se deben tomar en cuenta se dividen en 8 capítulos donde se pueden analizar cada uno más detalladamente.

**Tabla 14. Estándares de infraestructura educativa.**

<p><b>Cap. 1.</b> <b>Eficiencia energética en establecimientos educativos</b></p>	<p>La guía empieza realizando una introducción del papel esencial que cumple la energía en el desarrollo humano y económico en el bienestar de las sociedades. Mostrando rangos de emisiones de gases y la manera en que esta afecta al ecosistema del planeta.</p> <p>Al estar la guía enfocada en Chile se muestran cuadros de los rangos de consumo energético según el tipo de energía y usos. Una vez analizados todos estos datos se desarrolla un análisis de la eficiencia energética en el sector educacional teniendo como objetivo reducir el consumo energético y obtener un nivel de confort ambiental adecuado. Para ello se toman como referencia la regularización y desarrollo de sistemas de alta eficiencia energética en países como Inglaterra, Estados Unidos y Francia.</p> <p>Para el desarrollo de la eficiencia energética y de confort se hace mención a reglamentación europea y de Estados Unidos, en base al confort lumínico, térmico, de calidad de aire y ventilación, permeabilidad del aire, confort acústico.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Normativa ASHRAE.</li> <li>- Norma Europea EN.</li> <li>- Building Bulletin Guide.</li> <li>- ANSI S12.60.</li> <li>- Nouvelle Reglmentation Acoustique (NRA).</li> <li>- IESNA Handbook.</li> </ul>
<p><b>Cap. 2.</b> <b>Estrategias de diseño pasivo de establecimientos educativos.</b></p>	<p>En este capítulo hace mención al diseño pasivo y su búsqueda de proveer condiciones de confort en el interior de los edificios mediante la optimización de los factores medioambientales del lugar. De esta manera muestra de manera detallada las principales estrategias de diseño pasivo que son aplicables en aulas escolares, tomando en cuenta criterios de calentamiento, enfriamiento, iluminación, ventilación y acústica.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Siendo de esta manera que la primera estrategia se enfoca en la importancia del confort térmico en el aprendizaje, analizando parámetros ambientales y personales de confort térmico, protección térmica de la envolvente, muros, techumbres, pisos, ventanas, captación de energía solar, masa térmica y sistemas de recuperación de calor.</li> <li>- La segunda estrategia es en base a la ventilación natural, se basan en torno a mantener la calidad del aire en los lugares de trabajo en condiciones correctas para el desarrollo y protección humana, realizando análisis de contaminantes y fuentes, enfocándose así mismo en los principios de ventilación natural como la presión por efecto viento, presión por efecto convectivo, efecto combinado de viento y convectivo, ventilación transversal, ventilación stack directa, ventilación convectiva indirecta y ventilación híbrida.</li> <li>- En cuanto a las estrategias de iluminación se evalúa la importancia de la luz natural, ya que viene a ser parte de los atributos más importantes de un establecimiento educativo, ya que esto favorece en el rendimiento y confort de los estudiantes, ya que rinden entre el 20 y 26% más que en zonas sin luz natural. El confort visual viene de la mano de la iluminación natural, ya que es importante para evitar tensiones oculares y otros malestares. Se deben tomar en cuenta valores de reflexión de luz en las superficies, uniformidad de la luz día, control de deslumbramiento, estrategias como ventanas laterales bajas y altas, repisas de luz, luz cenital, protecciones solares y sistemas de iluminación artificial.</li> <li>- En cuanto a estrategias de diseño acústico, hace referencia al aislamiento acústico a ruido aéreo, aislamiento acústico a ruido de impacto, entre otros.</li> </ul>

<p><b>Cap. 3.</b>  <b>Diseño pasivo de aula tipo por zona climática.</b></p>	<p>En el caso de esta guía se enfoca en el territorio chileno, y para esto se identifican las diferentes zonas climáticas que se desarrollan a lo largo del país. El comportamiento energético y ambiental de un aula depende principalmente del clima en que se localiza. Como resultado de la variedad de climas existentes se pueden apreciar las múltiples respuestas arquitectónicas y las diversas estrategias de diseño al momento de diseñar aulas que incorporen criterios de eficiencia energética.</p> <p>En estas simulaciones se tomaron en cuenta las demandas energéticas de calefacción, refrigeración y consumo energético de iluminación, mediante el software Energy Plus. El mismo que evalúa parámetros de orientación, infiltraciones, áreas vidriadas, tipo de vidrio y envolvente.</p>
<p><b>Cap. 4.</b>  <b>Diseños pasivos del aula integral.</b></p>	<p>Este capítulo complementando al anterior analiza los efectos que tienen las variables de orientación, envolvente térmica, superficie vidriada, tipo de vidrio e infiltraciones, sobre la demanda energética del aula escolar. Para ello se considera un aula tipo de características simples, la cual permite generar determinadas recomendaciones de diseño que apuntan a la eficiencia energética según cada zona climática.</p> <p>Los modelos que se presentan en la guía no pretenden ser modelos a replicar, sino que apuntan a integrar las estrategias diseño térmico, lumínico, acústico, y de ventilación detalladas en el capítulo 2, en diseños de aulas apropiados a las distintas zonas climáticas de Chile y analizar sus efectos en base a simulaciones con distintos softwares.</p>

**Fuente:** Normas técnicas y estándares para la construcción de infraestructura educativa. Ministerio de Educación del Ecuador (2015).

**Elaborado por:** El Autor.

## 2.8.4. Guía de Eficiencia Energética para Establecimiento Educativos.

La Guía de Eficiencia Energética en Establecimientos Educativos (2012) concentra información valiosa de estos tiempos y de los estándares que debe tener la edificación de hoy y del futuro, ya que aborda en detalle la importancia del confort en el proceso de aprendizaje escolar y revisa de manera profunda

aspectos de confortabilidad, no solamente térmica y lumínica, directamente relacionadas al desempeño energético, sino también aspectos como la calidad del aire interior y el diseño acústico.

**Tabla 15. Guía de Eficiencia Energética para Establecimientos Educativos.**

<p><b>Cap. 1.</b> <b>Eficiencia energética en establecimientos educativos</b></p>	<p>La guía empieza realizando una introducción del papel esencial que cumple la energía en el desarrollo humano y económico en el bienestar de las sociedades. Mostrando rangos de emisiones de gases y la manera en que esta afecta al ecosistema del planeta.</p> <p>Al estar la guía enfocada en Chile se muestran cuadros de los rangos de consumo energético según el tipo de energía y usos. Una vez analizados todos estos datos se desarrolla un análisis de la eficiencia energética en el sector educacional teniendo como objetivo reducir el consumo energético y obtener un nivel de confort ambiental adecuado. Para ello se toman como referencia la regularización y desarrollo de sistemas de alta eficiencia energética en países como Inglaterra, Estados Unidos y Francia.</p> <p>Para el desarrollo de la eficiencia energética y de confort se hace mención a reglamentación europea y de Estados Unidos, en base al confort lumínico, térmico, de calidad de aire y ventilación, permeabilidad del aire, confort acústico.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Normativa ASHRAE.</li> <li>- Norma Europea EN.</li> <li>- Building Bulletin Guide.</li> <li>- ANSI S12.60.</li> <li>- Nouvelle Reglementation Acoustique (NRA).</li> <li>- IESNA Handbook.</li> </ul>
<p><b>Cap. 2.</b> <b>Estrategias de diseño pasivo de establecimientos educativos.</b></p>	<p>En este capítulo hace mención al diseño pasivo y su búsqueda de proveer condiciones de confort en el interior de los edificios mediante la optimización de los factores medioambientales del lugar. De esta manera muestra de manera detallada las principales estrategias de diseño pasivo que son aplicables en aulas escolares, tomando en cuenta criterios de calentamiento, enfriamiento, iluminación, ventilación y acústica.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Siendo de esta manera que la primera estrategia se enfoca en la importancia del confort térmico en el aprendizaje, analizando parámetros ambientales y personales de confort térmico, protección térmica de la envolvente, muros, techumbres, pisos, ventanas, captación de energía solar, masa térmica y sistemas de recuperación de calor.</li> <li>- La segunda estrategia es en base a la ventilación natural, se basan en torno a mantener la calidad del aire en los lugares de trabajo en condiciones correctas para el desarrollo y protección humana, realizando análisis de contaminantes y fuentes, enfocándose así mismo en los principios de ventilación natural como la presión por efecto viento, presión por efecto convectivo, efecto combinado de viento y convectivo, ventilación transversal, ventilación stack directa, ventilación convectiva indirecta y ventilación híbrida.</li> <li>- En cuanto a las estrategias de iluminación se evalúa la importancia de la luz natural, ya que viene a ser parte de los atributos más importantes de un establecimiento educativo, ya que esto favorece en el rendimiento y confort de los estudiantes, ya que rinden entre el 20 y 26% más que en zonas sin luz natural. El confort visual viene de la mano de la iluminación natural, ya que es importante para evitar tensiones oculares y otros malestares. Se deben tomar en cuenta valores de reflexión de luz en las superficies, uniformidad de la luz día, control de deslumbramiento, estrategias como ventanas laterales bajas y altas, repisas de luz, luz cenital, protecciones solares y sistemas de iluminación artificial.</li> <li>- En cuanto a estrategias de diseño acústico, hace referencia al aislamiento acústico a ruido aéreo, aislamiento acústico a ruido de impacto, entre otros.</li> </ul>

<b>Cap. 3.</b> <b>Diseño pasivo de aula tipo por zona climática.</b>	<p>En el caso de esta guía se enfoca en el territorio chileno, y para esto se identifican las diferentes zonas climáticas que se desarrollan a lo largo del país. El comportamiento energético y ambiental de un aula depende principalmente del clima en que se localiza. Como resultado de la variedad de climas existentes se pueden apreciar las múltiples respuestas arquitectónicas y las diversas estrategias de diseño al momento de diseñar aulas que incorporen criterios de eficiencia energética.</p> <p>En estas simulaciones se tomaron en cuenta las demandas energéticas de calefacción, refrigeración y consumo energético de iluminación, mediante el software Energy Plus. El mismo que evalúa parámetros de orientación, infiltraciones, áreas vidriadas, tipo de vidrio y envolvente.</p>
<b>Cap. 4.</b> <b>Diseños pasivos del aula integral.</b>	<p>Este capítulo complementando al anterior analiza los efectos que tienen las variables de orientación, envolvente térmica, superficie vidriada, tipo de vidrio e infiltraciones, sobre la demanda energética del aula escolar. Para ello se considera un aula tipo de características simples, la cual permite generar determinadas recomendaciones de diseño que apuntan a la eficiencia energética según cada zona climática.</p> <p>Los modelos que se presentan en la guía no pretenden ser modelos a replicar, sino que apuntan a integrar las estrategias diseño térmico, lumínico, acústico, y de ventilación detalladas en el capítulo 2, en diseños de aulas apropiados a las distintas zonas climáticas de Chile y analizar sus efectos en base a simulaciones con distintos softwares.</p>

**Fuente:** Guía de Eficiencia Energética para Establecimientos Educativos. (2012).

**Elaborado por:** El Autor.

## 2.8.5. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE).

El estándar ASHRAE está compuesto de 4 volúmenes, que son: Fundamentos, Aplicaciones de HVAC, Sistemas y equipos de HVAC y refrigeración. ASHRAE ha permitido el desarrollo de distintos proyectos a nivel internacional, de manera que se cumplan parámetros y lineamientos necesarios para el correcto desarrollo de una edificación.

**Tabla 16. ASHRAE**

<p><b>ASHRAE 55 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy,</b></p>	<p>El propósito de esta norma es especificar las combinaciones de factores ambientales térmicos interiores y factores personales que producirán condiciones ambientales térmicas aceptables para la mayoría de los ocupantes dentro del espacio.</p> <p>Los factores ambientales abordados en esta norma son la temperatura, la radiación térmica, la humedad y la velocidad del aire; los factores personales son los de actividad y vestimenta. Se pretende que todos los criterios de esta norma se apliquen juntos, ya que el confort en el ambiente interior es complejo y responde a la interacción de todos los factores que se abordan aquí.</p> <table border="1" data-bbox="309 603 1315 879"> <thead> <tr> <th>Quantity</th> <th>Measurement Range</th> <th>Accuracy</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Air temperature</td> <td>10°C to 40°C (50°F to 104°F)</td> <td>±0.2°C (0.4°F)</td> </tr> <tr> <td>Mean radiant temperature</td> <td>10°C to 40°C (50°F to 104°F)</td> <td>±1°C (2°F)</td> </tr> <tr> <td>Plane radiant temperature</td> <td>0°C to 50°C (32°F to 122°F)</td> <td>±0.5°C (1°F)</td> </tr> <tr> <td>Surface temperature</td> <td>0°C to 50°C (32°F to 122°F)</td> <td>±1°C (2°F)</td> </tr> <tr> <td>Humidity, relative</td> <td>25% to 95% rh</td> <td>±5% rh</td> </tr> <tr> <td>Air speed</td> <td>0.05 to 2 m/s (10 to 400 fpm)</td> <td>±0.05 m/s (±10 fpm)</td> </tr> <tr> <td>Directional radiation</td> <td>-35 W/m<sup>2</sup> to +35 W/m<sup>2</sup> (-11 Btu/h·ft<sup>2</sup> to +11 Btu/h·ft<sup>2</sup>)</td> <td>±5 W/m<sup>2</sup> (±1.6 Btu/h·ft<sup>2</sup>)</td> </tr> </tbody> </table> <p>Esta norma no aborda factores ambientales no térmicos como la calidad del aire, la acústica y la iluminación u otros contaminantes espaciales físicos, químicos o biológicos que puedan afectar la comodidad o la salud.</p>	Quantity	Measurement Range	Accuracy	Air temperature	10°C to 40°C (50°F to 104°F)	±0.2°C (0.4°F)	Mean radiant temperature	10°C to 40°C (50°F to 104°F)	±1°C (2°F)	Plane radiant temperature	0°C to 50°C (32°F to 122°F)	±0.5°C (1°F)	Surface temperature	0°C to 50°C (32°F to 122°F)	±1°C (2°F)	Humidity, relative	25% to 95% rh	±5% rh	Air speed	0.05 to 2 m/s (10 to 400 fpm)	±0.05 m/s (±10 fpm)	Directional radiation	-35 W/m <sup>2</sup> to +35 W/m <sup>2</sup> (-11 Btu/h·ft <sup>2</sup> to +11 Btu/h·ft <sup>2</sup> )	±5 W/m <sup>2</sup> (±1.6 Btu/h·ft <sup>2</sup> )
Quantity	Measurement Range	Accuracy																							
Air temperature	10°C to 40°C (50°F to 104°F)	±0.2°C (0.4°F)																							
Mean radiant temperature	10°C to 40°C (50°F to 104°F)	±1°C (2°F)																							
Plane radiant temperature	0°C to 50°C (32°F to 122°F)	±0.5°C (1°F)																							
Surface temperature	0°C to 50°C (32°F to 122°F)	±1°C (2°F)																							
Humidity, relative	25% to 95% rh	±5% rh																							
Air speed	0.05 to 2 m/s (10 to 400 fpm)	±0.05 m/s (±10 fpm)																							
Directional radiation	-35 W/m <sup>2</sup> to +35 W/m <sup>2</sup> (-11 Btu/h·ft <sup>2</sup> to +11 Btu/h·ft <sup>2</sup> )	±5 W/m <sup>2</sup> (±1.6 Btu/h·ft <sup>2</sup> )																							
<p><b>ASHRAE 62.1 Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality.</b></p>	<p>El propósito de esta norma es especificar tasas mínimas de ventilación y otras medidas destinadas a proporcionar calidad del aire que sea aceptable para los ocupantes humanos y que minimice los efectos adversos para la salud. Está destinada a la aplicación reglamentaria a edificaciones nuevas, adiciones a edificaciones existentes y aquellos cambios a los edificios existentes que se identifican en el cuerpo del estándar.</p> <p>Esta norma se aplica a todos los espacios destinados a personas ocupación excepto aquellas dentro de casas unifamiliares, estructuras multifamiliares de tres pisos o menos sobre el nivel del suelo, vehículos y aeronaves. Define los requisitos para la ventilación y diseño, instalación, puesta en servicio y mantenimiento de sistemas de purificación de aire, operación y mantenimiento.</p> <p>Aunque la norma puede aplicarse tanto a nuevos como a edificios existentes, las disposiciones de esta norma no son destinadas a ser aplicado retroactivamente cuando se usa el estándar como un reglamento o código obligatorio.</p> <p>Es posible que no se logre una calidad de aire interior aceptable en todos los edificios que cumplan con los requisitos de esta norma por una o más de las siguientes razones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Debido a la diversidad de fuentes y contaminantes en aire interior.</li> <li>- Debido a los muchos otros factores que pueden afectar la percepción y aceptación de la calidad del aire interior por parte de los ocupantes, como la temperatura del aire, la humedad, el ruido, la iluminación y el estrés psicológico.</li> <li>- Por el rango de susceptibilidad en la población; y porque el aire exterior que ingresa al edificio puede ser inaceptable o no limpiarse.</li> </ul>																								

Fuente: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning (2021).

Elaborado por: El Autor.

# CAPÍTULO 3

3. EXPLORACIONES.

### 3.1. Selección de referentes.

La selección de los referentes se realiza en base a criterios que se encuentren relacionados con el enfoque de la investigación.

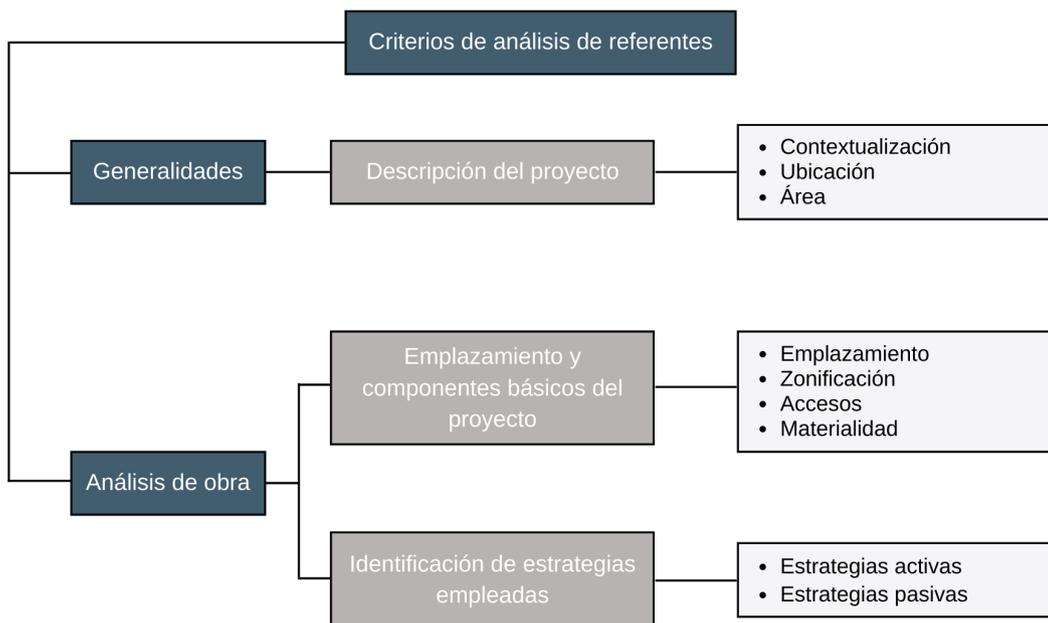
De esta manera se analiza que:

- Se emplazan en zonas consolidadas.
- Son equipamientos educativos mayores.
- Sus superficies son mayores a 4000m<sup>2</sup>.
- Se encuentran en zonas climáticas similares.
- Cuentan con intervenciones de ampliación y mejora del rendimiento energético y confort dentro de los espacios educativos.

#### 3.1.1. Metodología de análisis de referentes.

El análisis de referentes se lo plantea tomando como referencia los criterios propuestos por Aguirre (2016) en el artículo denominado Aulario III de la Universidad de Alicante, en el cual plantea comprender las decisiones de proyecto mediante un análisis crítico que permita experimentar los procesos y decisiones de diseño. Los cuales se adaptan según las necesidades de la investigación, relacionadas a entender las estrategias energéticas empleadas en cada uno de los casos de estudio.

Ilustración 2. Metodología de análisis de referentes.



Elaborado por: El Autor.

### 3.2. Liceo Comercial de San Bernardo.



#### Datos generales:

Arquitectos: Cruz & Browne Arquitectos.

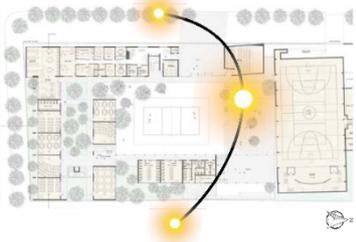
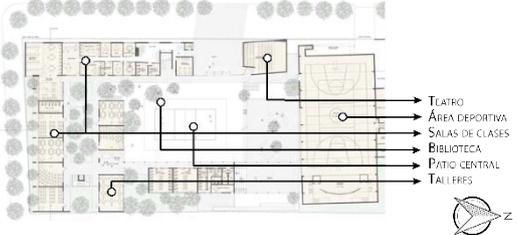
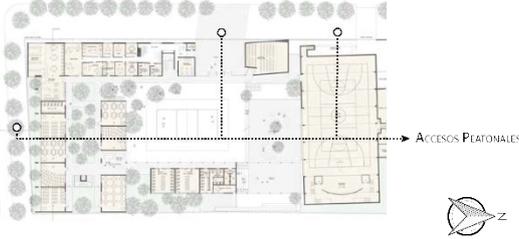
Ubicación: Santiago de Chile, Comuna de San Bernardo.

Área: 5700m<sup>2</sup>.

#### Descripción del proyecto.

El Liceo Comercial de San Bernardo se encuentra ubicado en una zona metropolitana de la ciudad, la cual está consolidada en su gran mayoría. La superficie de este equipamiento educativo es de alrededor de 5700 m<sup>2</sup> y cuenta con una intervención del 20% de sus espacios educativos. Mediante la aplicación de simulaciones energéticas en el proyecto se buscó desarrollar estrategias aplicables que mejoren los espacios interiores de manera significativa. Buscando la eficiencia energética y el correcto confort para los usuarios.

**Tabla 17. Análisis de Obra.**

<p><b>Emplazamiento</b></p>	<p>El equipamiento educativo se encuentra emplazado de manera que se aproveche en su mayoría la iluminación natural dentro de sus espacios. Siendo así que las fachadas este y oeste sean las que más ganancias solares tengan y beneficien el bloque de aulas.</p>	
<p><b>Zonificación</b></p>	<p>Sus espacios se distribuyen alrededor de un patio central que funciona como un conector entre ellos, y están compuestos por los bloques de aulas que componen un gran volumen en forma de L que es parte de la intervención, al igual que la biblioteca, talleres, y el teatro, mientras que el área deportiva cubierta es parte de la edificación original.</p>	
<p><b>Accesos y circulaciones</b></p>	<p>Al estar ubicado en un predio esquinero este equipamiento cuenta con accesos en lado sur y en el oeste. A pesar de ser un equipamiento con un área mayor a 5000m<sup>2</sup> esta no cuenta con un parqueadero. Por lo cual solamente existen accesos peatonales hacia el interior del equipamiento educativo.</p>	
<p><b>Materialidad</b></p>	<p>El proyecto cuenta con el uso mixto de materiales en sus fachadas, como son los revestimientos de pintura que se encuentran combinadas con paneles de aluminio que permiten el uso de aislantes en las fachadas.</p>	

Elaborado por: El Autor.

**Tabla 18. Identificación de estrategias pasivas.**

Ventilación natural	<p><b>Aulas:</b> En el bloque de aulas se propone ventilación diurna combinada con ventilación nocturna, tomando en consideración una apertura del 30% de los vanos durante el día y el 10% de apertura durante la noche.</p>	
	<p><b>Biblioteca:</b> En el volumen de la biblioteca al ser de un solo nivel se propone de ventilarlo de manera natural mediante efecto convectivo o stack, de esta manera se propone que los lucernarios sean practicables para extraer el aire del interior.</p>	
	<p><b>Gimnasio:</b> En el gimnasio al igual que en la biblioteca se desarrolla la propuesta de ventilación convectiva, en la que el aire ingresa por las ventanas inferiores orientadas hacia el sur y su salida es a través de las ventanas superiores orientadas al norte.</p>	
Iluminación natural	<p><b>Aulas:</b> En los bloques de aulas según su orientación se propone reducir la superficie vidriada y añadir aleros como protección solar, en busca de mejorar la uniformidad de la luz y la luz de día, a su vez reduciendo las pérdidas térmicas.</p>	
	<p><b>Biblioteca:</b> Al estar este iluminado por la cubierta y por dos de sus fachadas, se propone incorporar elementos de protección solar contra la luz solar directa en las fachadas, con el objetivo de evitar el deslumbramiento y lograr el debido confort dentro del espacio.</p>	
	<p><b>Gimnasio:</b> Este cuenta con lucernarios en su cubierta, de esta manera se propone que estos estén orientados hacia el sur para esta manera controlar el ingreso de iluminación en la cancha y recinto.</p>	

Elaborado por: El Autor.

### 3.3. Sidwell Friends School.



#### Datos generales:

Arquitectos: KieranTimberlake Associates LLP.

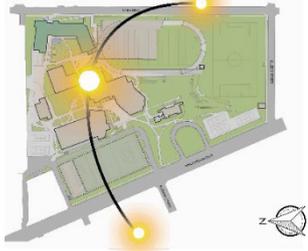
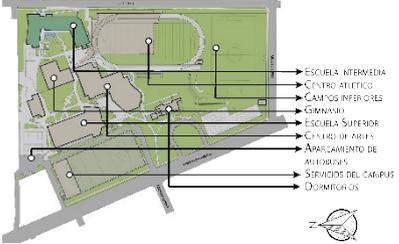
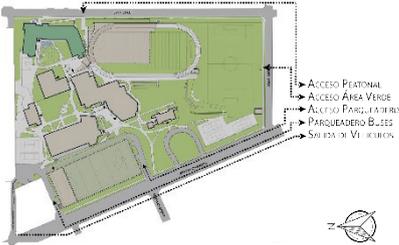
Ubicación: 3825 Wisconsin Avenue, NW. Washington, Estados Unidos.

Área: 6710m<sup>2</sup>.

#### Descripción del proyecto.

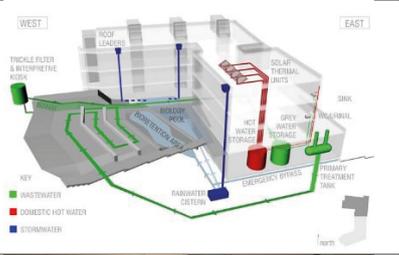
La Sidwell Friends School se encuentra ubicada en Washington en una zona densamente urbanizada. La superficie del equipamiento es de alrededor de 6710 m<sup>2</sup>, y cuenta con una renovación de la escuela existente y con una ampliación del 60% de la superficie que se encuentran conectadas por un patio interno. En su proceso de ampliación se realizaron simulaciones energéticas con el objetivo de mejorar su eficiencia energética mediante estrategias que disminuyan el consumo, basándose en criterios LEED.

Tabla 19. Análisis de obra.

<p><b>Emplazamiento</b></p>	<p>Este equipamiento educativo está compuesto por una remodelación y un bloque original, los cuales están orientados de una manera que se aproveche toda la iluminación natural posible, en busca de generar espacios iluminados y confortables.</p>	
<p><b>Zonificación</b></p>	<p>Sus espacios se encuentran conectados por una serie de patios internos y un humedal que generan áreas de estancia e interacción entre los usuarios. Entre sus espacios nos encontramos con el bloque de la escuela básica que se construyó en su remodelación y un bloque de educación superior que es parte del estado original, a su vez cuenta con espacios deportivos, centro de artes, biblioteca, gimnasio y dormitorios.</p>	
<p><b>Accesos y circulaciones</b></p>	<p>El terreno se encuentra rodeado por tres calles lo que genera distintos accesos, en el este cuenta con accesos peatonales directos hacia la escuela y el área deportiva. En el sur cuenta con un acceso netamente hacia el área deportiva, y en el oeste cuenta con accesos peatonales y vehiculares hacia el parqueadero de autos y autobuses.</p>	
<p><b>Materialidad</b></p>	<p>La edificación cuenta con el uso de materiales reciclados en sus fachadas, pisos y cubiertas, En las fachadas cuenta con un revestimiento exterior hecho de madera de cedro rojo tomada de barriles de vino, sus pisos y cubiertas tienen un recubrimiento de madera reciclada. En su interior cuenta con acabados reciclados con bajas emisiones y rápidamente renovables.</p>	

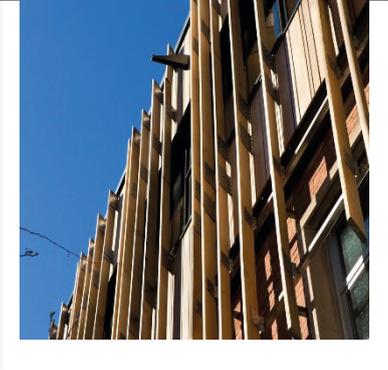
Elaborado por: El Autor.

**Tabla 20. Identificación de estrategias activas.**

<p><b>Energías Renovables</b></p>	<p>En el proyecto se desarrolla una matriz fotovoltaico compuesta de paneles ubicados en su cubierta que generan el 5% de la demanda eléctrica de la edificación.</p>	
<p><b>Ventilación de alta eficiencia</b></p>	<p>Se emplean ventiladores operables de techo de alto rendimiento para que en conjunto con las ventanas y tragaluces disminuyan la necesidad de enfriamiento artificial. Cuenta con un sistema de automatización que evitan la ventilación mecánica cuando las ventanas están abiertas</p>	
<p><b>Reutilización de aguas</b></p>	<p>Cuenta con una máquina de procesamiento de aguas residuales la cual va a los baños y torres de enfriamiento, disminuyendo significablemente el uso de agua potable en el equipamiento.</p>	
<p><b>Iluminación y accesorios de alta eficiencia</b></p>	<p>Cuenta con un sistema de iluminación artificial de luces fluorescentes y fotosensores que atenúan o apagan automáticamente las luces eléctricas cuando la luz natural es suficiente, y los sensores de ocupación se encargan de apagar las luces cuando los espacios están vacíos.</p>	

Elaborado por: El Autor.

**Tabla 21. Identificación de estrategias pasivas.**

<p><b>Ventilación natural</b></p>	<p>En el proyecto se emplean chimeneas solares con vidrio orientadas al sur. De esta manera el sol calienta el aire que se encuentra dentro de las chimeneas de vidrio, lo cual crea una corriente convectiva, teniendo como resultado la atracción de aire más frío hacia el edificio a través de las ventanas orientadas al norte.</p>	 A photograph showing several solar chimneys (vertical glass tubes) installed on a flat roof. The chimneys are oriented towards the sun. In the foreground, a person is sitting on a ledge, and a long, narrow channel runs alongside the chimneys.
<p><b>Enfriamiento pasivo</b></p>	<p>Para evitar el impacto solar directo en las fachadas, se emplean pantallas verdes y lamas verticales como dispositivos que generen sombra, evitando las ganancias de calor altas dentro de la edificación. A su vez emplean una cubierta verde que proporciona sombra y un valor aislante superior para la superficie del techo.</p>	 A photograph of a building facade featuring vertical wooden louvers. The louvers are arranged in a way that they can be adjusted to provide shade to the windows behind them.
<p><b>Iluminación natural</b></p>	<p>A través de la superficie vidriada de las fachadas se logra que la iluminación natural alcance niveles que permiten que las luces estén apagadas durante el día en un 88%.</p>	 A photograph of a modern building with a large glass facade. The glass reflects the sky and surrounding environment, allowing natural light to enter the building.

### 3.4. Síntesis y aportes a la investigación.

Luego de haber realizado el análisis de los casos de estudios expuestos anteriormente se puede destacar el uso de estrategias activas y pasivas de diseño que se pueden emplear en el desarrollo o intervenciones en equipamientos educativos ya edificados, esto en busca de lograr generar la eficiencia energética y correcto confort ambiental a través de la rehabilitación de los mismos.

El aporte del primer referente analizado son las estrategias pasivas que se emplean a través de la intervención del 20% de los espacios. Implementando estrategias de ventilación e iluminación natural, para lograr el confort ambiental apropiado dentro de los espacios educativos. Para ello se emplean estrategias como:

- Ventilación diurna y nocturna con un porcentaje de apertura en los vanos. Considerando el 30% en el día y el 10% en la noche.
- Ventilación por efecto convectivo.
- Protecciones solares mediante aleros y la correcta orientación de las ventanas para controlar el ingreso de iluminación.

En el caso del segundo referente Sidwell Friends School se debe destacar que al igual que el anterior cuenta con una intervención, en este caso del 60% del equipamiento. En el mismo se busca lograr niveles de eficiencia energética con certificación LEED, por lo que se emplean estrategias pasivas y activas que permiten lograr la eficiencia y correcto confort ambiental dentro de los espacios internos. Cabe destacar algunas de las estrategias que servirán como referencia más adelante.

- Uso de paneles fotovoltaicos para disminuir la demanda eléctrica.
- Reutilización de aguas residuales en zonas húmedas.
- Implementación de luces artificiales de alto rendimiento.
- Ventilación natural mediante chimeneas solares con efecto convectivo.
- Protección solar en fachadas con pantallas verdes y lamas de protección.
- Iluminación natural mediante superficies vidriadas.

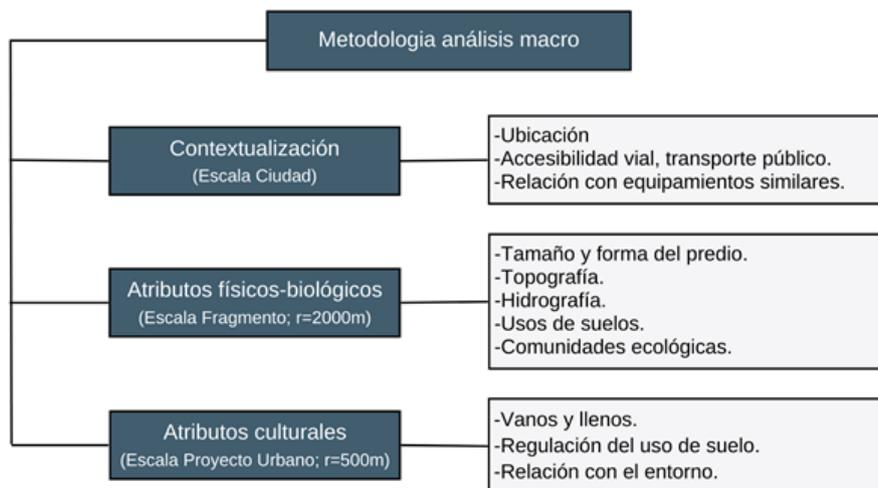
# CAPÍTULO 4

4. DIAGNOSTICO.

## Metodología de análisis macro.

El análisis de sitio se lo plantea tomando como referencia los criterios propuestos por LaGro (2008) en el libro Site Analysis, que plantea el análisis con el objetivo de comprender el sitio y su contexto inmediato. Estos parámetros se adaptan a las necesidades de la investigación.

Ilustración 3. Metodología de análisis de sitio.



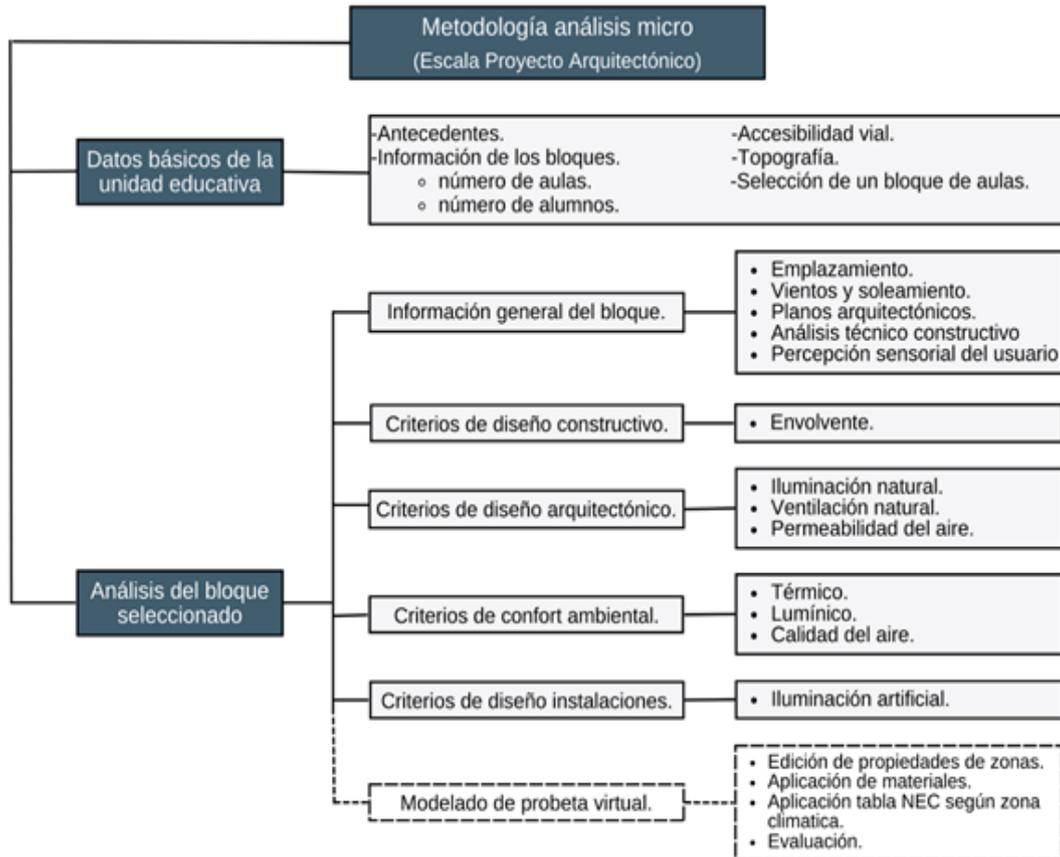
Elaborado por: El Autor.

## Metodología de análisis micro.

El análisis micro se lo realiza mediante la metodología 6D BIM la cual considera información detallada del bloque, como emplazamiento, zona climática, entre otros, y se complementa con las propiedades físicas y térmicas de los distintos elementos que componen la edificación. Esta información se la detalla dentro del modelo 3D en función de conocer la eficiencia energética y comportamiento de la edificación analizada. De esta manera se

complementa la metodología para obtener datos detallados sobre criterios de diseño arquitectónico, confort ambiental y diseño de instalaciones. Esto mediante el modelado de la probeta virtual que permitirá realizar los respectivos análisis.

Ilustración 4. Metodología de análisis de proyecto arquitectónico.



Elaborado por: El Autor.

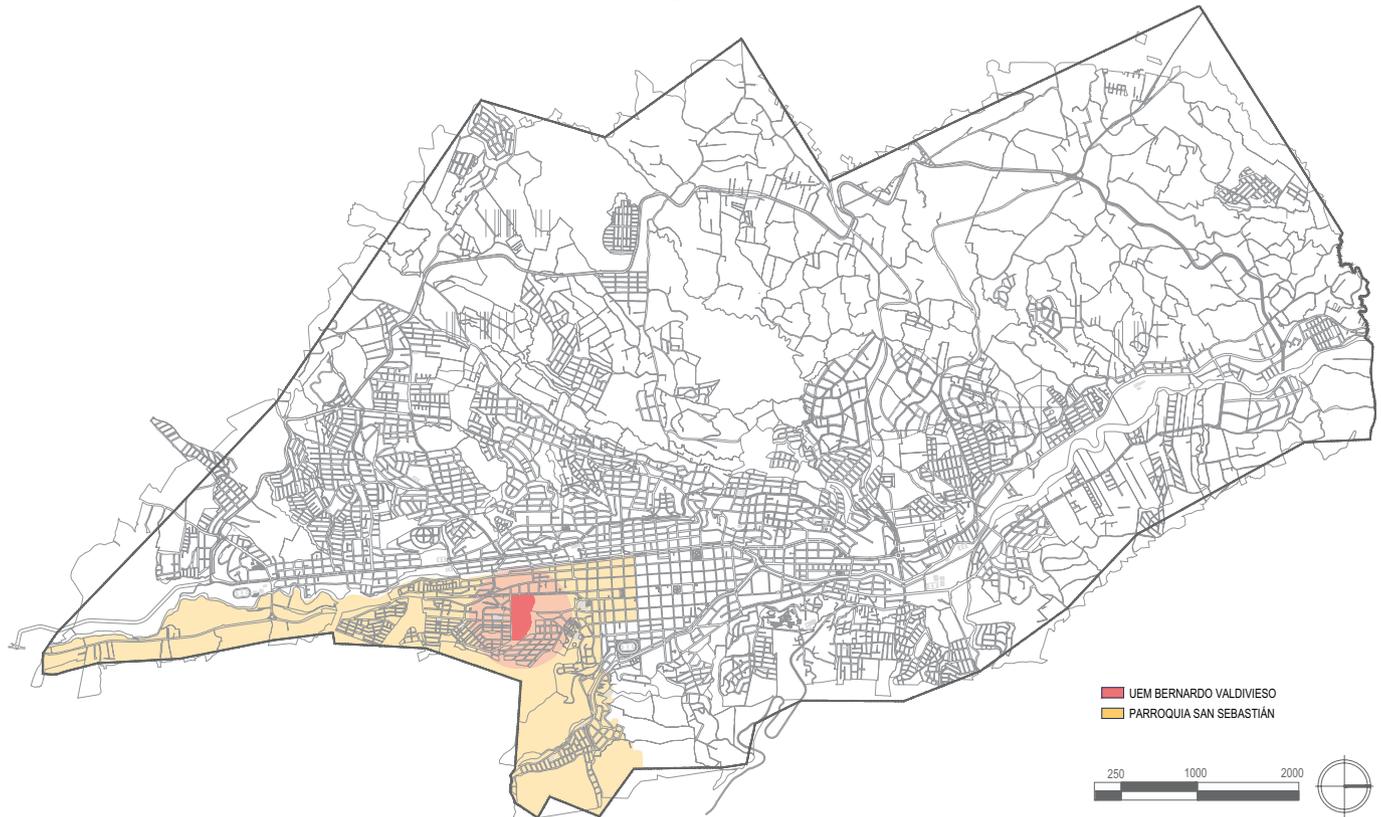
## Análisis macro.

### 4.1. Contextualización.

#### 4.1.1. Ubicación.

La Unidad Educativa del Milenio Bernardo Valdivieso se encuentra ubicada en la ciudad de Loja, en el barrio "La Pradera" perteneciente a la parroquia de San Sebastián, el cual se encuentra cerca del casco céntrico de la ciudad.

**Ilustración 5. Datos Generales.**



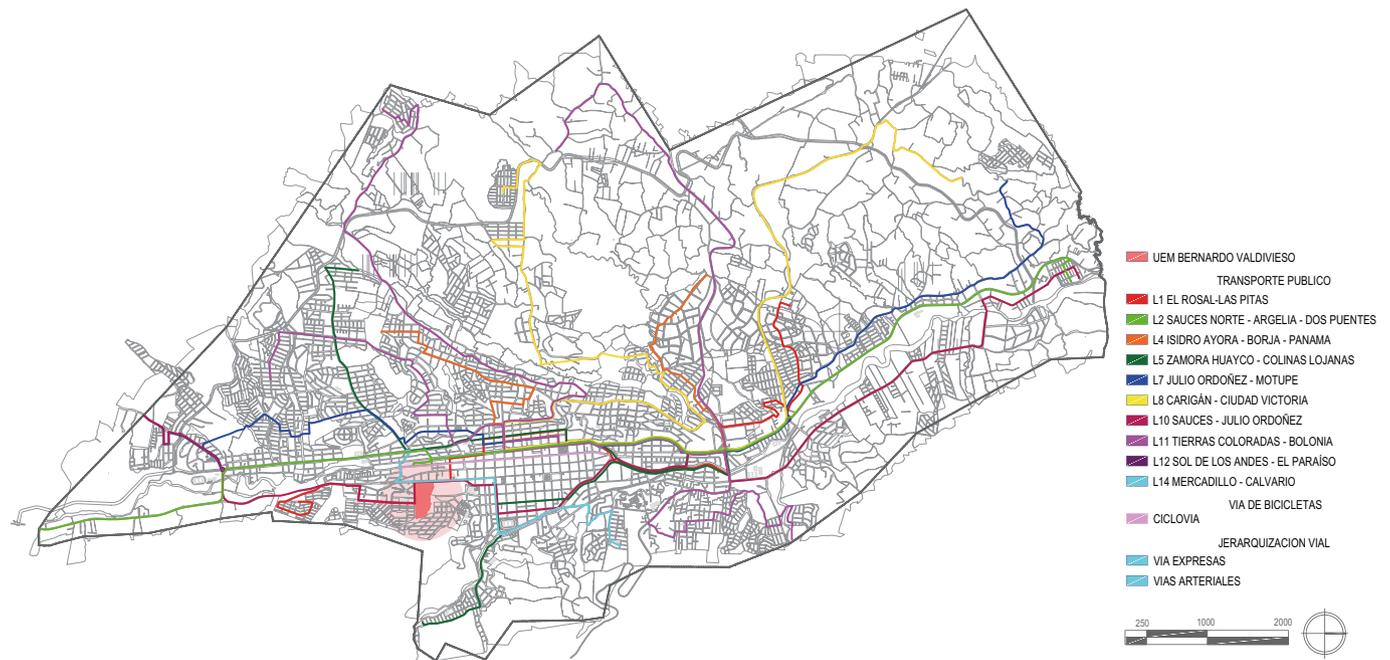
Fuente: Municipio de Loja.  
Elaborado por: El Autor.

#### 4.1.2. Accesibilidad vial, transporte público.

La ciudad de Loja cuenta con vías expresas y vías arteriales que se distribuyen a lo largo y ancho de la ciudad permitiendo conexión entre distintas zonas de la ciudad, a su vez cuenta con un sistema de ciclovía que se desarrolla en distintos tramos del casco céntrico de la ciudad con el fin de promover y garantizar el uso de este medio de transporte.

De la misma manera en cuanto a transporte público la ciudad de Loja cuenta con diez líneas de bus que permiten la conexión y traslado de las personas hacia distintos puntos de la ciudad. Es por esto que la accesibilidad hacia el equipamiento educativo es eficaz debido a que se encuentra ubicada junto a la avenida Eduardo Kingman y no existe congestión vehicular.

Ilustración 6. Accesibilidad vial, transporte público.

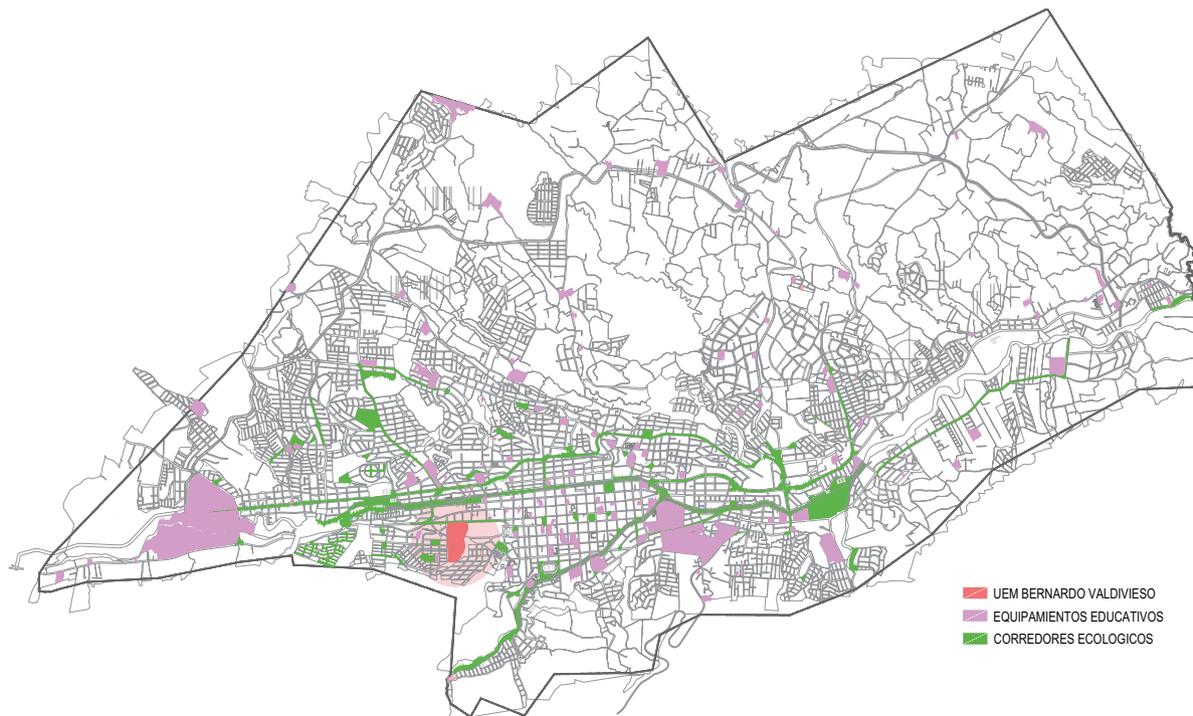


Fuente: Municipio de Loja.  
Elaborado por: El Autor.

### 4.1.3. Relación con equipamientos similares.

Dentro del perímetro urbano de la ciudad de Loja al igual que la Unidad Educativa del Milenio Bernardo Valdivieso, se encuentran distintos equipamientos educativos que van desde el nivel inicial hasta nivel superior de educación. Sin embargo, esta es la única dentro la ciudad perteneciente al proyecto Unidades Educativas del Milenio, desarrolladas como prototipos a replicar dentro del país.

Ilustración 7. Relación con equipamientos similares.



Fuente: Municipio de Loja.  
Elaborado por: El Autor.

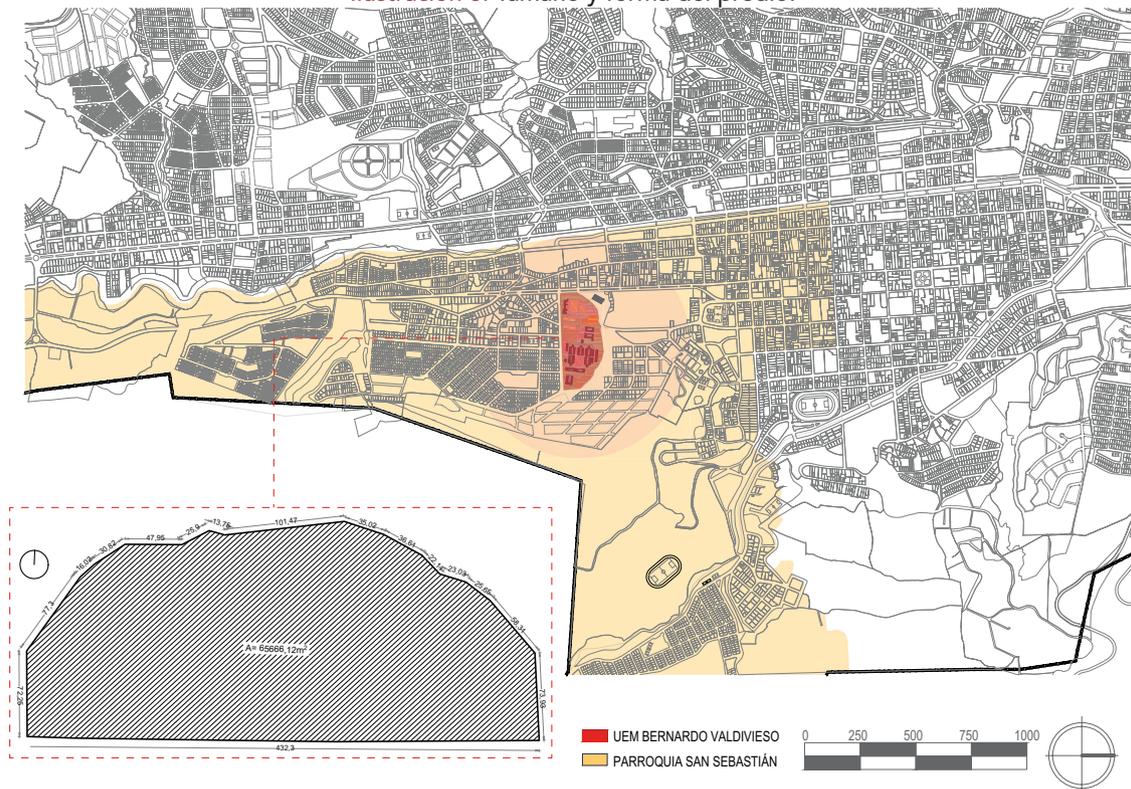
## 4.2. Atributos físicos y biológicos.

El análisis de los atributos físicos y biológicos se realiza a escala de fragmento, tomando en cuenta el radio de influencia del equipamiento educativo que es de 2000m, para realizar el análisis y comprensión el sitio.

### 4.2.1. Tamaño y forma del predio.

El predio se encuentra ubicado en la parroquia San Sebastián en el barrio Pucará, cuenta con un área de 65666 m<sup>2</sup>, su forma es irregular en el cual se emplazan los distintos bloques de la unidad educativa. Debido a su tamaño este genera dinamismo en el sector y es un punto referencial.

**Ilustración 8. Tamaño y forma del predio.**



Fuente: Municipio de Loja.

Elaborado por: El Autor.

#### 4.2.2. Topografía.

El predio se encuentra ubicado en una zona topográfica que posee una pendiente del 11%, debido a esto para emplazar el proyecto se generan desbanques que resuelven tres terrazas donde se desarrollan los diferentes bloques de la unidad educativa.

Ilustración 9. Topografía.

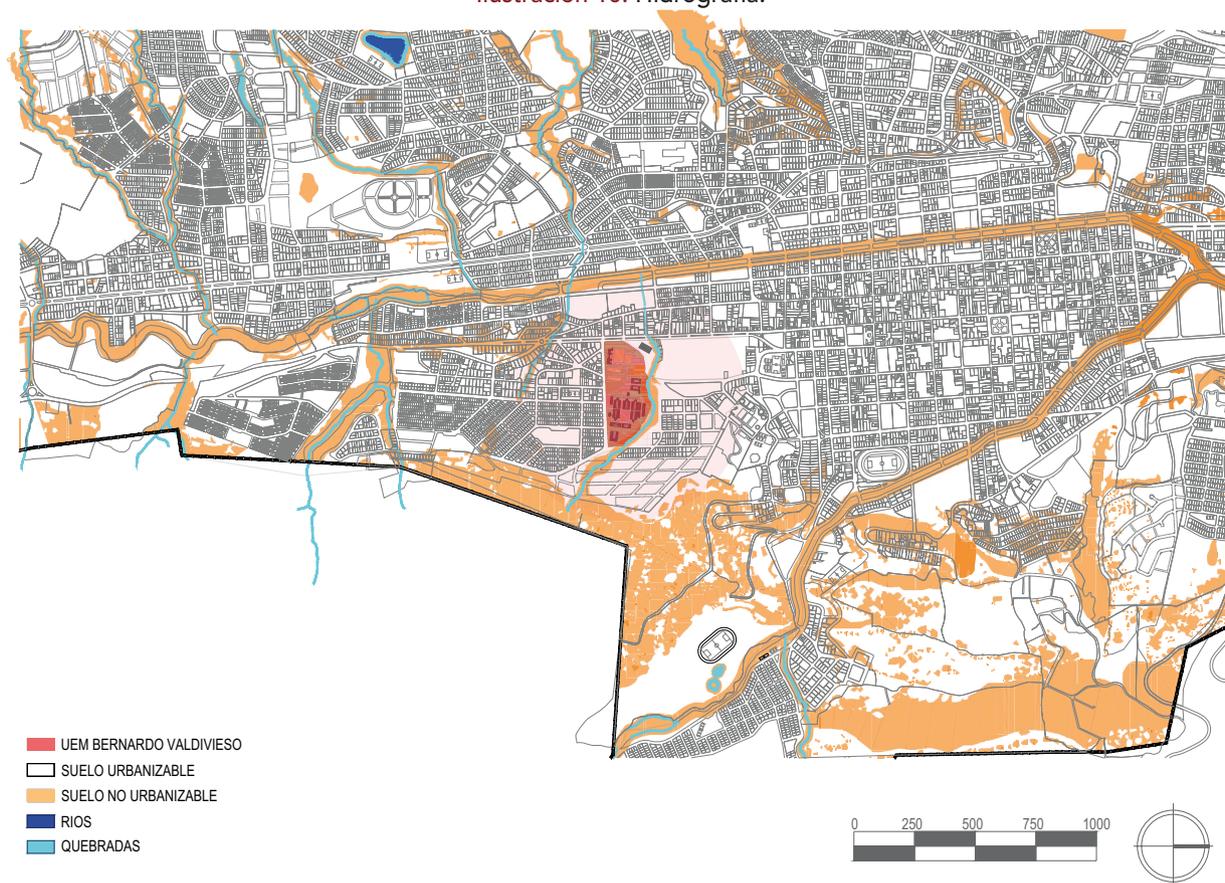


Fuente: Municipio de Loja.  
Elaborado por: El Autor.

### 4.2.3. Hidrografía.

Dentro del perímetro urbano la ciudad de Loja se encuentra atravesada por los ríos Zamora, Malacatos y Jipiro, de la misma manera cuenta con varias quebradas que se ubican a lo largo de la ciudad. Estas zonas hídricas constituyen zonas no urbanizables debido a riesgos existentes y por ende se determinan márgenes de protección. En el caso del predio de la UEM Bernardo Valdivieso en la zona norte se encuentra la quebrada Los Molinos.

Ilustración 10. Hidrografía.

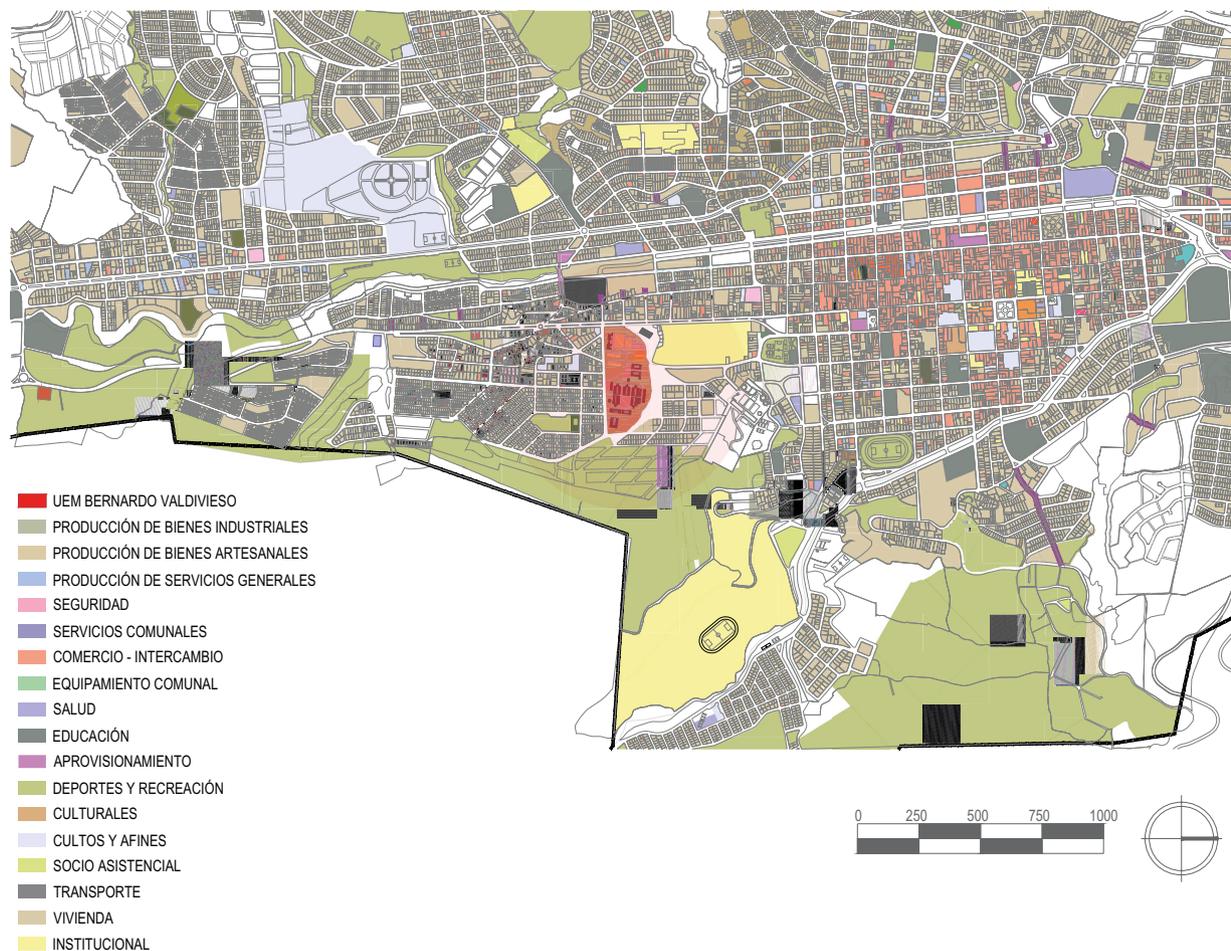


Fuente: Municipio de Loja.  
Elaborado por: El Autor.

#### 4.2.4. Usos de suelo.

Al estar el predio ubicado en las cercanías del centro de la ciudad, existen variedad de usos de suelo en sus alrededores, generando dinamismo entre actividades y distintos sectores de la ciudad.

Ilustración 11. Uso de suelos.



Fuente: Municipio de Loja.

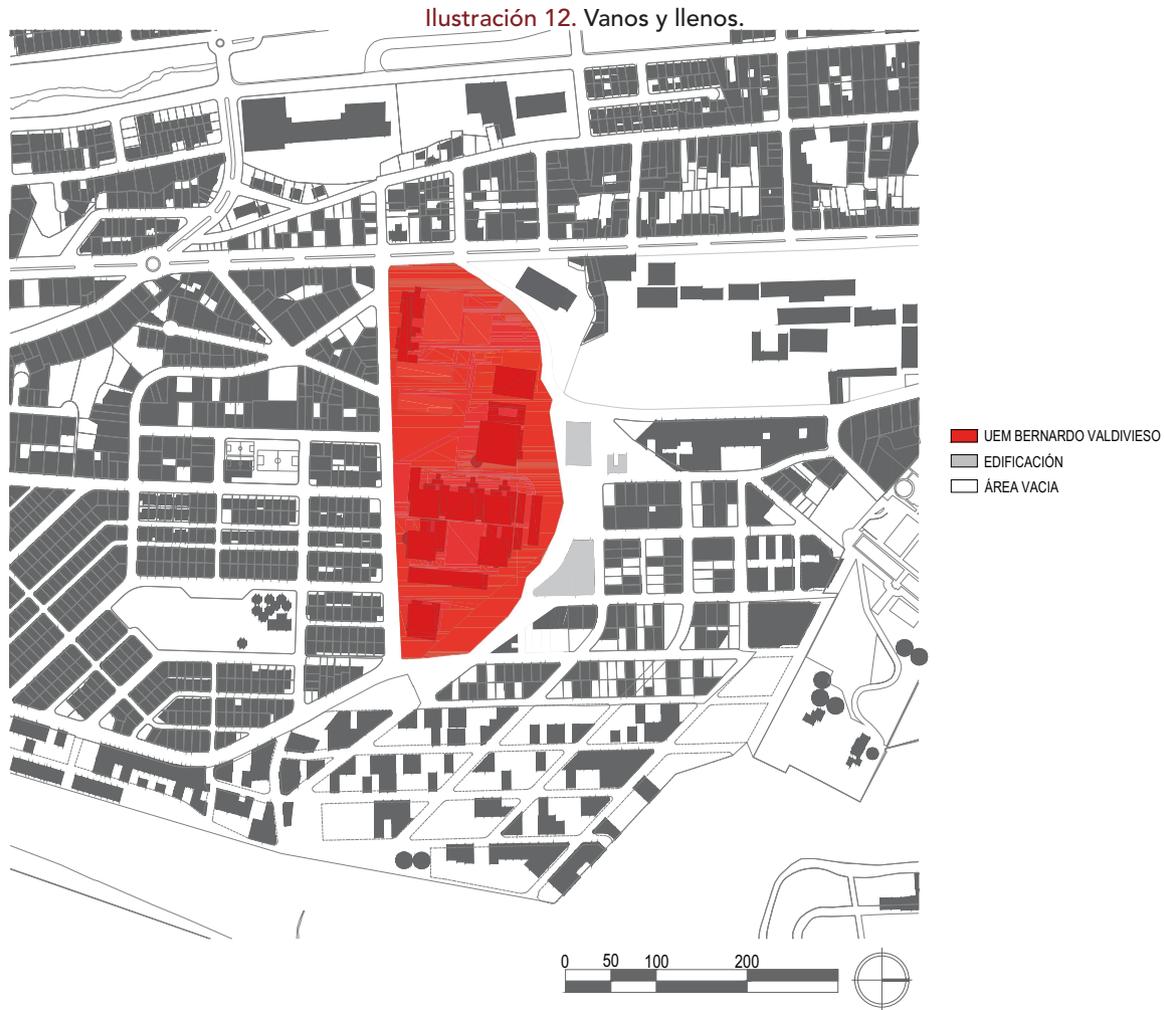
Elaborado por: El Autor.

### 4.3. Atributos culturales.

Los atributos culturales se analizan a escala de proyecto urbano con un radio de 500m. De esta manera se delimita el proceso de análisis y comprensión el sitio.

#### 4.3.1. Vanos y llenos.

El predio se encuentra en una zona consolidada, ya que existen muy pocos vacíos arquitectónicos en la zona, siendo predominante el uso residencial en la zona.



**Fuente:** Municipio de Loja.  
**Elaborado por:** El Autor.

### 4.3.2. Regulación del uso de suelo.

El predio al encontrarse en una zona consolidada de la ciudad forma parte de la parroquia San Sebastián, la cual se encuentra dividida en zonas, subzonas y estas en sectores, de manera que se aplica una normativa de uso y ocupación de suelo para cada uno de estos, dando lineamientos de números de pisos, retiros, entre otros. Con el fin de generar un desarrollo equilibrado en la ciudad.

**Tabla 22.** Regulación del uso de suelo.

PARROQUIA		SAN SEBASTIÁN									
Sector	1			2			3				
Subsector	A	B	C	A	B	C	A	B	C	D	E
Uso principal	Equip. Mayor	Zona militar	700	700	700	Parque Pucará	700	700	700	700	No Urbanizable
Usos complementarios	683	310	400	400	400		400	400	400	200	
			510	510	510		510	400			
			620	620	620		620	510			
			600	600	600		600	400			
Tipo de vivienda			U	B	B		U	U	B	U	
Lote mínimo			180	180	200		90	200	200	120	
Lote promedio			240	240	270		120	270	270	160	
Lote máximo			300	300	340		150	340	340	200	
Frente mínimo			9	9	10		6	10	10	7	
Frente máximo			14	14	15		10	15	15	12	
C.o.s máximo			70%	70%	70%		70%	70%	70%	60%	
C.u.s máximo			140%	140%	210%		210%	140%	210%	180%	
N° pisos	5	2	2	2	3		3	2	3	3	
Tipo de implantación			I	I	I		I	I	I	V	
Retiro frontal			3	3	3	2	3	3	3		
Retiro lateral			0	0	0	0	0	0	0		
Retiro posterior			4	4	4	3	4	4	4		

TIPO DE VIVIENDA	TIPO DE IMPLANTACIÓN	USOS ASIGNADOS
U = UNIFAMILIAR	I = Continua con retiro frontal	200 Producción de Bienes
U° = UNIFAMILIAR RURAL	II = Continua sin retiro frontal	310 Seguridad
B = BIFAMILIAR	III = Continua sin retiro frontal con portal	400 Servicios personales
M = MULTIFAMILIAR	IV = Continua sin retiro frontal y lateral	510 Equipamiento Educativo
	V = Aislada	600 Equipamiento comunal
		620 Equipamiento salud

Elaborado por: El Autor.

### 4.3.3. Relación con el entorno.

El equipamiento educativo se encuentra colindante con la avenida Eduardo Kingman, lo que genera presencia de ruidos y olores a causa de la emisión de gases. De la misma manera al encontrarse en una zona topográfica alta permite tener una calidad visual alta hacia el resto de la ciudad.



Fuente: Municipio de Loja.  
Elaborado por: El Autor.

#### 4.4. Análisis Micro.

El análisis micro se realiza a escala de proyecto arquitectónico, analizando de esta manera el contexto inmediato de equipamiento educativo. Logrando un análisis más detallado del sitio y de la edificación.

##### 4.4.1. Antecedentes.

La Unidad Educativa del Milenio Bernardo Valdivieso a partir de su concepción en el año 1727 por parte de los Jesuitas ha tenido varios cambios y adaptaciones a lo largo de los años, hasta su última intervención en su adaptación a Unidad Educativa del Milenio en el año 2015 al estado actual en que se encuentra.

Ilustración 14. Cronología UEM Bernardo Valdivieso.



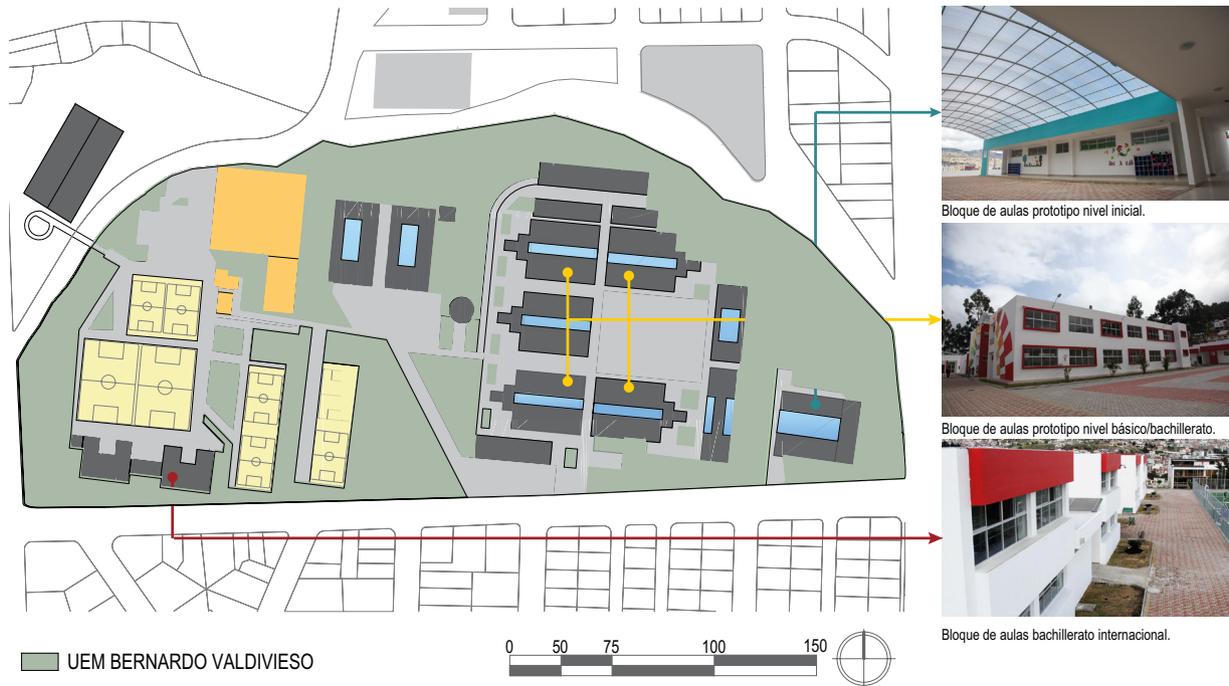
Elaborado por: El Autor.

#### 4.4.2. Información de los bloques.

La UEM Bernardo Valdivieso cuenta con un bloque prototipo de 4 aulas para el nivel inicial y alberga 164 personas; 41 por aula. Para el nivel básico/bachillerato cuenta con cinco bloques prototipo de 12 aulas y cada de estos alberga 492 personas; 41 por aula.

Además, cuenta un bloque de aulas para el área de bachillerato internacional, de igual manera cuenta con bloques complementarios de administración, biblioteca, comedor, auditorio, laboratorios, y talleres.

Ilustración 15. Emplazamiento de bloques.

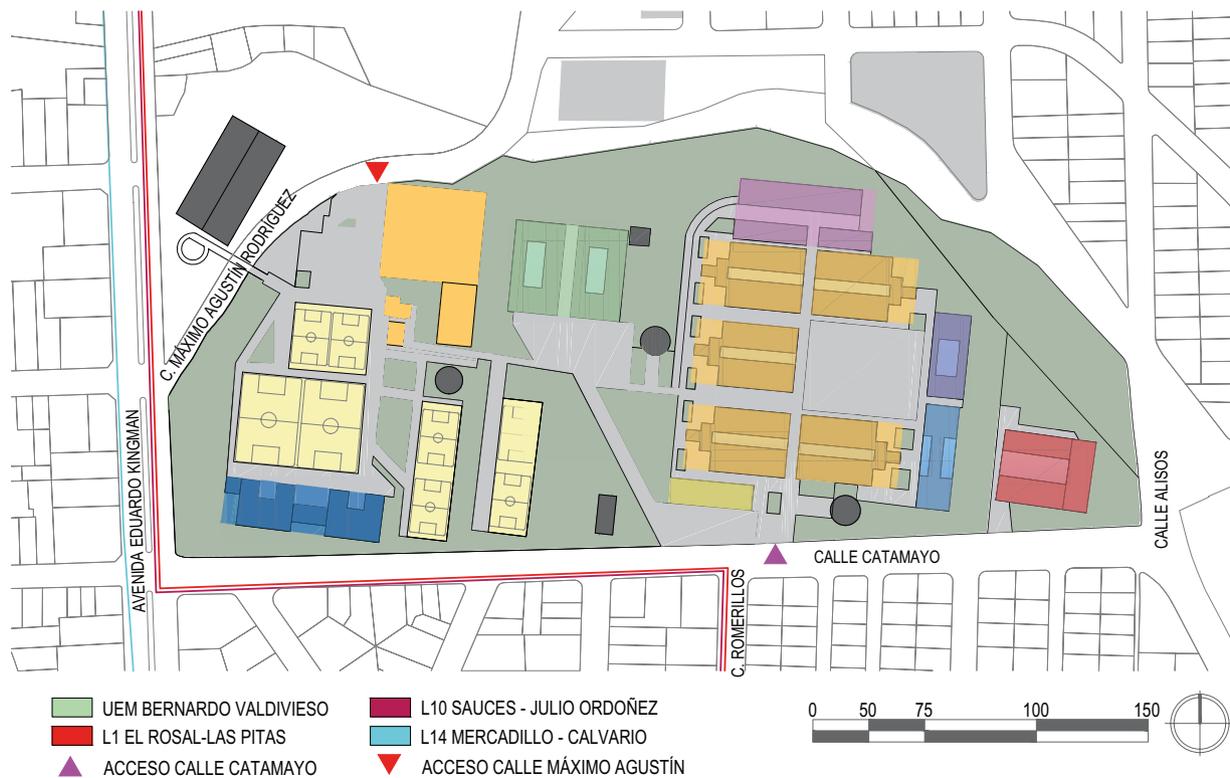


Elaborado por: El Autor.

### 4.4.3. Accesibilidad vial.

La UEM Bernardo Valdivieso cuenta con dos accesos principales, al norte por la calle Maximiliano Rodríguez y al sur por la calle Catamayo. Las líneas de transporte urbano circulan por sus alrededores, logrando de esta manera la fácil accesibilidad al equipamiento.

Ilustración 16. Accesibilidad vial.



Elaborado por: El Autor.

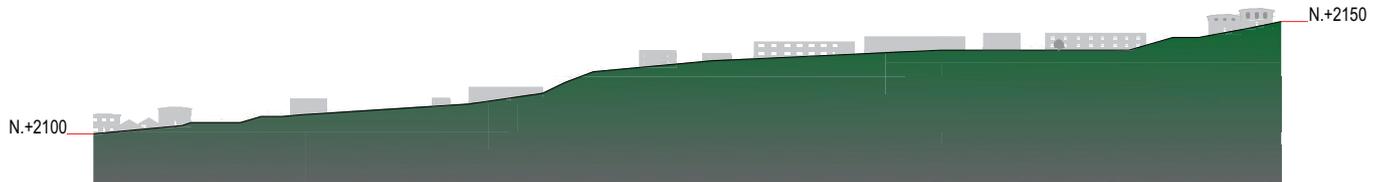
#### 4.4.4. Topografía.

El terreno en el que se encuentra emplazado la UEM Bernardo Valdivieso se encuentra ubicado a una altitud de 2100m.s.n.m y cuenta con una pendiente del 11%.

Ilustración 17. Topografía



- |                     |  |
|---------------------|--|
| ADMINISTRACIÓN      | TALLERES                                   |
| BIBLIOTECA          | BLOQUE DE AULAS INICIAL                    |
| COMEDOR - AUDITORIO | BLOQUES DE AULAS BÁSICO - BACHILLERATO     |
| LABORATORIOS        | BLOQUE DE AULAS BACHILLERATO INTERNACIONAL |

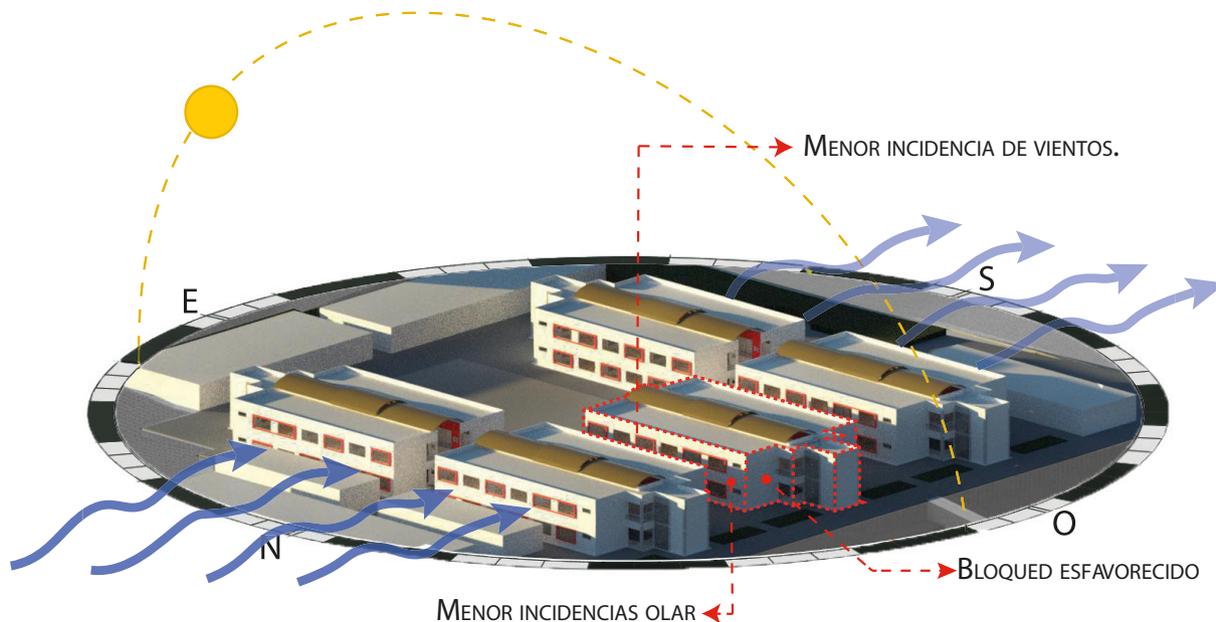


Elaborado por: El Autor.

#### 4.4.5. Selección de un bloque de aulas.

Como se lo mencionó antes la UEM cuenta con cinco bloques prototipo de 12 aulas. Para seleccionar uno de estos bloques con el objetivo de analizarlo se toman en cuenta aspectos como el emplazamiento relacionado con los demás bloques y la ubicación desfavorable en la que se encuentra. La misma que se puede apreciar que genera menor captación solar y menor incidencia de los vientos en el bloque de aulas.

Ilustración 18. Bloques de aulas.



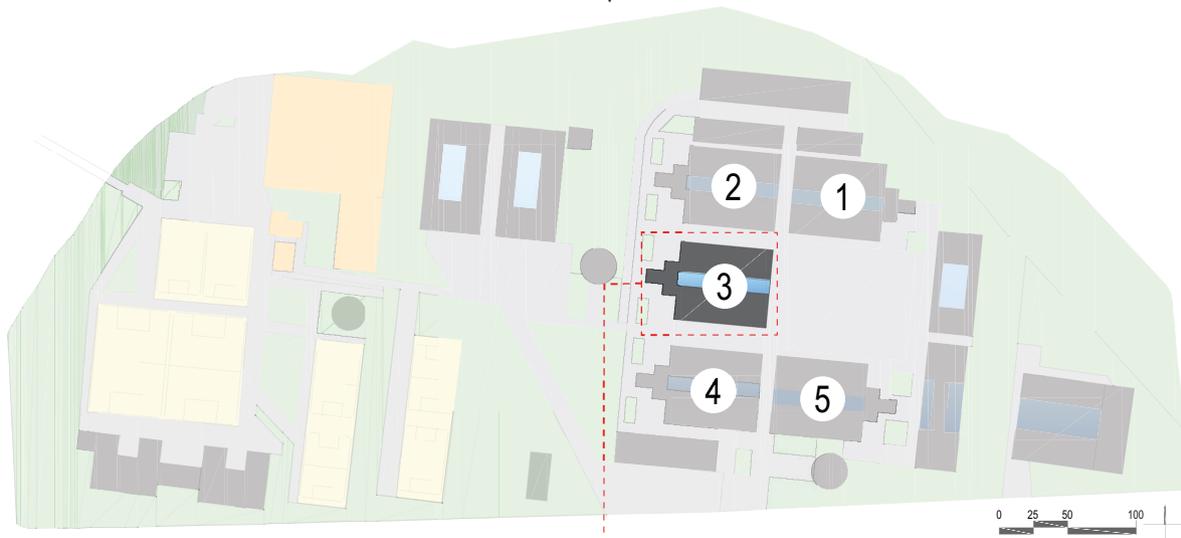
Elaborado por: El Autor.

	Bases Normativas	Resultados				
		Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Bloque 5
Confort Térmico	Temperatura interior. 23 – 30 °C	26,18 °C	23, 67 °C	17,88 °C	22,76 °C	25,32 °C
	Humedad Relativa 40 – 50%	45 %	56%	60 %	54 %	48 %
Confort Lumínico	Iluminación 300 – 2000 lux.	300 – 2500 lux.	300 – 4900 lux.	300 – 8500 lux.	300 – 5200 lux.	300 – 2500 lux.
Calidad del aire	Velocidad del aire 0,15m/s – 0,30m/s	4,50 m/s	5,20 m/s	5,90 m/s	4,80 m/s	4,20 m/s
	CO2: 1000kg	3731 kg/m <sup>2</sup>				
Instalaciones eléctricas	≥74MWh/a	51 MWh/a				

De esta manera tomando como referencia los puntos mencionados antes y el análisis de la probeta virtual se selecciona el bloque central (3), que este se encuentra colindante en el norte con el bloque (2) y en el sur el bloque (4). Esto genera que la incidencia solar y vientos hacia la edificación sea menor debido a su emplazamiento. De la misma manera se identificaron dis-

tintos problemas en los elementos que componen los bloques de aulas, siendo el bloque seleccionado el que cuenta con un mayor número de problemas, de esta manera mediante fotografías se registraron los daños.

**Ilustración 19.** Bloque seleccionado.



Daños internos debido a humedad.



Daños estructurales



Daños en la envolvente

**Elaborado por:** El Autor.

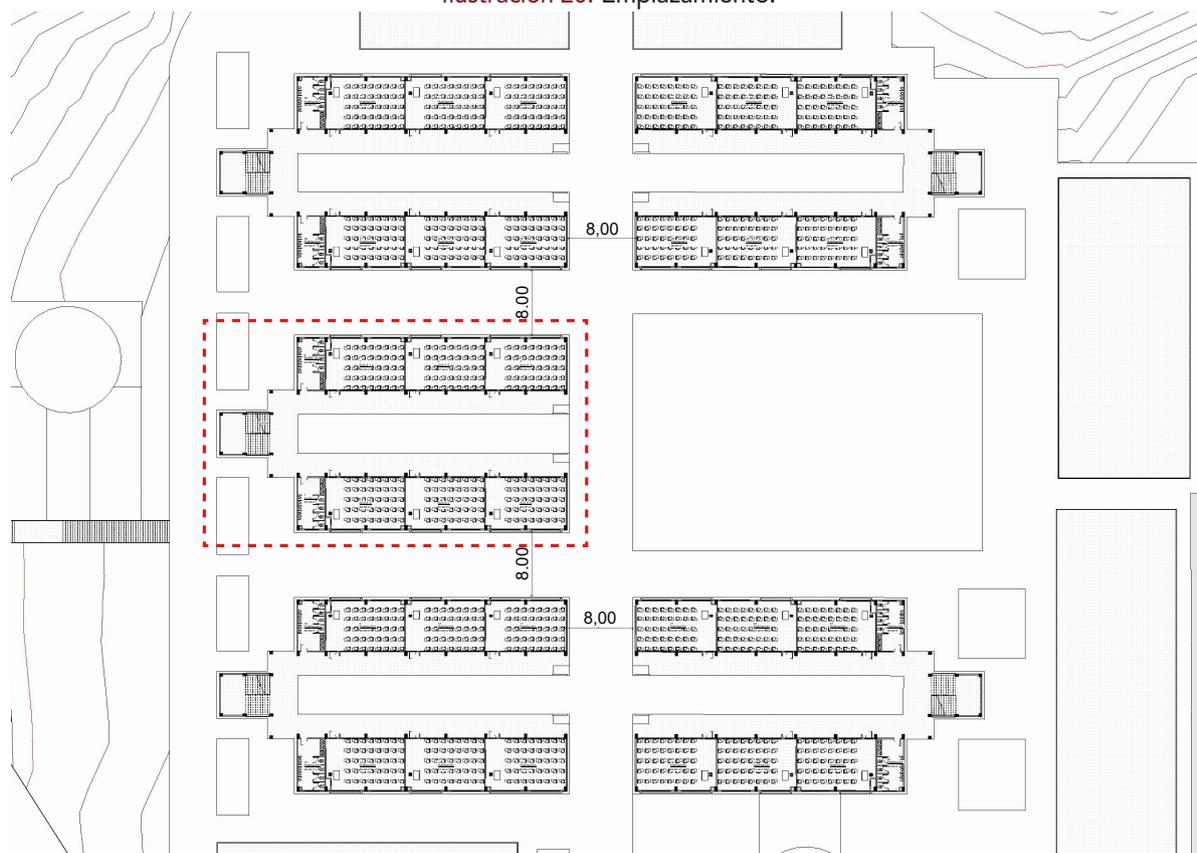
#### 4.5. Análisis del bloque seleccionado.

El bloque cuenta con un área construida de 1484,64m<sup>2</sup>, y se encuentra conformado por 12 aulas que se dividen en dos volúmenes de dos niveles, el mismo alberga 492 personas, siendo 41 personas por aula. A su vez cuenta con baterías sanitarias en la planta baja y planta alta. En el centro del bloque se genera un patio interno cubierto que divide los dos volúmenes que albergan las aulas.

#### 4.5.1. Emplazamiento.

En el emplazamiento se observa que el bloque seleccionado se encuentra colindante con el patio y demás bloques, con una separación de 8m entre ellos.

Ilustración 20. Emplazamiento.



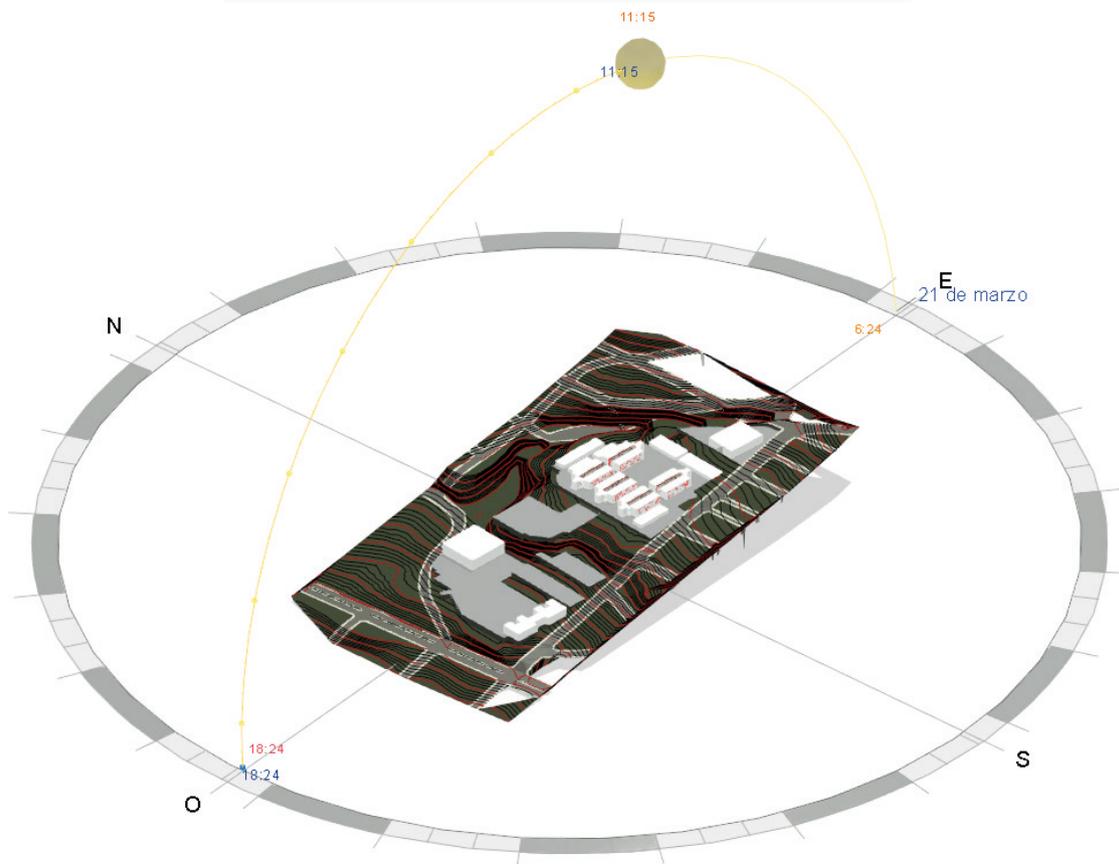
Elaborado por: El Autor.

#### 4.5.2. Vientos y soleamiento.

El terreno cuenta con vientos direccionados desde el norte y noroeste de la ciudad. A su vez posee el clima característico de la ciudad de Loja que es Semi-Húmedo con una temperatura media de 15 °, y precipitaciones mayormente entre septiembre y mayo (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2018). Por esta razón la edificación se encuentra orientada de manera que los vientos y soleamiento se aproveche de mejor manera.

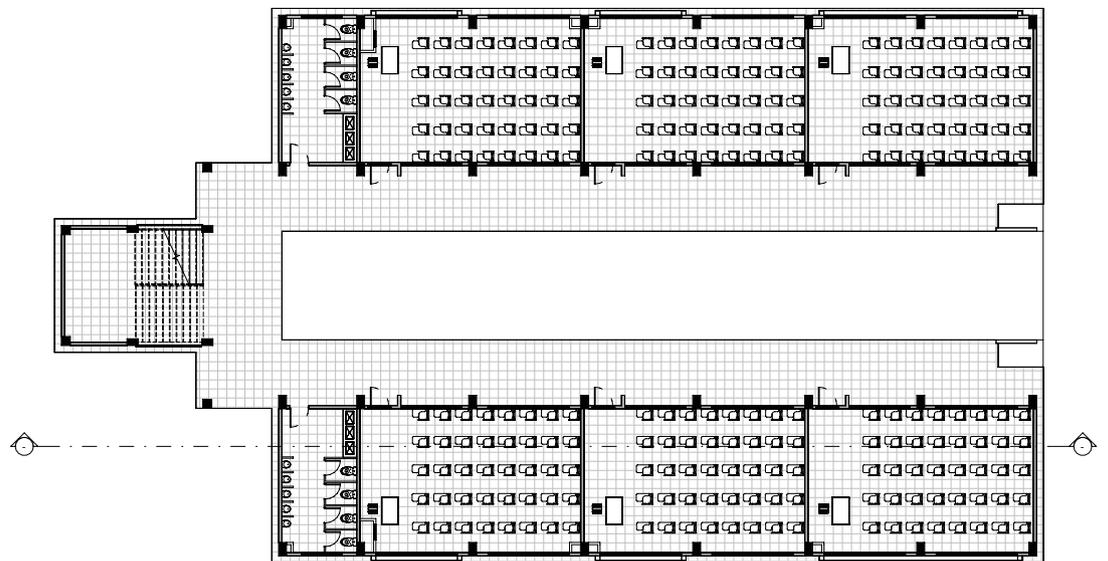
Ilustración 21. Soleamiento.

Promedio	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sep.	oct.	nov.	dic.
Máxima	21 °C	21 °C	21 °C	21 °C	19 °C	18 °C	17 °C	18 °C	19 °C	19 °C	20 °C	20 °C
Temp.	15 °C	15 °C	16 °C	15 °C	14 °C	13 °C	12 °C	13 °C	14 °C	14 °C	14 °C	15 °C
Mínima	11 °C	10 °C	9 °C	9 °C	10 °C	10 °C	10 °C	11 °C				

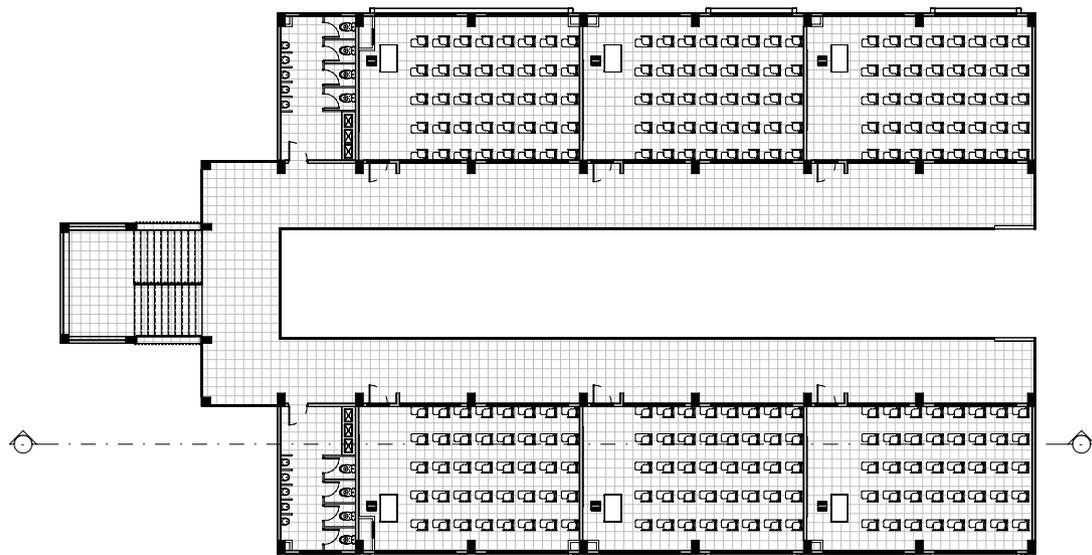


Fuente: Revit.  
Elaborado por: El Autor.

### 4.5.3. Planos arquitectónicos.



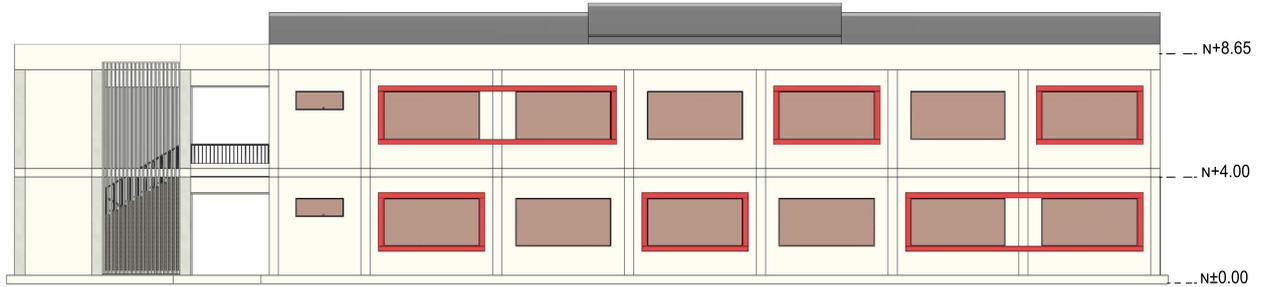
PLANTA N±0.00



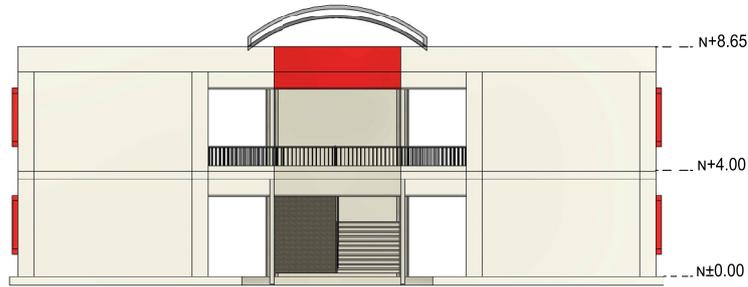
PLANTA N+4.00



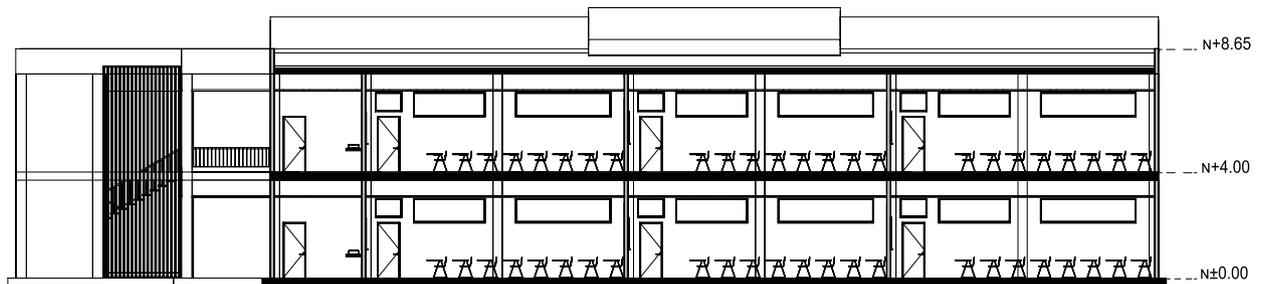
Elaborado por: El Autor.



Fachada Sur



FACHADA ESTE



Sección A-A"

Elaborado por: El Autor.

#### 4.5.4. Análisis técnico constructivo de la envolvente.

Se desarrolla un análisis técnico constructivo del bloque de aulas seleccionado con la finalidad de conocer la materialidad de los elementos que la componen, y el estado de los mismos con la finalidad de llegar a los daños existentes en la edificación.

**Tabla 23. Análisis técnico constructivo.**

Elemento	Material	Daños	Imagen
Estructura	La estructura del bloque de aulas está compuesta por hormigón armado. $h=240\text{kg}/\text{cm}^2$ .	Existen daños en las losas. Fisuras que generan goteras.	
Mampostería	La mampostería de los bloques de aulas está compuesta por bloque de concreto de $15 \times 20 \times 40\text{cm}$ .	Existen cuarteaduras debido a asentamiento de tierra, humedad y hongos en los materiales. Genera problemas en el confort térmico, acústico y ventilación.	
Cubierta	La cubierta del patio interno es de policarbonato de $6\text{mm}$ , con estructura metálica. La cubierta de los bloques es de hormigón armado.	Las cubiertas no han sido impermeabilizadas. Esto genera problemas en el confort térmico y calidad de aire.	
Carpintería	La carpintería es de metal, y está compuesta por ventanas corredizas de aluminio y vidrio de $6\text{mm}$ . Puertas metálicas de tool.	La carpintería tanto de puertas y de ventanas generan puentes térmicos, rompiendo el aislamiento de la fachada y carpintería.	
Pisos	En los pisos se emplea cerámica de piso de alto tráfico y antideslizante de clase A de $40 \times 40$ .	Existe roturas en la cerámica de los distintos espacios.	
Recubrimientos	El cielo raso está compuesto de Gypsum para humedad y estructura metálica. El recubrimiento de las paredes es de pintura de caucho vinyl acrílico.	Daños en el Gypsum de cielos rasos por humedad, en las paredes existe desprendimiento de la pintura. Esto genera problemas en la transmitancia térmica de la envolvente.	

Fuente: Servicio de contratación de obras, SECOB (2014).

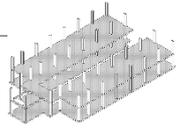
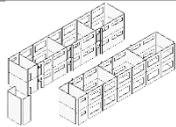
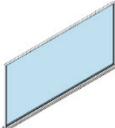
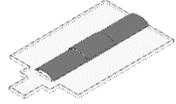
Elaborado por: El Autor.

#### 4.6. Criterios de diseño constructivo.

La envolvente de una edificación debe contar con un diseño que cumpla la función de proteger a los usuarios. A su vez esta es la encargada de limitar la demanda energética para alcanzar el bienestar de los usuarios. Es por ello que mediante la siguiente tabla se han identificado los elementos que componen la envolvente de la UEM Bernardo Valdivieso, así como su

material, recubrimiento y acabado. Datos y valores que han sido tomados de Norma Ecuatoriana de la Construcción en su capítulo de Eficiencia Energética (2018). Que servirán para el desarrollo de la probeta virtual y análisis de la edificación.

**Tabla 24.** Criterios de diseño constructivo.

Elemento	Material	Recubrimiento	Acabado	Conductividad térmica	Densidad	Capacidad Calorífica	
Estructura	Hormigón armado Columnas y vigas. H=240kg/cm <sup>2</sup>	Mortero de cemento	Pintura blanca de caucho látex vinyl acrílico.	1.63 W/mK	2400 kg/m <sup>3</sup>	1050 J/kgK	
	Hormigón armado losas. H=240kg/cm <sup>2</sup>	Masillado de losa, incluye impermeabilizante.	Cerámica de piso de alto tráfico y antideslizante de clase A de 40x40.	1.3 W/mK	1.03 kg/m <sup>3</sup>	836 J/kgK	
Muros	Mampostería de bloque de concreto de 15x20x40cm	Mortero de cemento	Pintura blanca de caucho látex vinyl acrílico	0.10 W/mK	5.43 kg/m <sup>3</sup>	850 J/kgK	
Ventanas	Carpintería de aluminio.			0.34 W/mK	-	-	
	Vidrio de 6mm.			0.9 W/mK	-	-	
Cubierta	Cubierta de estructura metálica en patio interno	Policarbonato de 6mm		0.20 W/mK	1200 kg/m <sup>3</sup>	1200 J/kgK	
	Cubierta plana en bloques de aulas.	Masillado de losa, incluye impermeabilizante.		2.3 W/mK	2400 kg/m <sup>3</sup>	1050 J/kgK	

Fuente: NEC-EE.

Elaborado por: El Autor.

## 4.7. Modelado de probeta virtual.

El análisis del bloque de aulas seleccionado se lo realiza mediante el modelado de una probeta virtual, en la que se introducen las características de los materiales y elementos de la edificación, datos que mediante la evaluación permiten conocer el confort ambiental dentro de las aulas de clases, y la eficiencia energética de la edificación a través de tablas y gráficos que permiten el análisis y comparación de los resultados con los recomendados por las bases normativas.

Para su desarrollo se toman en cuenta los valores mencionados en la tabla 22, y se genera el análisis en base a distintas normativas que se detallan a continuación y a su vez se establecen las herramientas y los resultados óptimos que deberían existir dentro de estos espacios según la base normativa.

**Tabla 25. Modelado de probeta virtual.**

Objetivo	Base normativa	Herramienta	Resultado
<p><b>Confort térmico.</b> El confort térmico está determinado por las condiciones internas en que los usuarios se encuentran cómodos. Se toma como referencia la temperatura operativa recomendable y la transmitancia térmica de la envolvente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Norma Ecuatoriana de la construcción/Climatización.</li> <li>- Normas técnicas y estándares para la construcción y repotenciación de infraestructura educativa.</li> <li>- ASHRAE 55</li> <li>- Guía de eficiencia energética para establecimientos educacionales.</li> </ul>	Encuesta / probeta virtual.	Mediante la aplicación de las herramientas y bases normativas se debe conocer las condiciones internas de diseño. Las mismas que al estar direccionadas a la zona climática ecuatoriana número 3, debe contar con una temperatura bulbo seco interior de entre 30 y 23°C, y una humedad relativa entre 40 y 50%.
<p><b>Calidad de aire y ventilación.</b> Es la sensación de bienestar respiratorio dentro de los espacios, y está determinado por parámetros de calidad como superficie de ventanas, niveles de CO<sub>2</sub>, flujo de aire, entre otros.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Norma Ecuatoriana de la construcción/Climatización.</li> <li>- Normas técnicas y estándares para la construcción y repotenciación de infraestructura educativa.</li> <li>- ASHRAE 62.1.</li> <li>- Guía de eficiencia energética para establecimientos educacionales.</li> </ul>	Encuesta / probeta virtual.	Se busca conocer los parámetros actuales de calidad de aire y ventilación. Para ello mediante la aplicación de la probeta determinar si los rangos de velocidad actuales se encuentran dentro de la media admisible de 0,15m/s – 0,30m/s, y si se encuentra dentro de la categoría correspondiente (CAI2) de calidad de aire interior. Nivel máximo de CO <sub>2</sub> =1000ppm.
<p><b>Confort acústico.</b> Esta determinado por el control contra el ruido de resto de ambientes y el entorno. Este se mide mediante parámetros de rango y niveles de ruido apropiados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Guía de eficiencia energética para establecimientos educacionales.</li> </ul>	Encuesta	Mediante la aplicación de encuestas se logró conocer que existía ruido proveniente de espacios colindantes y externos. Los niveles de confort acústico dentro de las aulas, debe ser menor o igual a 35 dB, y debe tener un tiempo de verberación igual a 0,7s.
<p><b>Confort lumínico.</b> Esta se encuentra ligada con la comodidad visual de los usuarios, para ellos se toma en cuenta parámetros de niveles de iluminación, deslumbramiento, reflexión, entre otros.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1153.</li> <li>- Normas técnicas y estándares para la construcción y repotenciación de infraestructura educativa.</li> <li>- Guía de eficiencia energética para establecimientos educacionales.</li> </ul>	Encuesta / probeta virtual.	Para conocer los niveles de iluminación dentro de las aulas, mediante la aplicación de la probeta virtual se logrará obtener los niveles de luminancia, que deben oscilar entre 200 y 300 lux. De igual manera el factor luz día debe ser del 2%.

Elaborado por: El Autor.

## 4.8. Criterios de diseño arquitectónico.

En el diseño del equipamiento educativo se tomaron en cuenta factores de diseño como la iluminación natural, ventilación natural y la permeabilidad del aire, los mismos que tienen una influencia directa y se debería aprovechar de la mejor manera posible para disminuir el consumo de energía en iluminación artificial.

Tabla 26. Iluminación natural.

### Iluminación natural

La iluminación natural está determinada por la luz solar directa y la luz reflejada que se dan dentro de los espacios de una edificación. Estos valores se determinan por lúmenes o lux, que es la cantidad de luz que se proyecta dentro de la superficie de un

#### Fachada Norte 7AM.

- En las aulas de la fachada norte se puede apreciar que existe poca iluminación proyectada dentro de la misma y se la representa con el color celeste. Mientras que con el color naranja se aprecia la luz reflejada en obstáculos, en este caso el bloque de aulas aledaño.



#### Fachada Norte 10AM.

- A las 10 de la mañana se puede apreciar igualmente que existe poca iluminación proyectada dentro del aula, representada con el color celeste. Mientras que con el color rojo se aprecia que el reflejo generado del bloque aledaño es más fuerte debido a la orientación del sol.



#### Fachada Norte 13PM.

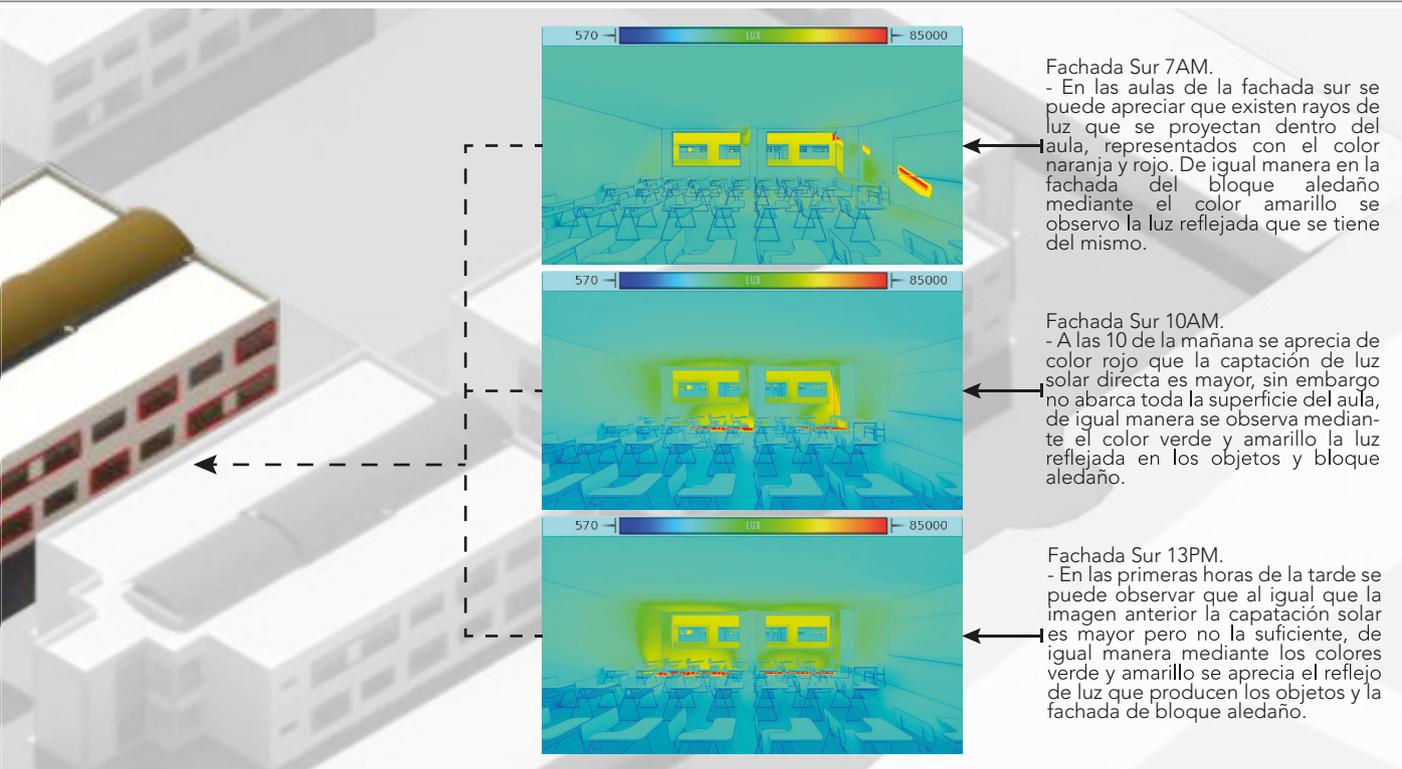
- En esta hora se puede apreciar que según la trayectoria solar sigue siendo baja la iluminación proyectada dentro del aula, sin embargo, la luz reflejada por el bloque de aulas aledaño es menor que las horas de la mañana.



La orientación del bloque de aulas recibe iluminación solar directa por sus fachadas norte y sur. El emplazamiento de los demás bloques genera una sombra leve en las fachadas del bloque analizado, sin embargo, éstos obstaculizan de cierta manera la

Elaborado por: El Autor.

espacio. En este caso, el presente análisis se lo realiza mediante manchas de calor, en las cuales los colores fríos representan menores cantidades de luz, y los colores cálidos mayores cantidades de luz en espacios y reflejos.



captación solar y generan reflejos en el interior de las aulas, generando incomodidades en los estudiantes.

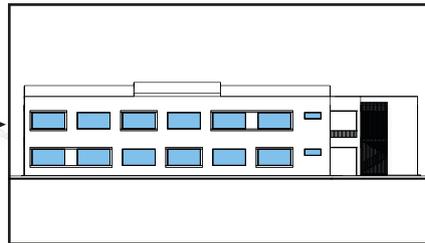
Tabla 27. Ventilación natural y permeabilidad del aire.

Ventilación natural y permeabilidad del aire.

La ventilación y permeabilidad del aire se encuentran determinadas por las aberturas en las fachadas que permitan la entrada y salida de aire. Con el ingreso de datos de la zona climática en la que se encuentra la edificación se procede a identificar cada uno de estos criterios para conocer la manera en que se aprovecha la ventilación natural en la edificación, la ventilación mecá-

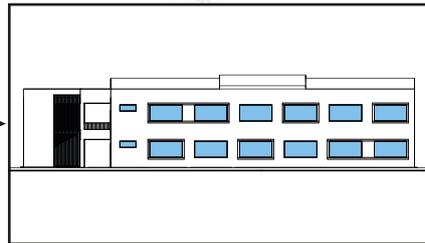
Fachada Norte.

- En la fachada norte las aberturas en las fachadas se las representa de color celeste, mismas que permiten la entrada de aire proveniente desde el norte y su permeabilidad hacia el interior.



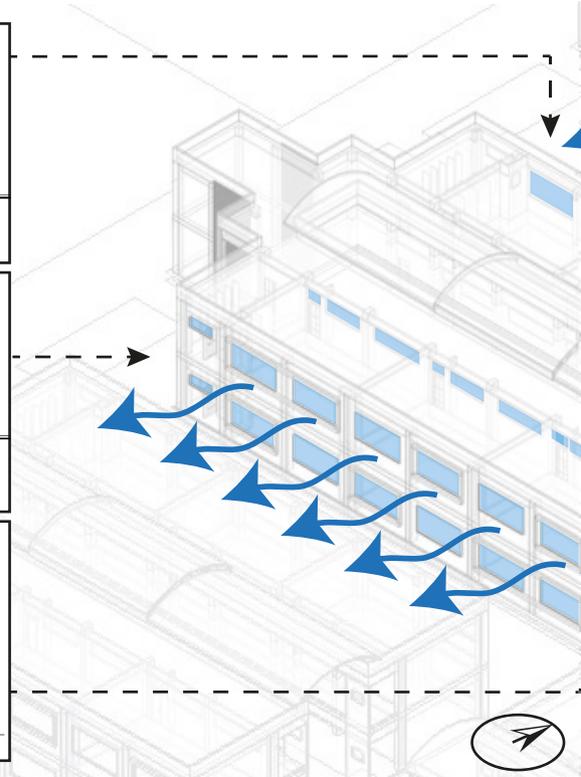
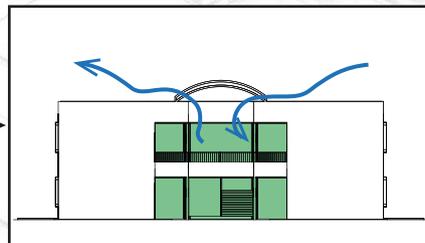
Fachada Sur.

- En esta fachada que se encuentra orientada hacia el sur se puede observar de igual manera las aberturas en la fachada representadas de color celeste, las cuales debido a la orientación del edificio permiten la salida del aire, generando una ventilación cruzada.



Patio Interno.

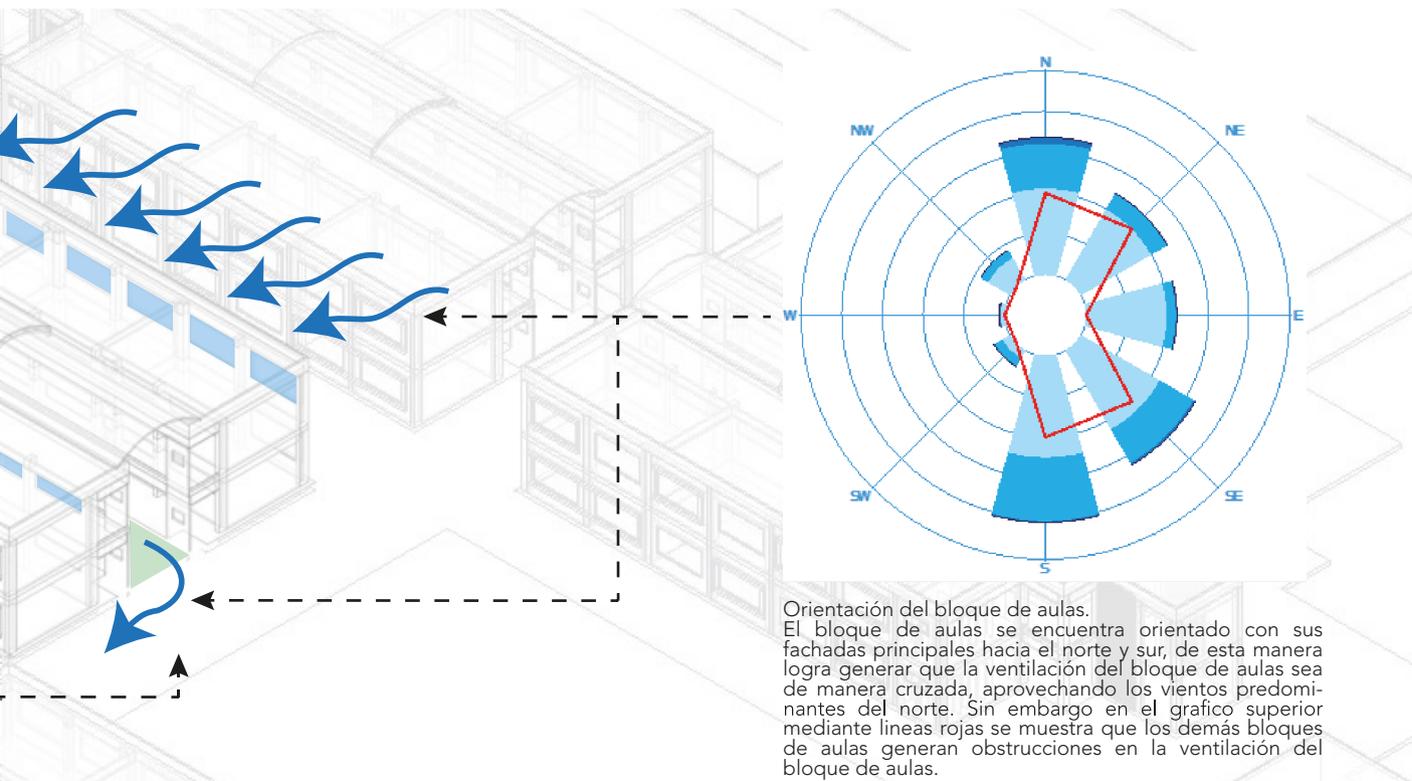
- Representado de color de verde se encuentra el patio interno del bloque de aulas. El cual permite la entrada y salida de distintas corrientes de aire, logrando de esta manera que la permeabilidad de aire dentro de las aulas sea mayor.



Mediante los resultados de la evaluación se logró conocer que la orientación del bloque de aulas seleccionado permite una ventilación cruzada, ya que los vientos provienen desde el norte, sin embargo, está se encuentra obstruida por el bloque que

Elaborado por: El Autor.

nica, la orientación del edificio, patios internos y vegetación en aberturas. Para ello la evaluación permite conocer a partir de sus resultados la manera en que se aprovecha la ventilación natural. Siendo entre 10% y 30% el porcentaje óptimo de aberturas en fachadas según la norma ASHRAE.



se encuentra frente a su fachada norte. De igual manera se identificó que el porcentaje de aberturas en las fachadas es del 13% que en conjunto con el patio interno genera impemeabilidad del aire dentro de la edificación.

## 4.9. Criterios de confort ambiental.

Las edificaciones tienen como objetivo asegurar el confort ambiental de sus ocupantes, mediante la percepción sensorial de los usuarios y los parámetros adecuados de confort térmico, lumínico y de calidad de aire. Para ello, se aplicó una encuesta a los alumnos y posteriormente se realizó el análisis de los espacios.

Tabla 28. Percepción sensorial.

### PERCEPCIÓN SENSORIAL.

La percepción sensorial de los usuarios del bloque seleccionado se la realiza mediante la aplicación de una encuesta enfocada en conocer el confort ambiental que perciben los mismos en el interior de estos espacios, de manera que esta información recolectada sirva para conocer más a detalle sus condiciones internas. De esta manera se realizó el cálculo del tamaño de la muestra tomando en cuenta las 492 personas que son usuarios del bloque.

Cálculo de muestra:

Tamaño de la Población:	492pers.
Nivel de Confianza:	90%
Margén de Error:	10%

Tamaño de la Muestra:	60 pers.
-----------------------	----------

Una vez obtenido el tamaño de la muestra se desarrolla el modelo de la encuesta y se planifica aplicarla a usuarios de distintas aulas del mismo bloque, con la finalidad de obtener diversos resultados y conocer a detalle las percepciones de los usuarios, de los resultados de las encuestas se puede concluir que:

### CONFORT TÉRMICO

Respecto al confort térmico se buscaba conocer la sensación térmica de los usuarios dentro las aulas, la manera en que cambian la temperatura interior y como les gustaría que fueran las aulas. Para ello las respuestas fueron dispersas, sin embargo, la mayoría de los encuestados califican las aulas como ambientes fríos desde que empieza la jornada de clases hasta la hora del receso, luego de este periodo se genera un cambio de temperatura por lo que se obtiene como resultado que para modificar la temperatura interior se recurre a la apertura de puertas y ventanas. También se llega a conocer que para ellos el número de estudiantes en las aulas si cambia la temperatura interna, y como resultado se obtiene que a la mayoría de usuarios les gustaría que las aulas fueran espacios más cálidos en las mañanas y templado luego del receso.

### CONFORT LUMÍNICO:

Respecto al confort lumínico se quería conocer la valoración de iluminación dentro del aula, la existencia de reflejos o brillos molestos y su opinión natural dentro de la misma. Obteniendo como resultados que los usuarios en su gran mayoría no encuentran aceptable la iluminación dentro de las aulas, mencionándonos que generalmente es necesario el encender las lámparas, de igual manera un porcentaje menor de alumnos mencionan la existencia de brillos y reflejos molestos en sus puestos de trabajo, dejando en evidencia que estos son existentes en zonas específicas de las aulas.



El análisis de resultados de las encuestas muestra que gran parte de los alumnos comparten sensaciones negativas respecto al confort que tienen dentro de las aulas, sin embargo, hay factores como la vestimenta que se debe tomar en cuenta en la varia-

Elaborado por: El Autor.



### CONFORT ACÚSTICO:

Respecto al confort acústico mediante la encuesta se buscó conocer si existía la presencia de ruidos externos y si los mismos afectaban a la concentración de los usuarios. De esta manera a través de los resultados se pudo conocer que dentro de las aulas existe la presencia de ruidos externos provenientes de la calle, aulas aledañas o patios, ya sean suaves o fuertes, y que estos si llegan a afectar la concentración de los usuarios en distintos niveles durante el periodo de clases.



### CALIDAD DE AIRE Y VENTILACIÓN:

Respecto a este punto se buscó conocer la temperatura interior del aire, la existencia de malos olores y el grado de comodidad de los usuarios. Mediante la aplicación de la encuesta se tiene como resultado que los usuarios califican la calidad del aire de manera neutral, de igual manera se logra conocer que existe una corriente de aire dentro de las aulas, y hay presencia de malos olores dentro de las aulas debido a la ventilación, en ciertas horas del día. Dejando en evidencia la mala calidad de aire dentro de las aulas.



ción del resultado. Teniendo como resultado final que el 29% de los encuestados se encuentra descontento con las condiciones ambientales dentro del aula, el 56% se encuentra neutral y el 15% se encuentra contento.

Confort térmico

El confort térmico se determina a partir de la tasa metabólica, temperatura del aire, velocidad del aire y humedad dentro de los espacios de una edificación. De esta manera el análisis se realiza por espacios y niveles de la edificación. Para ellos se toma

**RESULTADOS BAÑOS PLANTA BAJA**

Datos de la Zona.

- El análisis térmico de los baños de la planta baja da datos generales de temperatura mínima, media y máxima dentro de un periodo anual. De igual manera nos muestra el número de horas resultantes de confort insatisfechas en la zona analizada.

**BAÑOS PLANTA BAJA**

TEMPERATURA INTERNA

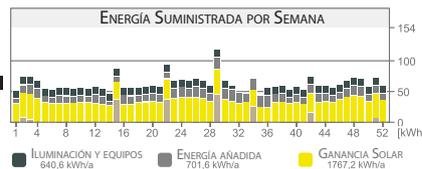
Min. (09:00 Feb. 06): 12,10 °C  
 Media Anual: 19,43 °C  
 Max. (19:00 May. 24): 29,53 °C

HORAS DE CONFORT INSATISFECHAS

Enfriamiento: 1399 hrs/a  
 Calentamiento: 22 hrs/a

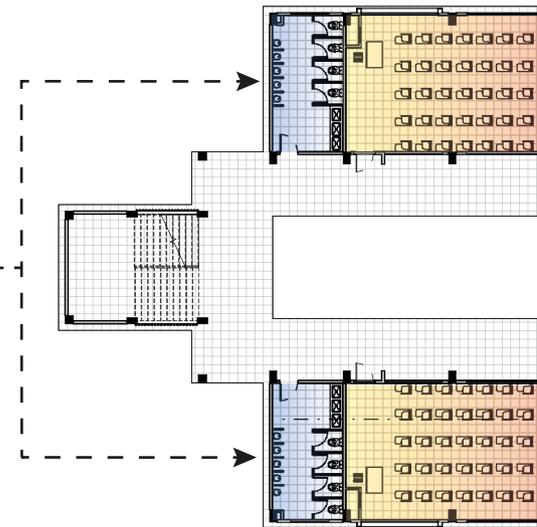
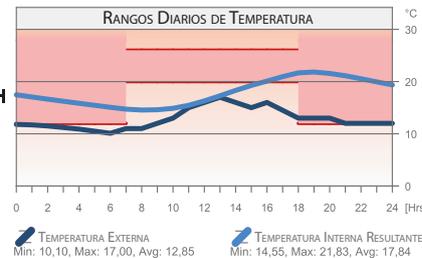
Energía Suministrada.

- Los materiales de la envolvente son los encargados de controlar la energía suministrada dentro de los espacios. En este caso en el gráfico se muestra de color amarillo la energía que se recibe del sol, en gris la añadida que es de carácter humano y en negro la energía que gastan equipos de iluminación, entre otros. Dejando en evidencia que las características de los materiales, permiten ganancias solares altas dentro de los espacios.



Temperatura del Aire.

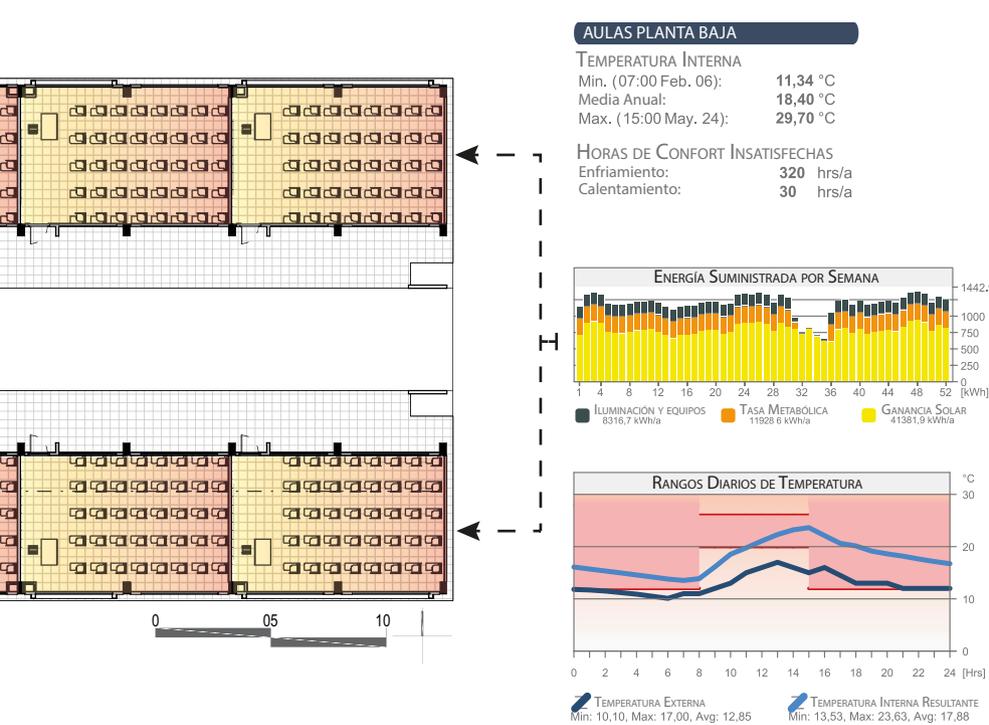
- Mediante el análisis se obtuvieron datos de temperaturas externas e internas. En el gráfico se puede observar que la curva de temperatura externa es menor a la interna, esto debido al número de ocupantes y las características de conductividad térmica y capacidad calorífica que tienen los materiales, generando que la temperatura interna comience a subir a partir de las 10am.



En el caso de la planta baja de bloque de aulas se obtuvo que la temperatura de aire externa oscila entre los 12.85°C, y la interna entre 17.84°C. De igual manera se obtuvo la velocidad promedio de aire que es de 11.80m/s. De esta manera mediante la evaluación se obtuvo el gráfico de ganancias de calor que existe dentro de las aulas, y analizando estos resultados se obtuvo

Elaborado por: El Autor.

como base la tabla 22 que contiene las propiedades de los materiales que componen la envolvente para ingresar en el software. Estos datos se toman como referencia de la Norma Ecuatoriana de la Construcción.



## RESULTADOS AULAS PLANTA BAJA

Datos de la Zona.

- En el caso de las aulas de la planta baja de igual manera el análisis da rangos de temperatura mínima, media y máxima dentro de los ambientes, y de igual manera nos muestra las horas de confort insatisfechas de enfriamiento y calentamiento en las aulas.

Energía Suministrada.

- En el caso de las aulas, la ganancia de energía que se encuentra suministrada en su interior proviene en su mayoría de la ganancia solar que se genera mediante los materiales, y de igual manera por la tasa metabólica de las personas, siendo en este caso los 40 usuarios de las aulas. Tomando los datos de conductividad térmica dados por la NEC.

Temperatura del Aire.

- De igual manera el análisis muestra que en el caso de las aulas de la planta baja la temperatura externa es menor que la temperatura interna del aire, en este caso los factores de transmitancia térmica de los materiales y número de usuarios influye directamente en estos valores.

que la temperatura media dentro de las aulas es baja debido a la falta de ganancia solar y varía debido a la ganancia de calor humana que existe en su interior relacionado a las propiedades de los materiales.

### RESULTADOS BAÑOS PLANTA ALTA

Datos de la Zona.

- En los baños de la planta al igual que en los de la planta baja se aprecian los mismos valores, ya que están compuestos por los mismos materiales y su temperatura interna y horas de confort insatisfechas son similares, como se muestran en las tablas.

#### BAÑOS PLANTA ALTA

TEMPERATURA INTERNA

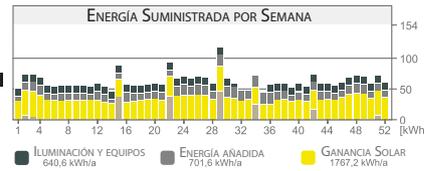
Min. (09:00 Feb. 06): 12,10 °C  
 Media Anual: 19,43 °C  
 Max. (19:00 May. 24): 29,53 °C

HORAS DE CONFORT INSATISFECHAS

Enfriamiento: 1399 hrs/a  
 Calentamiento: 22 hrs/a

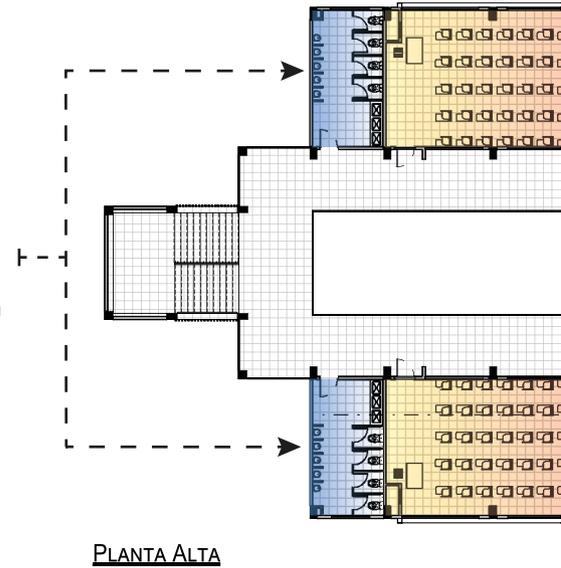
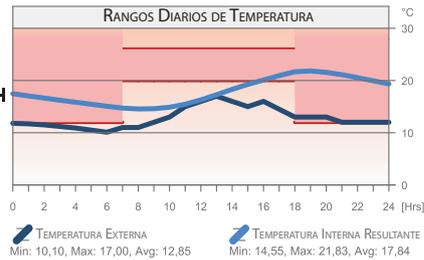
Energía Suministrada.

- Dentro de los baños de la planta alta no existen usuarios fijos como en la planta baja, por lo que el análisis nos muestra de color amarillo la ganancia solar dentro de los espacios que es la mayor, de color gris la cantidad de energía añadida que son los usuarios y de negro la energía suministrada por iluminación y otros equipos.



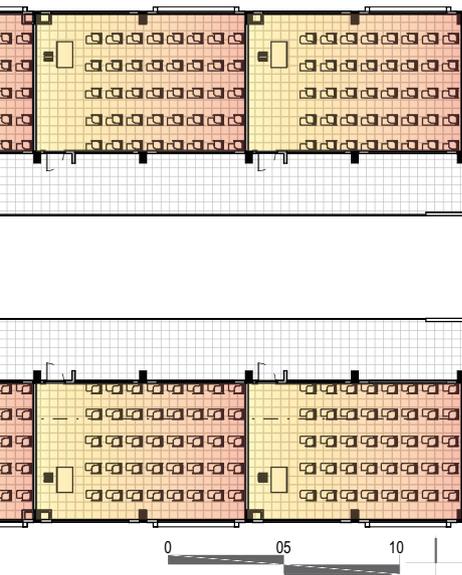
Temperatura del Aire.

- De igual manera mediante las curvas en el gráfico se muestra que la temperatura interna del aire es mayor que la externa y esto debido a las características de los materiales constructivos.



En el caso de las aulas y baños de la planta alta se obtuvo que la temperatura del aire externa oscila entre los 12,85°C y la interna en 17,88°C, obteniendo un valor similar al de la planta baja a pesar del cambio de nivel. De igual manera se observan las ganancias de calor que existen dentro de las aulas, teniendo como resultado que la temperatura promedio dentro de estos

Elaborado por: El Autor.



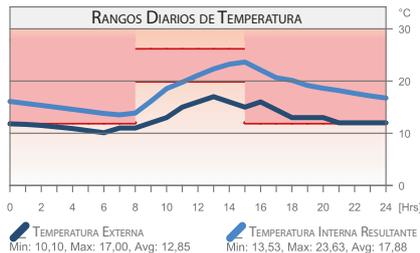
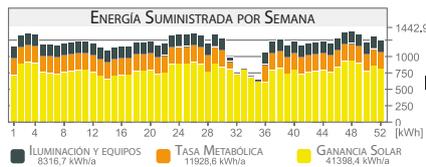
#### AULAS PLANTA ALTA

##### TEMPERATURA INTERNA

Min. (07:00 Feb. 06): 11,35 °C  
 Media Anual: 18,41 °C  
 Max. (15:00 May. 24): 29,70 °C

##### HORAS DE CONFORT INSATISFECHAS

Enfriamiento: 31 hrs/a  
 Calentamiento: 31 hrs/a



#### RESULTADOS AULAS PLANTA ALTA

##### Datos de la Zona.

- En las aulas de la planta alta de igual manera el análisis muestra que la temperatura interna mínima es en febrero, la máxima en mayo y da un rango medio de temperatura. De igual manera muestra las horas de confort que no han sido satisfechas.

##### Energía Suministrada.

- Como ya se ha evidenciado en la planta baja, en estas aulas de la planta alta mediante el gráfico se puede observar la ganancia solar es bastante alta, de igual manera el número de usuarios dentro de las aulas genera un rango considerable de energía suministrada dentro de las mismas, en la que intervienen características de los materiales, entre otros.

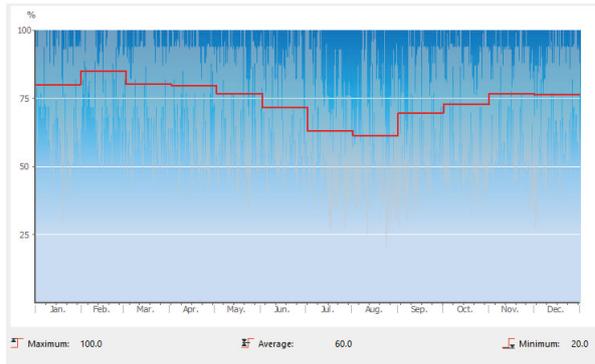
##### Temperatura del Aire.

- En el gráfico de la temperatura del aire se puede observar que los valores tienden a incrementar a partir de la mañana, y con la influencia de los factores térmicos de los materiales se puede observar que las temperaturas dentro de las aulas tienden a ser mayores que en el exterior de las mismas.

espacios esta por debajo de la óptima debido a la leve ganancia solar y tiende a variar debido a la ganancia de calor humano que existe en su interior, relacionado con las propiedades de los materiales de la envolvente.

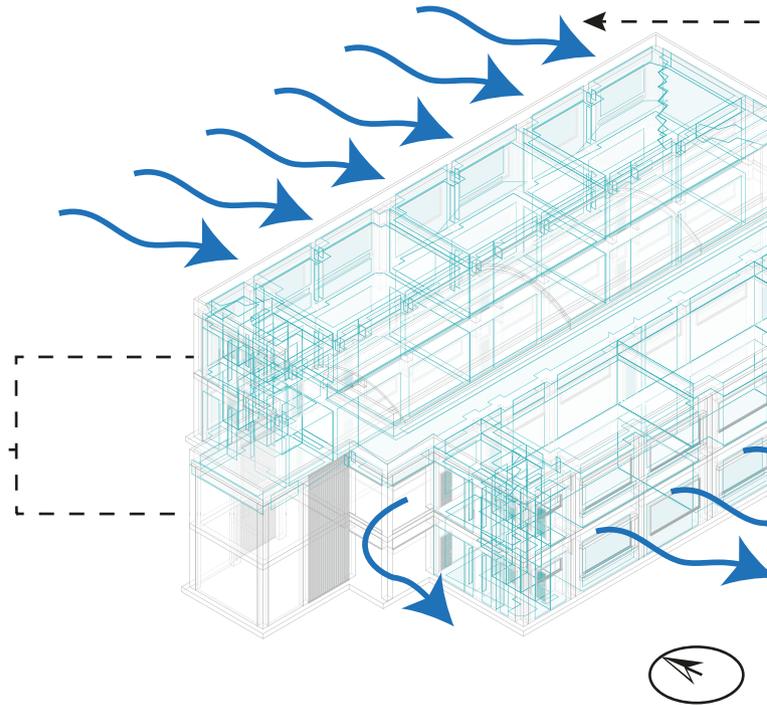
Humedad Relativa y Velocidad del aire.

HUMEDAD RELATIVA.



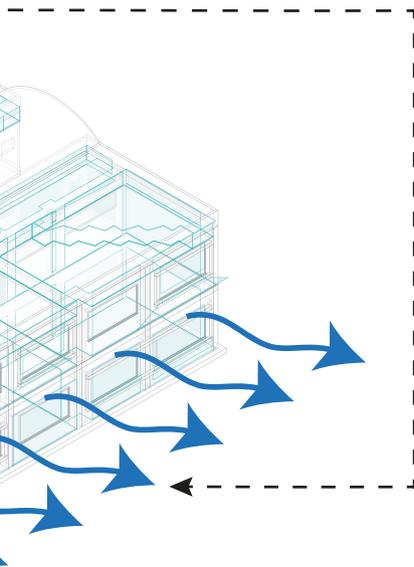
Humedad.

- Mediante el análisis se logra conocer los niveles de humedad dentro del bloque de aulas, tomando como referencia la zona climática en la que se encuentra ubicada. De esta manera en el gráfico superior mediante una línea de color rojo se muestra como varía los niveles de humedad de manera mensual. Siendo de esta manera en el mes agosto el menor porcentaje de humedad y en el mes de febrero el mayor. Dando como resultado una media de 60% de humedad dentro del año. Resultado que es negativo ya que según la base normativa tomada, esta debe estar entre el 30% y 50% .

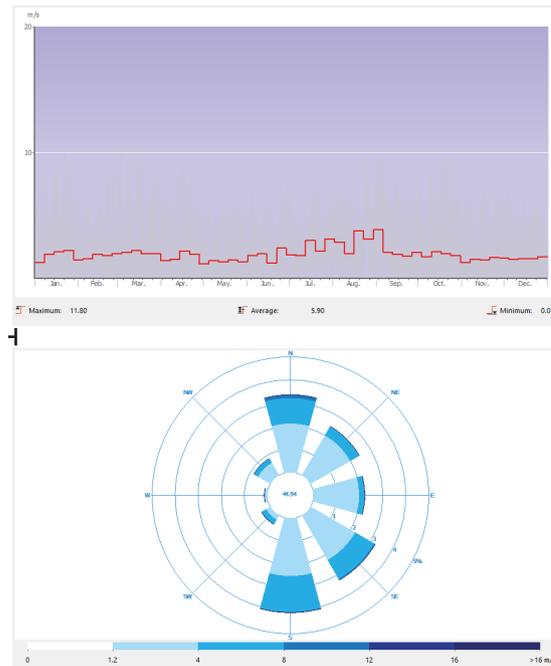


Mediante los resultados se observa que el porcentaje de humedad promedio dentro del bloque de aulas es de 60%, y la normativa menciona que debe encontrarse entre 30 y 50%, siendo un valor negativo el existente. De igual manera se obtiene que

Elaborado por: El Autor.



## VELOCIDAD DEL AIRE.



Velocidad del aire.

- Mediante el análisis se logra observar en el gráfico mediante una línea de color rojo la variación de velocidad del aire, que se mide en metros/segundos. Dando como valor máximo 11.80m/s en el mes de Agosto y un valor promedio de 5.90m/s al año.

Velocidad del aire según la orientación.

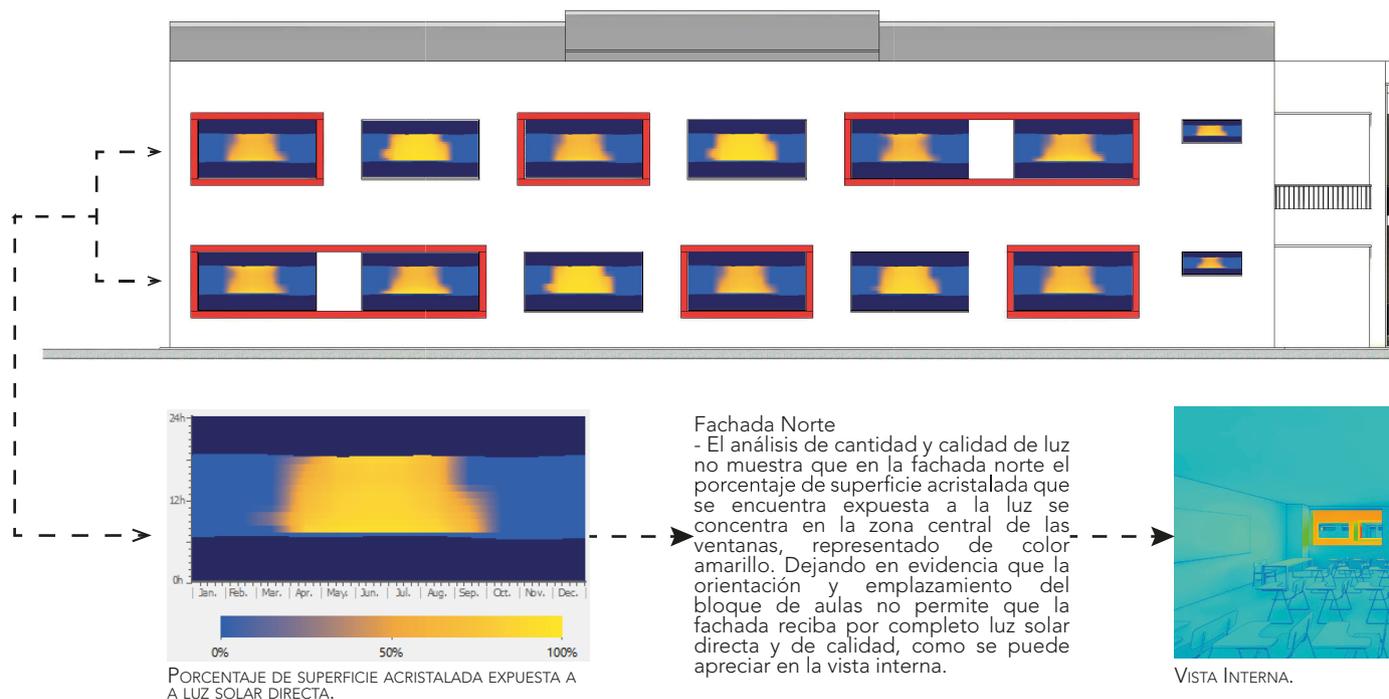
- Mediante el gráfico se muestra de tonos azules la velocidad del aire, siendo el más oscuro mayor velocidad y el más claro menor velocidad. Estando el bloque ubicado en el centro del gráfico se puede observar que la velocidad tiene a disminuir en medida que este se acerca al bloque, esto debido a los bloques aledaños que generan obstrucción en su recorrido.

el viento tiene una variación de velocidad, siendo 11,80m/s la velocidad media influyente en el bloque de aulas a pesar de encontrarse obstruido por demás bloques de aulas.

Confort Lumínico.

El confort lumínico se lo determina a partir de los niveles de iluminación natural que existen dentro de los espacios de la edificación, es por esto que se analiza la cantidad y calidad de luz captada dentro de los mismos. De esta manera mediante la presente

FACHADA NORTE

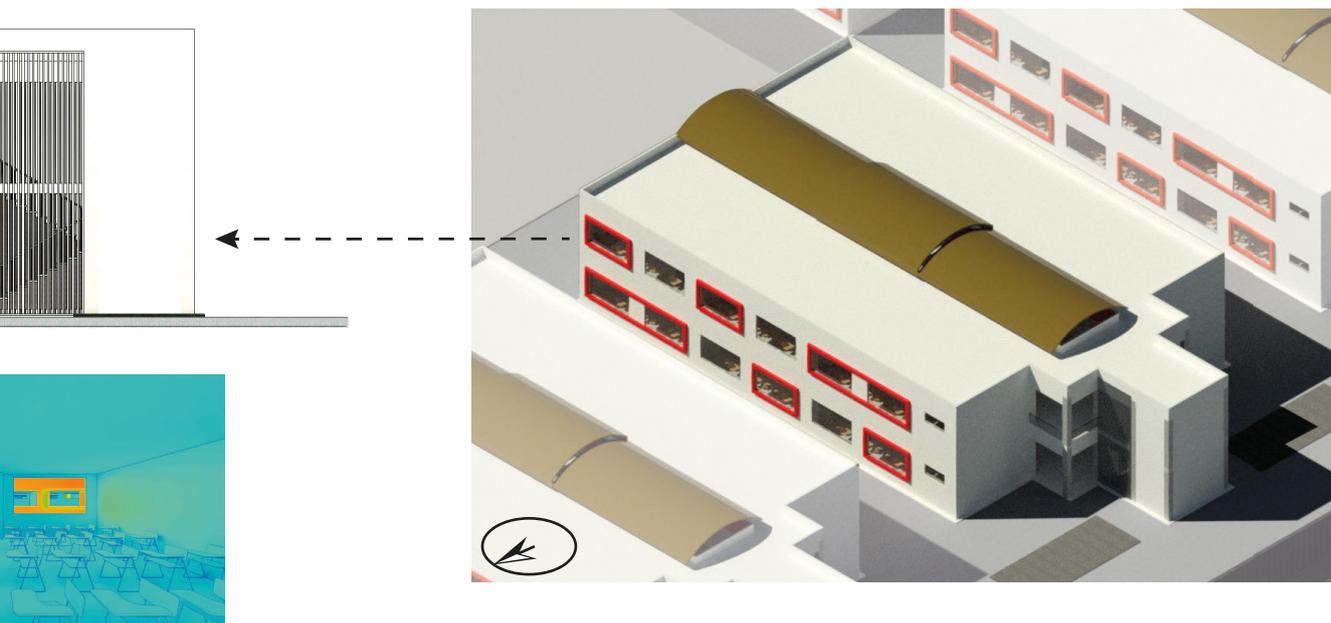


Como resultado de la evaluación se puede apreciar en los gráficos que las superficies vidriadas en las fachadas no reciben por completo luz solar directa. En el caso de las ventanas de la fachada norte brindan iluminación desde el centro de las ventanas y

---

evaluación del bloque de aulas y la aplicación de las características de las superficies vidriadas y del emplazamiento, se obtienen los resultados de la luz solar captada.

---



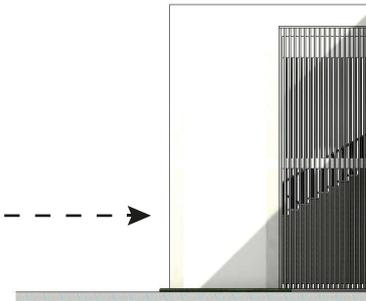
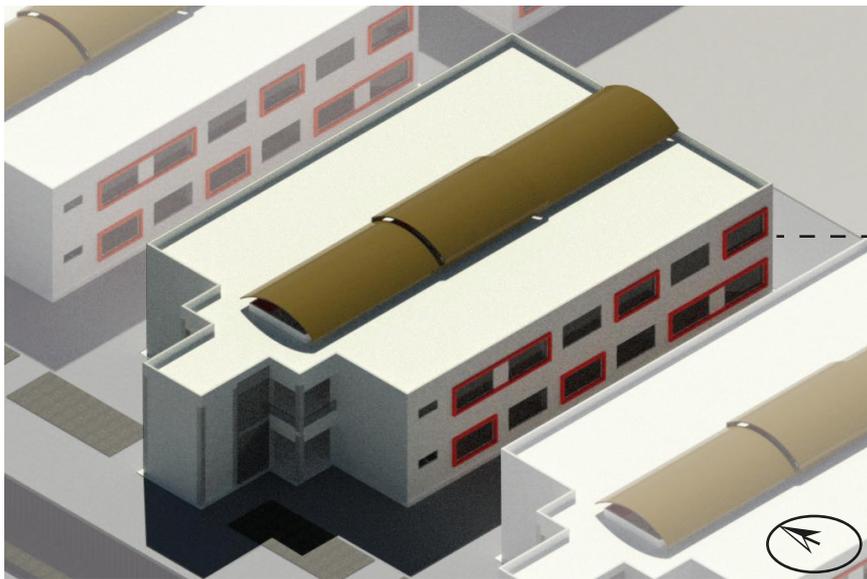
---

no mediante toda la superficie vidriada, lo que genera un deficit de cantidad de luz dentro de las aulas de clases.

---

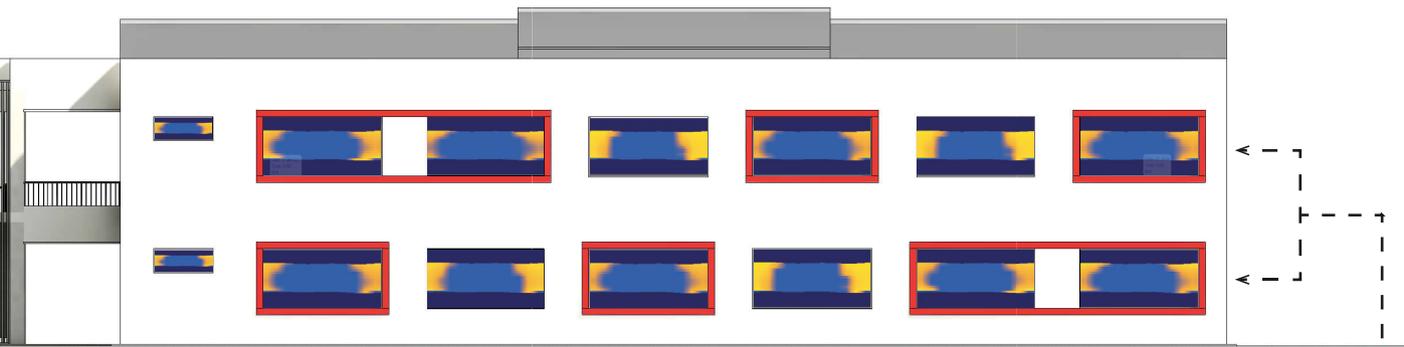
Confort Lumínico.

FACHADA SUR



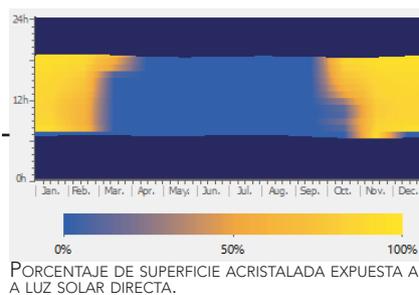
Como resultado de la evaluación se puede apreciar en los gráficos que en el caso de las ventanas de la fachada la captación y transmisión de iluminación es desde los costados de las ventanas y no mediante toda la superficie vidriada, lo que genera

Elaborado por: El Autor.



VISTA INTERNA.

Fachada Sur  
 - El análisis en esta fachada orientada hacia el sur nos muestra que la superficie expuesta a la luz solar directa se concentra en los costados de las ventanas, representado en el gráfico de color amarillo. Esto nos permite observar en la vista interna que la mancha de calor de color amarillo genera de igual manera luz solamente en los costados. Y teniendo como resultado que al igual que la fachada norte no recibe por completo luz solar directa y de calidad.



un deficit de cantidad de luz dentro de las aulas de clases ya que no cumple con lo mencionado en Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Tabla 34. Calidad del aire.

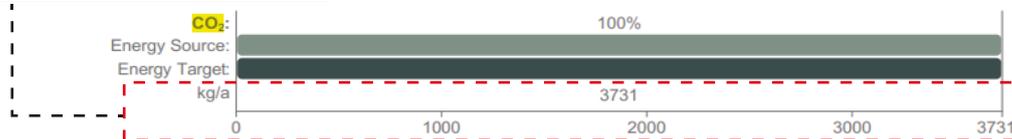
## Calidad de Aire.

La calidad del aire se encuentra determinada por los niveles de CO<sub>2</sub> que existen en el interior de los espacios. Estos niveles se encuentran relacionados con los distintos elementos que componen la edificación y por las actividades de los usuarios del bloque.

EMISIONES DE CO<sub>2</sub> DE LOS USUARIOS.

**CO<sub>2</sub> Emission:** 4,55 kg/m<sup>2</sup>a

Las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> por estudiantes son de 4,55kg/m<sup>2</sup>

EMISIONES DE CO<sub>2</sub> DEL BLOQUE DE AULAS.

Los distintos elementos que componen el bloque de aulas generan anualmente una emisión de CO<sub>2</sub> de 3731kg, siendo mayor a los 1000kg determinados como nivel máximo dentro de los espacios educativos.

A través de la evaluación se obtiene que la iluminación y los distintos equipos de las aulas generan anualmente 3731 kg/a de CO<sub>2</sub>, y la actividad humana de los alumnos genera 4.55kg/m<sup>2</sup> anualmente. Dejando en evidencia que la causa de estos altos niveles de CO<sub>2</sub> son debido a la carencia de renovación del aire dentro de las aulas.

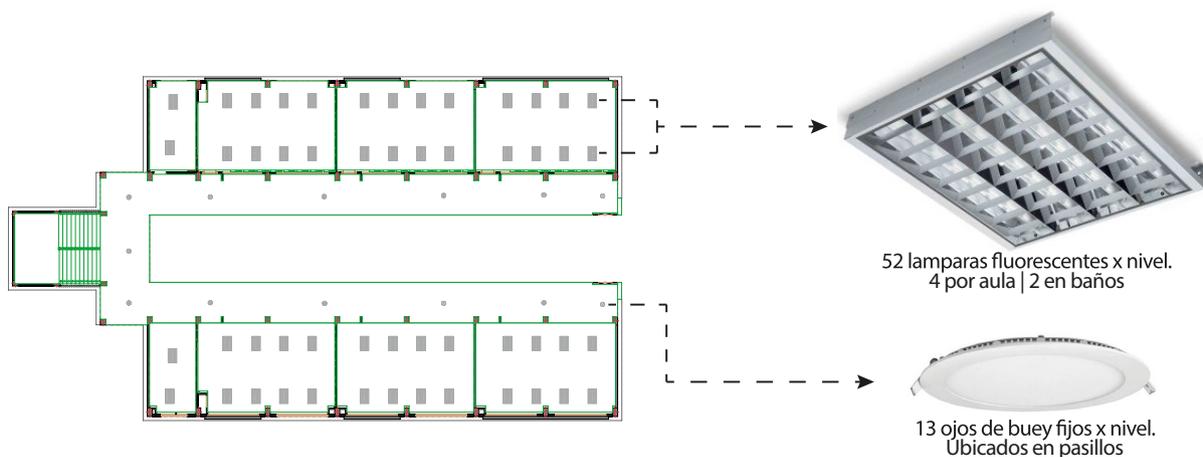
Elaborado por: El Autor.

#### 4.10. Criterios de diseño de instalaciones.

Las instalaciones eléctricas se deben realizar en medida que disminuyan el consumo energético. Es por eso que el presente análisis busca conocer los niveles de consumo energético del bloque de aulas anualmente.

**Tabla 35. Iluminación artificial.**

El correcto desarrollo de diseño de instalaciones eléctricas genera que el consumo de energía sea menor, es por esto que mediante el ingreso de las especificaciones técnicas de la luminaria en el software, el análisis logra conocer el consumo anual de energía del bloque de aulas.



Consumo de Energía		
Fuente electrica	Cantidad por fuente MWh/a	Recursos primarios MWh/a
  Electricidad	12	36
<b>Total:</b>	<b>12</b>	<b>36</b>

#### RESULTADO DE CONSUMO DE ENERGÍA

Mediante el análisis se logra conocer que anualmente el consumo por espacio dentro del bloque de aulas es de 12 MWh/a, dando un consumo total de 36 MWh/año. El cual es un valor alto considerando que el consumo anual de toda la unidad educativa es de 270 MWh/año.

Con los resultados obtenidos del análisis de la probeta virtual se llega a conocer que el consumo de energía eléctrica dentro del bloque de aulas anualmente es elevado, de manera que para disminuir el mismo se podría emplear luminaria de bajo consumo en búsqueda de mejorar la eficiencia energética.

Elaborado por: El Autor.

Tabla 36. Consumo energético.

El consumo energético anual de la Unidad Educativa del Milenio es de 254 MWh/a, considerando que el establecimiento cuenta con una planta de agua que demanda mayor consumo de energía. De igual manera se debe tomar en cuenta que en ciertos meses el consumo de energía tiende a ser mayor debido al uso de el equipamiento. Como resultado del análisis de la probeta virtual tenemos que el bloque de aulas genera un consumo anual de 36 MWh/a cifra que es mayor que una octava parte del consumo anual total del establecimiento. Para ello a continuación se desarrolla un calculo aproximado del consumo energético



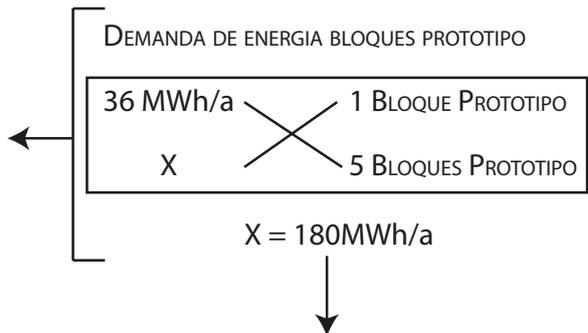
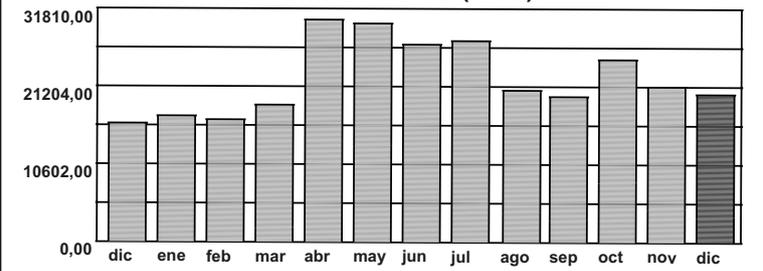
Mes	Consumo Total kWh	Valor \$
Enero	17217.60 kWh	\$ 1469.54
Febrero	16624.98 kWh	\$ 1385.84
Marzo	18673.14 kWh	\$ 1605.87
Abril	30295.02 kWh	\$ 2584.42
Mayo	29830.92 kWh	\$ 2517.95
Junio	26998.38 kWh	\$ 2240.39
Julio	27397.20 kWh	\$ 2298.46
Agosto	20769.24 kWh	\$ 1764.71
Septiembre	-	-
Octubre	24964.50 kWh	\$ 2093.30
Noviembre	21145.62 kWh	\$ 1799.73
Diciembre	20210.68 kWh	\$ 1701.92
Total, anual:	254127.4 kWh	\$ 21462.13

Demanda de energía mensualmente

Luego de realizar estos cálculos aproximados se puede evidenciar que el consumo anual de los bloques de aulas prototipo es de 180 MWh/a y el consumo total de la UEM es de 254 MWh/a. Esto deja en evidencia que el consumo energético del equipamiento educativo es elevado en comparación con los datos referenciales del estudio realizado en distintos países, en el que el

que generan los cinco bloques de aulas prototipo anualmente, además una comparación del consumo energético del equipamiento con el estudio de la International Energy Agency sobre el comportamiento energético de edificios educacionales y las oportunidades de mejora en eficiencia energética para renovaciones edilicias (IEA,2007), de esta manera teniendo como referencia los niveles de consumo en distintos países y conocer en que rango de comparación se encuentra el consumo energético de la Unidad Educativa del Milenio.

**Consumos(kWh)**



Bloques de aulas prototipo.-



Data		Unit	Country										
			DK	SF	F	D	GR	I	N	PL	UK	USA	
Electrical Power Consumption	all educational buildings	average	kWh/m <sup>2</sup> ·mth.	45	29	26	57	36	10	176	25	90	
		range	kWh/m <sup>2</sup> ·mth.	15-90			2-273	10-55	10-11	73-382	2-50		
	nursery schools	average	kWh/m <sup>2</sup> ·mth.	50	72	21	22	15	13	170	30	90	
		range	kWh/m <sup>2</sup> ·mth.	35-90	3-90		6-46	10-20	12-13		8-50		
	schools	average	kWh/m <sup>2</sup> ·mth.	30	27	25	20	30	9	172	24	30	76
		range	kWh/m <sup>2</sup> ·mth.	15-45	12-63		6-46	15-36	9-10	76-344	2-35	15-106	
	universities	average	kWh/m <sup>2</sup> ·mth.	40		54	82	45		198			134
		range	kWh/m <sup>2</sup> ·mth.	20-45			2-271	30-55		78-320			

FUENTE: IEA(2007), TECHNICAL SYNTHESIS REPORT ANNEX 36, RETROFITTING IN EDUCATIONAL BUILDINGS -ENERGY CONCEPT ADVISER FOR TECHNICAL RETROFIT MEASURES

nivel consumo más bajo es de 30Mwh y el mayor de 344Mwh. De esta manera al proponer una optimización este será menor y por ende generará menor valor en las planillas mensuales de consumo eléctrico.

#### 4.11. Síntesis del diagnóstico.

A pesar de que la Unidad Educativa del Milenio tiene 7 años en funcionamiento desde su última intervención, presenta algunos daños en los elementos que la componen. En el caso de los bloques de aulas se logran evidenciar daños tanto estructurales en las losas de los mismos debido a asentamientos del terreno. En la mampostería existen daños como cuarteaduras por asentamientos y problemas de humedad que debilitan los materiales. En el caso de las cubiertas al ser planas en los bloques de aulas existen problemas de impermea-

**Tabla 37. Síntesis del diagnóstico.**

	Bases Normativas	Resultado	Cumple	No Cumple
Confort Térmico	Según los estándares de eficiencia, la temperatura interior de los espacios debe oscilar entre 23 y 30 °C.	La temperatura interna en las aulas es de 17,88°C aproximadamente.		X
	La humedad relativa dentro de los espacios debe encontrarse entre 40 y 50%.	Humedad relativa promedio dentro de las aulas 60%.		X
Confort Lumínico	Los niveles de iluminación dentro del aula deben ser entre 300 lux mínimo y entre 1500-2000lux máximo.	Los niveles de iluminación dentro de las aulas si se encuentran dentro del rango mínimo, sin embargo, el rango máximo se eleva hasta los 8500lumenes en ciertas horas del día.	X	
	El factor luz día dentro de las aulas debe ser del 2%.	El factor luz dentro de las aulas es variable debido a su emplazamiento y orientación.		X
Calidad de aire	Los rangos de velocidad de aire tienen una media admisible entre 0,15m/s y 0,30m/s, los mismos que determinan la calidad de aire interior.	La velocidad del aire tiene un valor promedio de 5,90 m/s.		X
	El porcentaje óptimo de aberturas en las fachadas es entre 10 y 30%.	Las fachadas cuentan con el 13% de aberturas.	X	
	Concentración de CO2 máximo 1000kg.	Los niveles de CO2 son de 3731 kg/m2.		
Instalaciones eléctricas	Emplear luminarias de mayor eficiencia energética para disminuir el consumo total.	Consumo anual de 51 MWh/a, debido a las características de la luminaria.		X

Elaborado por: El Autor.

Luego de haber identificado estos daños en la infraestructura del bloque de aulas se puede evidenciar que los mismos generan problemas en el desarrollo del confort ambiental óptimo dentro de los ambientes educativos, ya que estos daños afectan a la transmitancia térmica

bilización lo que genera humedad, y por ende se presentan daños en los cielos rasos de Gypsum. De igual manera en los recubrimientos de las paredes se presenta desprendimiento de la pintura de vinyl acrílico. Y en los pisos debido al alto flujo de personas existen despostillamiento en la cerámica a pesar de que sus especificaciones mencionan la resistencia al alto tráfico. El análisis se lo realizara mediante la probeta virtual para obtener los datos del comportamiento del edificio.

Problema		Recomendación
<p>Mediante el análisis se logró conocer la temperatura dentro de las aulas de clases es elevada debido a los materiales de la envolvente y por el número de usuarios dentro de las mismas.</p>		<p>De manera que el confort térmico sea el apropiado dentro de los espacios se puede aplicar recubrimientos que tengan mejor aislamiento térmico en los elementos de la envolvente.</p>
<p>Dentro de las aulas de clases existen reflejos provenientes de las fachadas de los demás bloques, de igual manera la captación óptima de luz solar.</p>		<p>Para eliminar los reflejos de los bloques de aulas aledaños se puede aplicar pintura con características diferentes y mejorar la calidad de las superficies vidriadas.</p>
<p>La calidad del aire dentro de los espacios no es la óptima debido a que no existe la ventilación óptima de los mismos. Generando la presencia a su vez de olores desagradables.</p>		<p>Se pueden aplicar estrategias de ventilación mecánica, o a su vez, mejorar las aberturas de las ventanas, de manera que la corriente de aire mejore cuando se necesario.</p>
<p>El consumo de energía eléctrica del bloque de aulas es elevado anualmente esto debido al tipo de luminarias que se emplean tanto dentro de las aulas y en los pasillos.</p>		<p>En busca de mejorar la eficiencia energética del bloque de aulas se pueden aplicar luminarias led de bajo consumo energético.</p>

de la envolvente, la calidad de aire interior, y a su vez los materiales empleados no brindan las características necesarias para el correcto funcionamiento y estado de la infraestructura.

# CAPÍTULO 5

5. PROPUESTA DE DISEÑO.

## 5.1. Metodología de diseño.

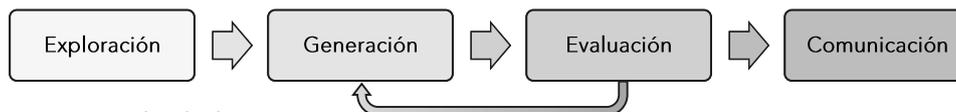
La metodología de diseño se la plantea tomando como referencia el proceso de diseño propuesto por Nigel Cross (2002) en su libro Métodos de Diseño, en el que el autor define el diseño como el estudio de principios, practicas y procedimientos de manera extensa. De esta manera se establece que es necesario el desarrollo de un concepto de solución en la etapa inicial del proceso de diseño.

Esta es necesaria en la etapa inicial del proceso de diseño ya que está enfocada principalmente en la solución. A esta pro-

puesta se le aplica un análisis y evaluación para conocer si es la adecuada. De no serlo esta se descarta y se empieza nuevamente el proceso en busca de direccionar las estrategias de manera correcta.

Para ello se propone un modelo descriptivo base para el proceso de diseño que se encuentra dividido en cuatro puntos esenciales: Exploración, generación, evaluación y comunicación. En el que hace énfasis al ciclo iterativo entre la evaluación y la generación de la propuesta.

**Ilustración 22.** Etapas de proceso de diseño.



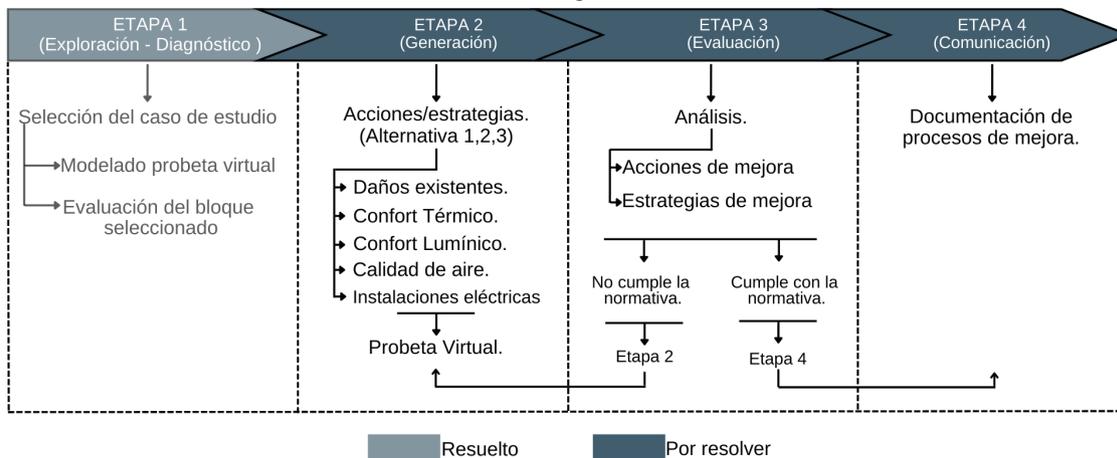
Fuente: Métodos de diseño (2002).  
Elaborado por: El autor.

A partir de este modelo base se desarrolla uno más detallado con base en las necesidades de la investigación manteniendo los cuatro puntos esenciales propuestos. De esta manera en la exploración se toma la síntesis del diagnóstico como primer punto para definir los distintos problemas a solucionar relacionados con estado del bloque de aulas y el confort ambiental dentro del mismo. Con respecto al punto de generación, en este se plantean las acciones y estrategias de mejoramiento constructivo, técnico y de diseño, aplicándolas a la probeta vir-

tual para proceder a la etapa de evaluación.

En esta etapa se desarrolla el análisis del comportamiento del edificio con las estrategias propuestas y se propone el desarrollo de varias alternativas en búsqueda de alcanzar los niveles óptimos de confort ambiental y verificando que cumplan con las bases normativas tomadas como referencia. Finalmente, en la etapa de comunicación se realiza la documentación de los procesos de mejora que se deben realizar en el bloque de aulas analizado.

**Ilustración 23.** Metodología de diseño detallada.



Elaborado por: El Autor.

## 5.2. Generación de acciones y estrategias.

Para el planteamiento de estrategias y acciones se toma en consideración lineamientos estipulados en etapas previas del marco teórico con respecto a las distintas estrategias activas y pasivas que se pueden aplicar.

De esta manera como primer punto se identifican y describen los problemas obtenidos de la síntesis del diagnóstico, relacionados con el estado actual de la infraestructura, confort térmico, lumínico, calidad de aire y ventilación, y instalaciones eléctricas, con la finalidad de conocer las acciones de mejora que se deben aplicar.

Una vez analizados estos puntos se procede a plantear alternativas de intervención en la envolvente del edificio para resolver los problemas expuestos. Se generan tres alternativas diferentes para cada uno de ellos, y una vez aplicados en la probeta virtual generar el análisis energético y conocer el comportamiento de la edificación con los cambios realizados.

Como punto final realizar una comparación de resultados con el objetivo de conocer cual es el nivel de mejora en los parámetros de confort dentro del bloque de aulas y si estos cumplen con las normativas, para finalmente proceder a seleccionar una de las alternativas.

**Tabla 38. Generación de acciones y estrategias.**

Problema	Descripción	Alternativa 1
Infraestructura	Existen daños en las losas. Fisuras que generan goteras. Existen cuarteaduras debido a asentamiento de tierra, humedad y hongos en los materiales. Genera problemas en el confort térmico, acústico y ventilación. Rotura de pisos externos.	
Confort Térmico	Mediante el análisis se logró conocer la temperatura dentro de las aulas de clases es elevada debido a los materiales de la envolvente y por el número de usuarios dentro de las mismas. La temperatura interna en las aulas es de 17,88°C aproximadamente. Humedad relativa promedio dentro de las aulas 60%.	Muros: Aislamiento de espuma rígida de poliuretano con revoque exterior.
		Cubiertas: Aislamiento de cubierta con espuma rígida de poliuretano con una cobertura de pintura impermeabilizante.
		Carpintería: Marco de aluminio con ruptor de puente térmico y vidrio doble bajo emisivo con cámara interna.
Confort Lumínico	Dentro de las aulas de clases existen reflejos provenientes de las fachadas de los demás bloques, lo que genera incomodidad en los estudiantes. De igual manera no existe la captación óptima de luz solar hacia el interior de las aulas.	Repisas de luz en las ventanas de las fachadas principales.
		Reubicación de puntos de luz artificial.
Calidad de aire Ventilación	La calidad del aire dentro de los espacios no es la óptima debido a que no existe la ventilación óptima de los mismos. Generando la presencia a su vez de olores desagradables.	Emplear ventanas operables de alta eficiencia en las fachadas exteriores y mejorar la apertura de las ventanas hacia los pasillos.
Instalaciones eléctricas	El consumo de energía eléctrica del bloque de aulas es elevado anualmente esto debido al tipo de luminarias que se emplean tanto dentro de las aulas y en los pasillos. Consumo anual de 51 MWh/a, debido a las características de la luminaria.	Reubicación de puntos de luz, y aplicación de luminarias LED de alta eficiencia
		Aplicación de sensores de luz y de atenuación según niveles de iluminación natural.
		Emplear paneles fotovoltaicos policristalinos de autoconsumo en las cubiertas.

Elaborado por: El Autor.

Alternativa 2	Alternativa 3
Reparación de fisuras y grietas en elementos estructurales y mampostería	
Disposición de impermeabilización de cubierta y cambio de cielos rasos con daños.	
Reemplazo de recubrimiento de pisos con daños.	
Muros: Fachada ventilada con aislamiento de poliestireno expandido, revoque exterior, y panel de fibrocemento.	Muros: Aislamiento de Poliestireno extruido con revoque exterior de protección.
Cubiertas: Poliestireno expandido con una cobertura de pintura impermeabilizante.	Cubiertas: Aislamiento de Poliestireno extruido XPS cubierto de pintura impermeabilizante.
Carpintería: Marco de PVC y vidrio doble con cámara de argón. Disminuir altura de antepechos.	Carpintería: Marco de aluminio y vidrio doble bajo emisivo,
Cielos rasos reflectivos que distribuyan la luz.	Mejora de luminarias internas.
Colores claros en las paredes a excepción del muro de pizarrón, en este caso aplicar colores opacos.	Readecuación de ventanas y carpinterías.
Ventilación mecánica de techo, de alta eficiencia.	Ventiladores de techo reversibles.
Reemplazo de las luminarias existentes por luminarias LED de alta eficiencia.	Reemplazo de luminarias existentes por unas de mejores prestaciones.
Uso de sensores de ocupación dentro de las aulas.	Emplear paneles fotovoltaicos de capa fina de autoconsumo en las cubiertas.
Emplear paneles fotovoltaicos monocristalinas de autoconsumo en las cubiertas.	
Sensibilización del uso adecuado del consumo eléctrico.	

## Alternativa 1

En el planteamiento de esta alternativa se busca mejorar el rendimiento de la envolvente del bloque de aulas, en función de llegar a los niveles de confort ambiental y eficiencia energética recomendado por las normativas.

De esta manera se propone mejorar la envolvente opaca a través del aislamiento continuo de la misma con la finalidad de evitar los puentes térmicos, proponiendo la aplicación de un aislamiento de espuma rígida de poliuretano en la cubierta y los muros externos, y de igual manera el reemplazo de las carpinterías de aluminio existentes por carpinterías y vidrios de mejores prestaciones.

Para mejorar la ventilación dentro de los espacios educativos se propone el reemplazo de las ventanas operables existentes por unas de alto desempeño que generen mayor ventilación.

Como ultimo punto se plantea reubicar los puntos de luz para mejorar la iluminación y de igual manera usar luminarias LED de alta eficiencia que disminuyan el consumo energético, que a su vez se propone mejorar con el uso de paneles fotovoltaicos de autoconsumo.

Elemento	Estrategia	
Confort térmico	Cubierta	Aislamiento continuo
	Muros	Aislamiento continuo
	Carpintería	Rotura de puentes térmicos
Confort Lumínico	Repisas de luz	
Calidad de aire y ventilación	Ventanas pivotantes de alto rendimiento	
Instalaciones eléctricas	Luminarias de alta eficiencia	
	Disminución consumo eléctrico	

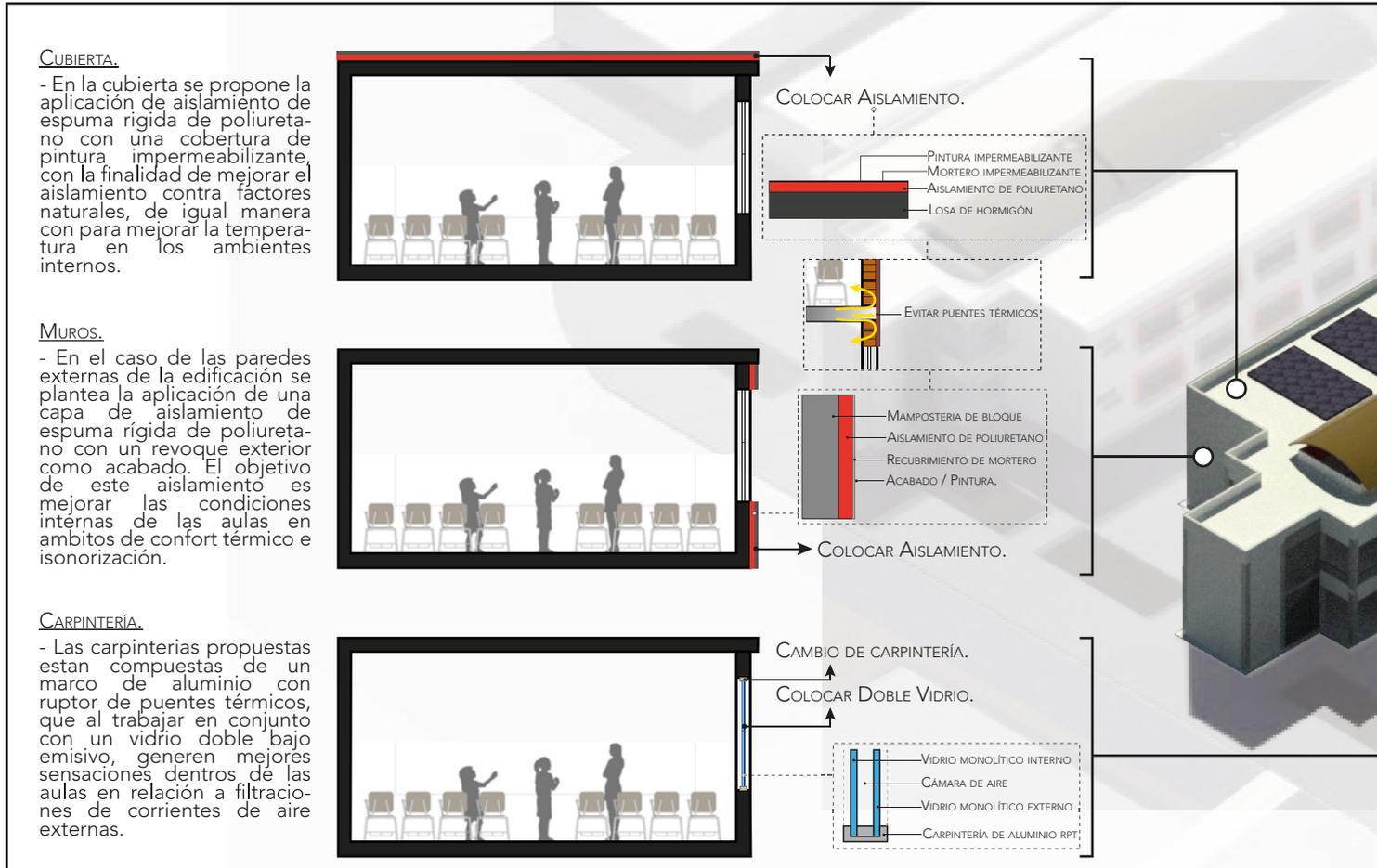
Elaborado por: El Autor.

Tabla 39. Estrategias alternativa 1.

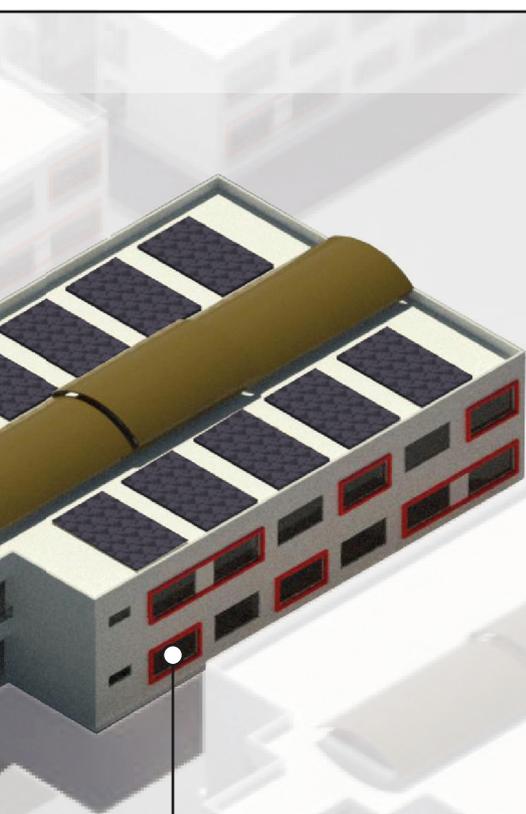
Alternativa 1					
Material		Propiedades			
		Conductividad térmica	Densidad	Absorción de agua	
Aislamiento:	Espuma rígida de poliuretano.	0,07 W/mK	30 kg/m <sup>3</sup>	0,3 %	
Recubrimiento:	Mortero impermeabilizante.	0,05 W/mK	1650 kg/m <sup>3</sup>	6,2%	
Acabado:	Pintura impermeabilizante.	0,037 W/mK	1 kg/m <sup>3</sup>	10 %	
Aislamiento:	Espuma rígida de poliuretano.	0,07 W/mK	30 kg/m <sup>3</sup>	0,3%	
Recubrimiento:	Mortero de cemento.	0,05 W/mK	1650 kg/m <sup>3</sup>	6,2 %	
Acabado:	Pintura.	0,037 W/mK	1 kg/m <sup>3</sup>	10%	
Marco de aluminio con ruptor de puente térmico.		1,8 W/mK	-	-	
Vidrio doble de baja emisión.		1,5 W/mK	-	-	
		Conductividad térmica	Densidad		
Estructura:	Tubos cuadrados de aluminio.	205 W/mK	2700 kg/m <sup>3</sup>	-	
Recubrimiento:	Tablero MDF enchapado.	0,14 W/mK	600 kg/m <sup>3</sup>	-	
		Conductividad térmica	Densidad		
Marco de aluminio RPT.		1,8 W/mK	0.27 kg/m <sup>3</sup>	-	
Vidrio doble de baja emisión.		1,5 W/mK	2.5 kg/m <sup>3</sup>	-	
		Potencia	Vida útil	Temperatura de color	
Luminarias LED de alta eficiencia.		60 w	3000 h	6500 k	
Sensores de atenuación de luz.		15 w	2 años	-	
Paneles fotovoltaicos policristalinos.		200 w	10 años	-	

## Aplicación y resultados alternativa 1.

Tabla 40. Confort térmico alternativa 1.



Elaborado por: El Autor.



## RESULTADOS

### BLOQUE DE AULAS

#### TEMPERATURA INTERNA

Min. (07:00 Feb. 06): 4,45 °C  
 Media Anual: 9,16 °C  
 Max. (15:00 May. 24): 15,31 °C

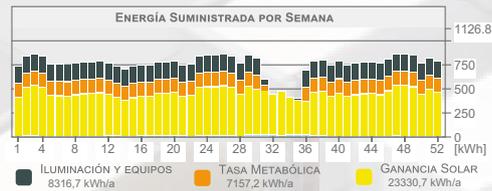
#### HORAS DE CONFORT INSATISFECHAS

Enfriamiento: 300 hrs/a  
 Calentamiento: 30 hrs/a

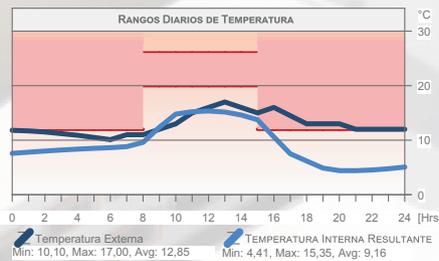
Datos de la Edificación.

- En base al análisis del confort térmico con los cambios empleados se obtiene como resultado una disminución de los rangos de temperatura en el interior de las aulas.

Temperatura media anual 15,31°C.



En el caso de los rangos de energía suministrada se observa una disminución en la iluminación, tasa metabólica (7157,2 kWh/a) y la ganancia solar (23330,7 kWh/a), esto debido a las mejores empleadas, que permiten que las ganancias solares sean menores, y a su vez la tasa metabólica disminuye.

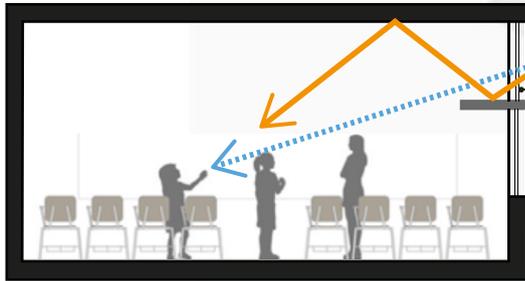


A partir de los resultados del análisis se puede apreciar que los niveles de temperatura interna en las aulas disminuye en gran manera, dejando como resultados una temperatura promedio de 15,35° en el interior de los ambientes educativos.

BASE NORMATIVA	TEMPERATURA INTERNA: 23-30°C
RESULTADO ALTERNATIVA 1	TEMPERATURA INTERNA: 15,35°C

Tabla 41. Confort lumínico alternativa 1.

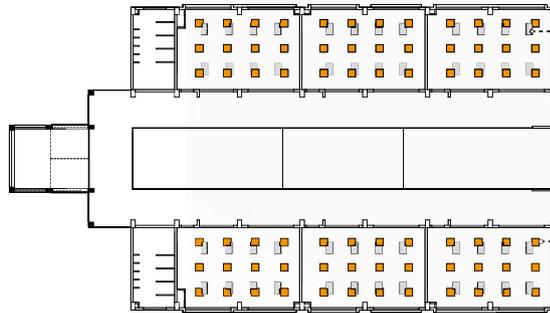
### CAMBIOS



COLOCAR REPISAS DE LUZ.

#### REPISAS DE LUZ.

- En búsqueda de mejorar el confort lumínico en el interior de las aulas se plantea generar repisas de luz en las fachadas principales con la finalidad de que estas capturen iluminación natural y la distribuyan en el interior de las aulas.



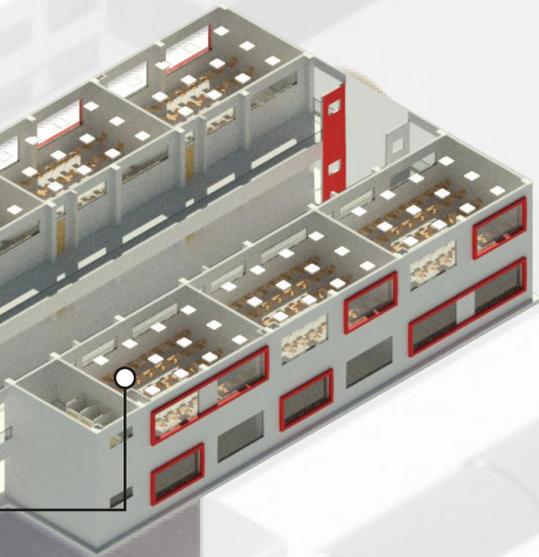
PUNTOS DE LUZ EXISTENTES.

NUEVOS PUNTOS DE LUZ.

#### REUBICACIÓN DE PUNTOS DE LUZ.

- De igual manera se propone la reubicación de los puntos de luz con la finalidad de mejorar la iluminación en los espacios de trabajo en el interior y que estos trabajen complementariamente con la luz natural captada a través de las superficies vidriadas.

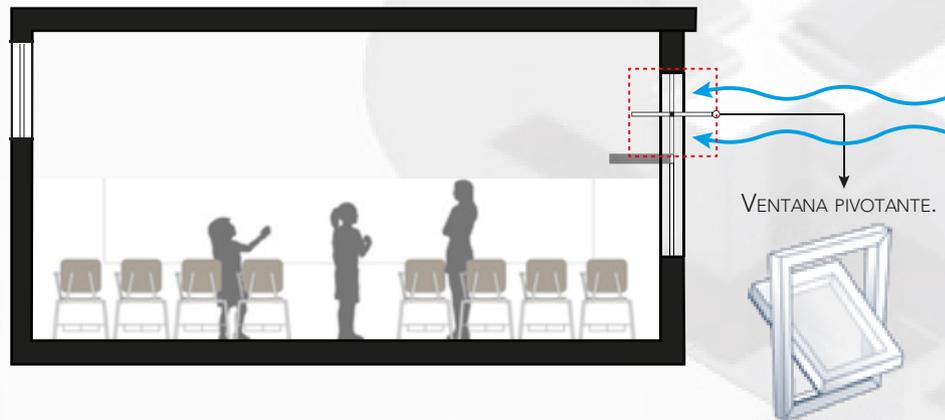
## RESULTADOS



Como resultado de la aplicación de las mejoras, el análisis de la edificación nos permite observar como la luz natural se distribuye de mejor manera dentro las aulas. Generando espacios más iluminados y disminuyendo la necesidad de la iluminación complementaria o artificial durante las horas del día. Siendo el rango de lúmenes dentro del aula entre 300 y 1300 lux.

BASE NORMATIVA	LUMENES: 300 - 2000 LUX
RESULTADO ALTERNATIVA 1	LUMENES: 300 - 1300 LUX

CAMBIOS



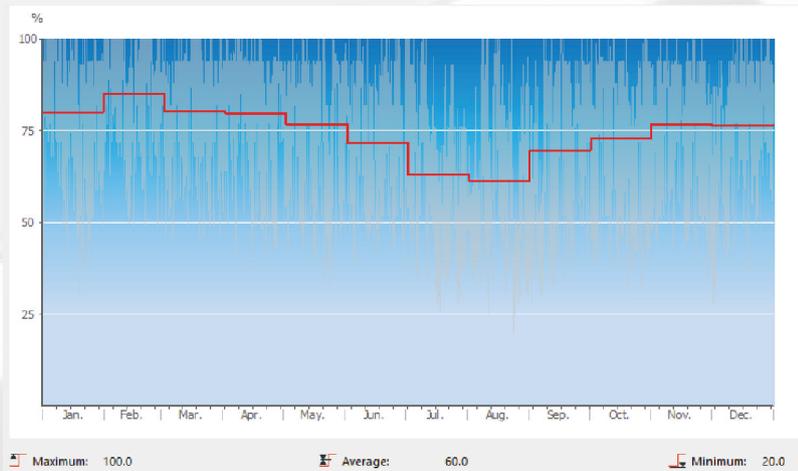
MEJORAR VENTANAS OPERABLES.

- Se plantea emplear mejoras en las ventanas, de manera que sea más eficiente su apertura, pero a su vez manteniendo su diseño actual. De esta manera se propone el reemplazar las ventanas operables existentes por ventanas pivotantes que permitan mayor ingreso de aire dentro de la aulas de clases. Generando beneficios en la temperatura interna y la sensación de confort de los usuarios.

Elaborado por: El Autor.



## RESULTADOS



Al mantener el porcentaje de superficie vidriada del diseño original se mantienen los mismos niveles de velocidad de aire, sin embargo el análisis muestra que los niveles de humedad relativa y CO<sub>2</sub> disminuyen debido a las mejoras empleadas en carpinterías y envoltente. Siendo la humedad promedio del 50%.

BASE NORMATIVA	HUMEDAD RELATIVA : 40 - 50%
RESULTADO ALTERNATIVA 1	HUMEDAD RELATIVA : 50%

Tabla 43. Instalaciones eléctricas alternativa 1.

### CAMBIOS



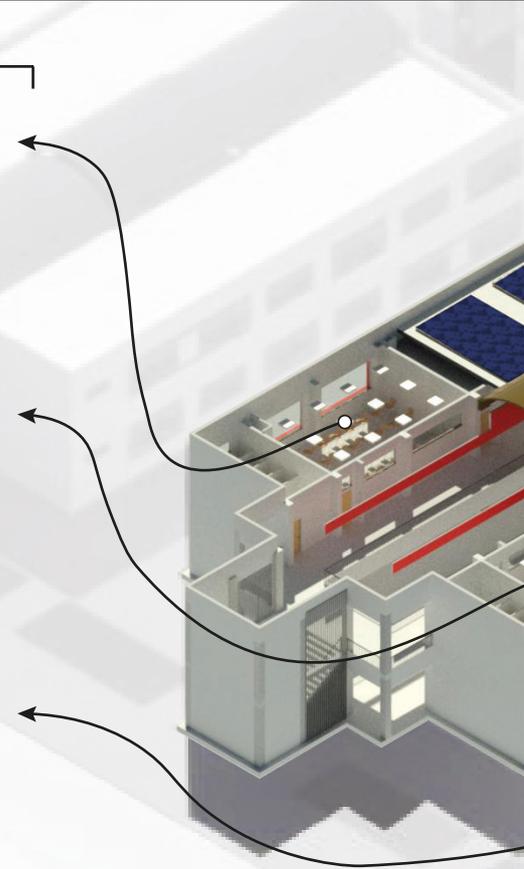
Luminarias LED.  
- Complementariamente a la reubicación de puntos de luz, se propone el uso de luminarias LED de alta eficiencia con el objetivo de disminuir el consumo eléctrico.

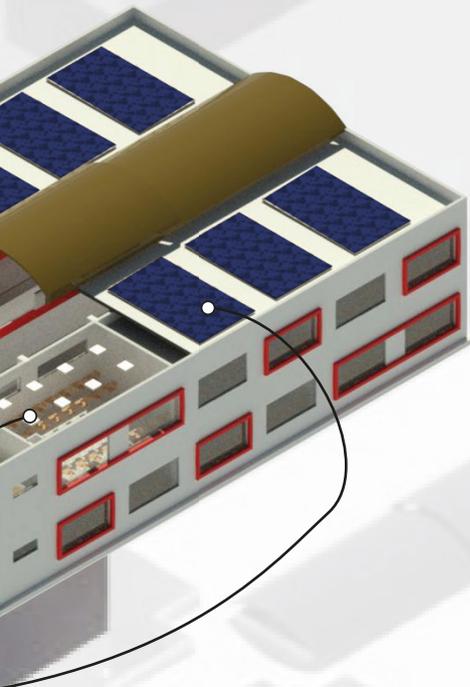


Sensores de luz y atenuación.  
- De igual manera se propone la aplicación de sensores de luz y atenuación con la finalidad de regular la cantidad de luz generada por las lámparas en relación a la luz natural captada.



Paneles fotovoltaicos policristalinos.  
- En el caso de los paneles fotovoltaicos, se propone aplicarlos en la cubierta de la edificación con la finalidad de aprovechar la luz solar para disminuir el consumo eléctrico y de la misma manera los valores a pagar.





## RESULTADOS

Consumo de Energía		
Fuente eléctrica	Cantidad por fuente MWh/a	Recursos primarios MWh/a
 Electricidad	9	27
<b>Total:</b>	<b>9</b>	<b>27</b>

Mediante el análisis con la aplicación de las luminarias de alta eficiencia LED, se generará una disminución en el consumo de electricidad convencional, siendo 27 MWh/a los requeridos para el desarrollo eficiente de la edificación.

N° de paneles	Potencia	N° de horas	N° días operativos
50 paneles	0.15 kW/h	10 horas de luz	210 días.
Total de energía producida = 15.750 kW/a			

Mediante la aplicación de los paneles solares se lograría la generación de 15 MW/a, lo que contribuye a la disminución de consumo de energía convencional.

Consumo eléctrico (energía convencional)	27 MWh/a
Energía producida (paneles fotovoltaicos)	15 MWh/a
Consumo total energía eléctrica = 12 MWh/a	

Dando como resultado el consumo de 12 MWh/a de energía eléctrica. El mismo que disminuye gracias a la energía producida in situ.

## Alternativa 2

En el caso de la segunda alternativa se prevee llegar a los rangos adecuados de confort y eficiencia energética mediante la propuesta de mejoras en la envolvente, carpinterías, aspectos lumínicos y desempeño energético.

En este caso con la finalidad de mejorar el rendimiento de la envolvente se propone desarrollar una fachada ventilada con un aislamiento de poliestireno expandido, el mismo que debido a sus propiedades mejora los niveles internos de confort relacionados con la ganancia y pérdida de calor de los espacios. De igual manera con el fin de mejorar las superficies vidriadas se propone el reemplazo de las carpinterías de aluminio existentes por carpinterías de PVC y vidrios de mejores prestaciones.

Para mejorar el confort lumínico dentro de las aulas se propone el uso de colores claros en las paredes, a excepción de la pared de la pizarra con el objetivo de evitar deslumbramientos. A su vez se plantea el uso de ventilación mecánica de techo de alta eficiencia para mejorar la ventilación dentro del aula.

Como último punto se plantea reemplazar la luminaria fluorescente existente por luminaria LED de alta eficiencia que disminuyan el consumo energético, y se completen con el uso de sensores de ocupación.

Elemento	Estrategia	
Confort térmico	Cubierta	Aislamiento continuo
	Muros	Aislamiento continuo
	Carpintería	Rotura de puentes térmicos
Confort Lumínico	Cielos rasos reflectivos	
	Colores claros en paredes	
Calidad de aire y ventilación	Ventilación mecánica	
Instalaciones eléctricas	Luminarias de alta eficiencia	
	Disminución consumo eléctrico	

Elaborado por: El Autor.

**Tabla 44. Estrategias alternativa 2.**

Alternativa 2				
Material	Propiedades			
	Conductividad térmica	Densidad	Absorción de agua	
Aislamiento: Poliestireno expandido	0,0357 W/mK	16,18 kg/m <sup>3</sup>	0,45 %	
Recubrimiento: Mortero impermeabilizante.	0,05 W/mK	1650 kg/m <sup>3</sup>	6,2 %	
Acabado: Pintura	0,037 W/mK	1 kg/m <sup>3</sup>	10 %	
Aislamiento: Poliestireno expandido.	0,0357 W/mK	16,18 kg/m <sup>3</sup>	0,45 %	
Recubrimiento: Mortero de cemento.	0,05 W/mK	1650 kg/m <sup>3</sup>	6,2 %	
Cámara de aire	0,6 W/mK	-	-	
Acabado: Placa de fibrocemento.	1 W/mK	1112 kg/m <sup>3</sup>	35 %	
Marco de PVC.	2,23 W/mK	-	-	
Vidrio doble de baja emisión.	1,62 W/mK	-	-	
	Conductividad térmica	Densidad		
Material: Gypsum	0,25 W/mK	900 kg/m <sup>3</sup>	20,93 %	
Acabado: Pintura	0,037 W/mK	1 kg/m <sup>3</sup>	30 %	
	Potencia	Vida útil		
Ventilador de techo de alta eficiencia	70 w	2 años	-	
	Potencia	Vida útil	Temperatura de color	
Luminarias LED de alta eficiencia.	60 w	3000 h	6500 k	
Sensores de ocupación.	6 w	1 año	-	
Paneles fotovoltaicos monocristalinos.	150 w	15-20 años	-	

## Aplicación y resultados alternativa 2.

Tabla 45. Confort térmico alternativa 2.

### CUBIERTA.

- En cubierta se propone aplicar aislamiento de poliestireno expandido con una cobertura de pintura impermeabilizante, con la finalidad de mejorar el aislamiento contra factores naturales, de igual manera con la finalidad de mejorar la temperatura en los ambientes internos.



COLOCAR AISLAMIENTO.



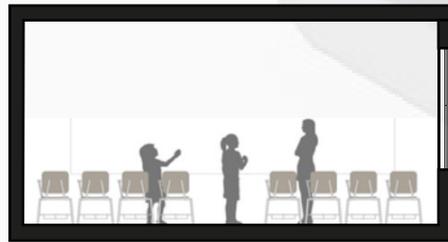
PINTURA IMPERMEABILIZANTE  
MORTERO IMPERMEABILIZANTE  
AISLAMIENTO DE POLIESTIRENO EPS  
LOSA DE HORMIGÓN

EVITAR PUENTES TÉRMICOS

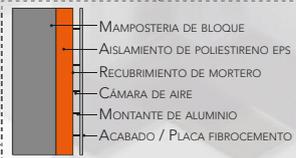


### MUROS.

- En el caso de las paredes externas de la edificación se plantea aplicar una capa de aislamiento de poliestireno expandido con un revoque exterior como acabado. El objetivo de este aislamiento es mejorar las condiciones internas de las aulas en ambitos de confort térmico e isonización de ruidos externos.



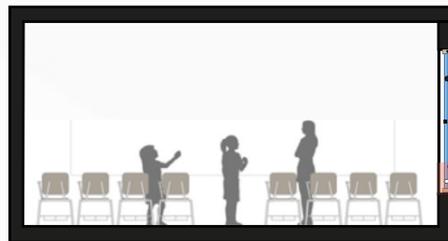
FACHADA VENTILADA



MAMPOSTERÍA DE BLOQUE  
AISLAMIENTO DE POLIESTIRENO EPS  
RECUBRIMIENTO DE MORTERO  
CÁMARA DE AIRE  
MONTANTE DE ALUMINIO  
ACABADO / PLACA FIBROCEMENTO

### CARPINTERÍA.

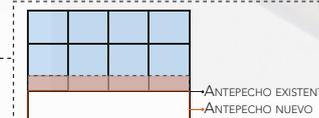
- Se propone disminuir el antepecho de las ventanas y aplicar carpinterías compuestas de un marco de PVC, que al trabajar en conjunto con un vidrio doble con cámara de argón, generen mejores sensaciones dentro de las aulas en relación a filtraciones de corrientes de aire externas.



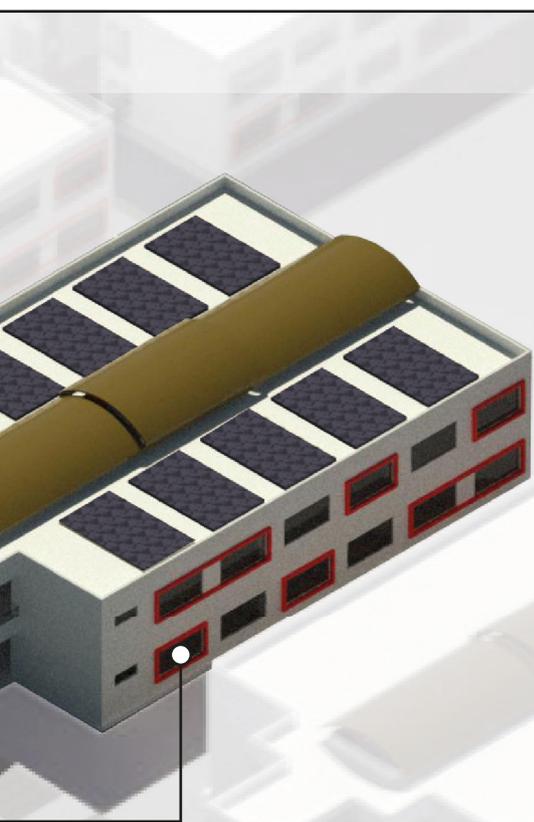
CAMBIO DE CARPINTERÍA.

COLOCAR DOBLE VIDRIO.

DISMINUIR ALTURA DE ANTEPECHOS.



ANTEPECHO EXISTENTE  
ANTEPECHO NUEVO



## RESULTADOS

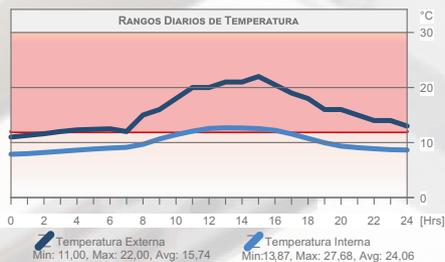
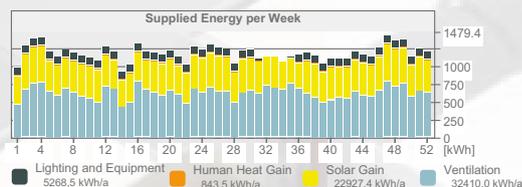
### AULAS PLANTA BAJA

#### TEMPERATURA INTERNA

Min. (07:00 Feb. 06): 13,87°C  
 Media Anual: 24,06°C  
 Max. (15:00 May. 24): 27,68°C

#### HORAS DE CONFORT INSATISFECHAS

Enfriamiento: 220 hrs/a  
 Calentamiento: 30 hrs/a



Datos de la Edificación.

- En base al análisis del confort térmico con los cambios empleados se obtiene como resultado una disminución de los rangos de temperatura en el interior de las aulas.  
Temperatura media anual 24.06°C.

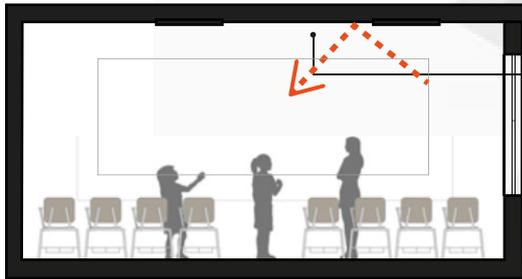
En el caso de los rangos de energía suministrada se observa una disminución en la iluminación, tasa metabólica (843.5 kWh/a) y la ganancia solar (22927.4 kWh/a), esto debido a las mejores empleadas, que permiten que las ganancias solares sean menores, y a su vez la tasa metabólica disminuye.

A partir de los resultados del análisis se puede apreciar que los niveles de temperatura interna en las aulas disminuye en gran manera, dejando como resultados una temperatura promedio de 24,06° en el interior de los ambientes educativos.

BASE NORMATIVA	TEMPERATURA INTERNA: 23-30°C
RESULTADO ALTERNATIVA 2	TEMPERATURA INTERNA: 24,06°C

Tabla 46. Confort lumínico alternativa 2.

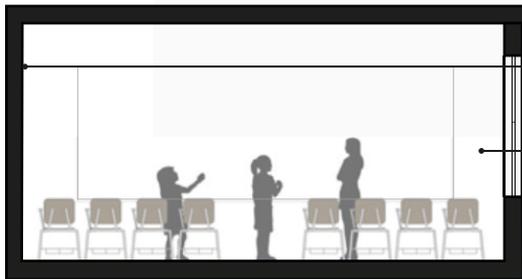
### CAMBIOS



CIELO RASO REFLECTIVO.

#### CIELOS RASOS REFLECTIVOS.

- Con la finalidad de mejorar el confort lumínico en el interior de los espacios se propone el uso de cielos rasos reflectivos

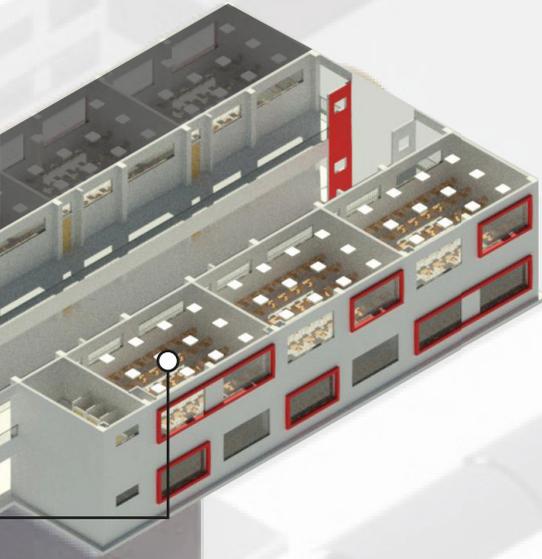


COLORES CLAROS.

COLORES OPACOS.

#### COLORES DE PAREDES.

- Se propone el uso de colores claros en las paredes. En el caso de la pared donde se encuentra ubicado el pizarrón se propone usar colores opacos con la finalidad de evitar que esta superficie genere reflexión hacia los puestos de trabajo.



## RESULTADOS

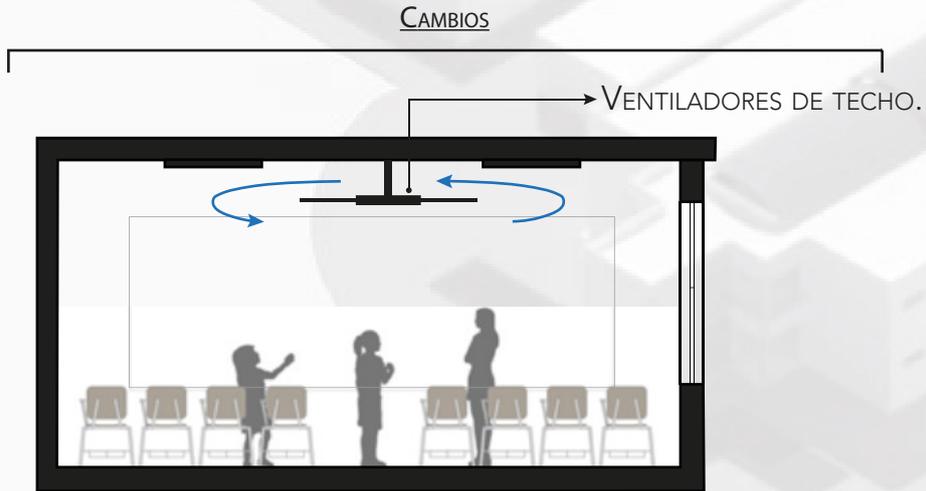


Mediante el análisis se pudo obtener como resultado que con la aplicación de estos cambios se genera una mejora en la distribución de la iluminación natural dentro del aula. Lo que genera que la iluminación sea más eficiente y disminuya el uso de iluminación artificial. Como resultado se obtiene que la iluminación interior se encuentre entre 300 y 1200 lux.

BASE NORMATIVA	LUMENES: 300 - 2000 LUX
RESULTADO ALTERNATIVA 2	LUMENES: 300 - 1200 LUX

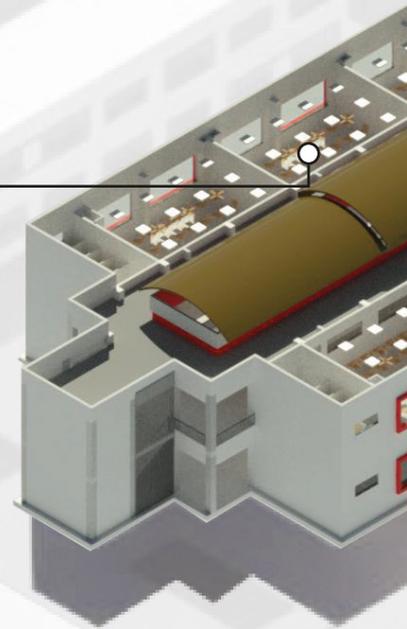
Tabla 47. Calidad de aire alternativa 2.

P116

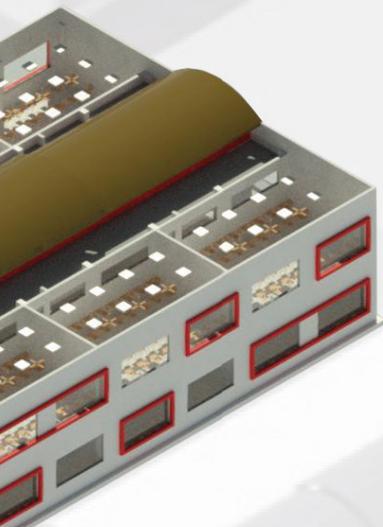


VENTILADORES MECÁNICOS DE TECHO.

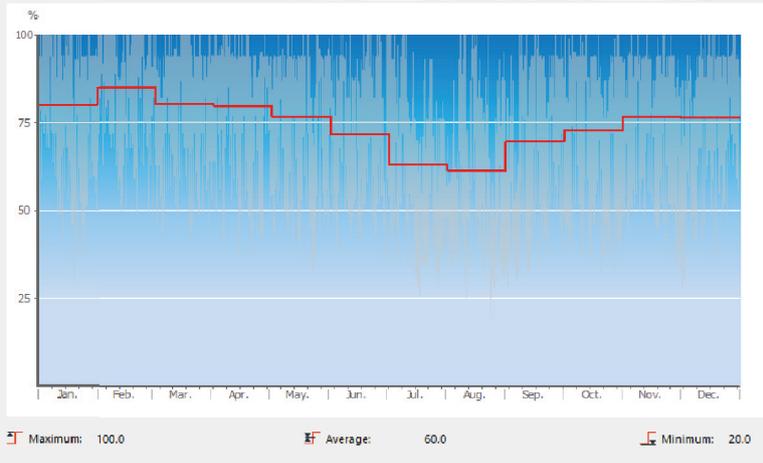
- Con la finalidad de mejorar la calidad de aire en días calurosos se propone la aplicación de ventiladores mecánicos de techo de alta eficiencia, que permitan mejorar las temperaturas internas pero que a su vez sean de bajo consumo de energía eléctrica.



Elaborado por: El Autor.



## RESULTADOS



Al mantener el porcentaje de superficie vidriada del diseño original se mantienen los mismos niveles de velocidad de aire, sin embargo el análisis muestra que los niveles de humedad relativa y CO2 disminuyen debido a las mejoras empleadas en carpinterías y envoltente.

BASE NORMATIVA	HUMEDAD RELATIVA : 40 - 50%
RESULTADO ALTERNATIVA 1	HUMEDAD RELATIVA : 50%

Tabla 48. Instalaciones eléctricas alternativa 2.

### CAMBIOS



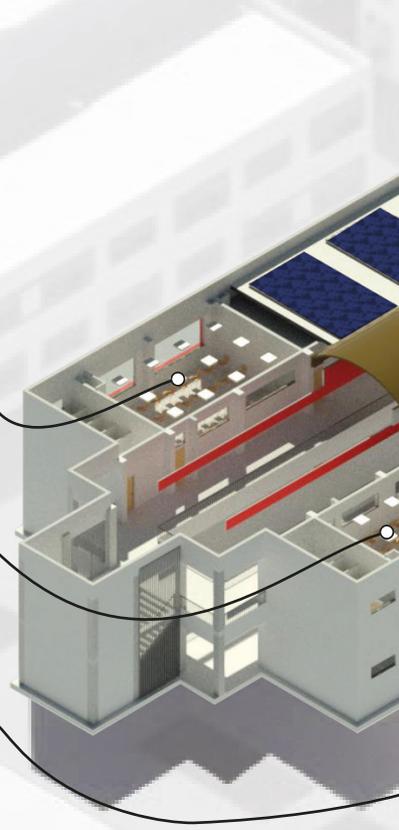
Luminarias LED.  
- Se propone el reemplazar las luminarias fluorescentes existentes por luminarias LED de alta eficiencia con el objetivo de disminuir el consumo eléctrico.

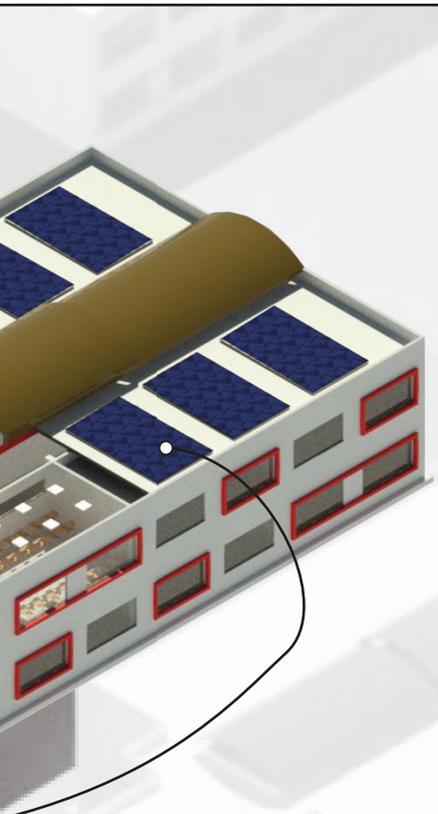


Sensores de luz y atenuación.  
- De igual manera se propone la aplicación de sensores de ocupación dentro de las aulas con la finalidad evitar el consumo innecesario de energía cuando estas se encuentren vacías.



Paneles fotovoltaicos monocristalinos.  
- En el caso de los paneles fotovoltaicos, se propone aplicarlos en la cubierta de la edificación con la finalidad de aprovechar la luz solar para disminuir el consumo eléctrico y de la misma manera los valores a pagar.





## RESULTADOS

Consumo de Energía		
Fuente eléctrica	Cantidad por fuente MWh/a	Recursos primarios MWh/a
Electricidad	10	30
<b>Total:</b>	<b>10</b>	<b>30</b>

Mediante el análisis con la aplicación de las luminarias de alta eficiencia LED, se generó una disminución en el consumo de electricidad convencional, siendo 30 MWh/a los requeridos para el desarrollo eficiente de la edificación.

N° de paneles	Potencia	N° de horas	N° días operativos
50 paneles	0.20 kW/h	10 horas de luz	210 días.
Total de energía producida = 21.000 kW/a			

Mediante la aplicación de los paneles solares se lograría la generación de 21 MW/a, lo que contribuye a la disminución de consumo de energía convencional.

Consumo eléctrico (energía convencional)	30 MWh/a
Energía producida (paneles fotovoltaicos)	21 MWh/a
Consumo total energía eléctrica = 9 MWh/a	

Dando como resultado el consumo de 9 MWh/a de energía eléctrica. El mismo que disminuye gracias a la energía producida in situ.

### Alternativa 3

En el planteamiento de esta última alternativa se propone el aislamiento de elementos de la envolvente como muros y cubierta, para mejorar las condiciones internas y mitigar problemas de humedad y permeabilidad en áreas internas. Es por esto que se plantea el uso de un aislamiento de poliestireno extruido tanto en la cubierta como en las fachadas, con el fin de generar un aislamiento continuo. En el caso de las carpinterías se propone una readecuación de las existentes con el objetivo de recuperar sus prestaciones, y que trabajen en conjunto con un vidrio doble que disminuya la ganancia solar.

Con la finalidad de mejorar la iluminación interior se propone el uso de luminaria LED de mejores prestaciones que tengan menor consumo energético. En el caso de la calidad de aire se propone el uso de ventiladores mecánicos de techo que mejoren las condiciones internas y permitan nivelar los rangos de temperatura en días calurosos.

Como ultimo punto se plantea reemplazar las luminarias existentes con LED de alta eficiencia que disminuyan el consumo energético, y el uso de paneles fotovoltaicos que permitan disminuir el consumo total de la edificación.

Elemento	Estrategia	
Confort térmico	Cubierta	Aislamiento continuo
	Muros	Aislamiento continuo
	Carpintería	Rotura de puentes térmicos
Confort Lumínico	Readecuación de carpinterías y vidrios	
Calidad de aire y ventilación	Ventilación mecánica	
Instalaciones eléctricas	Luminarias de alta eficiencia	
	Disminución consumo eléctrico	

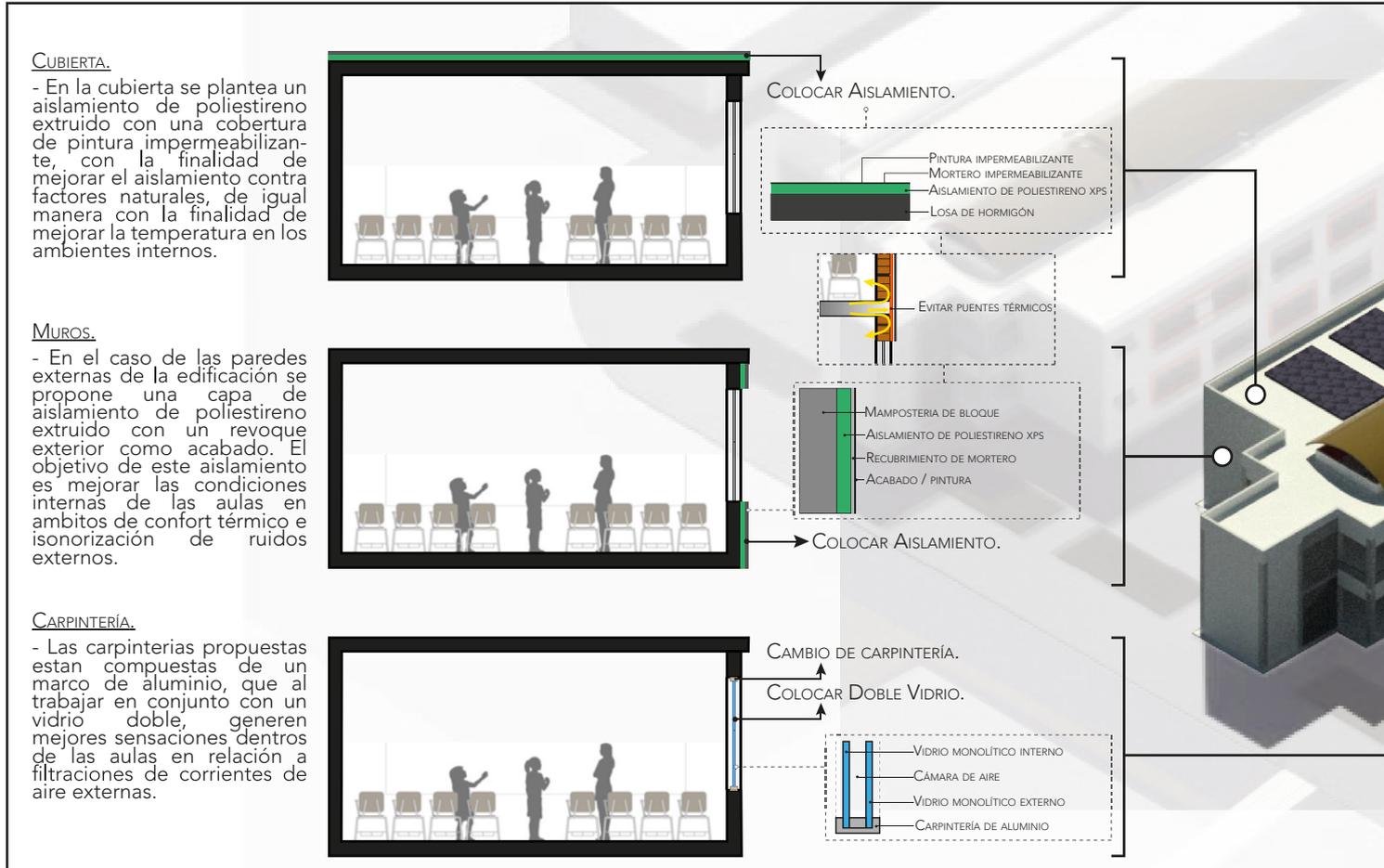
Elaborado por: El Autor.

**Tabla 49. Estrategias alternativa 3.**

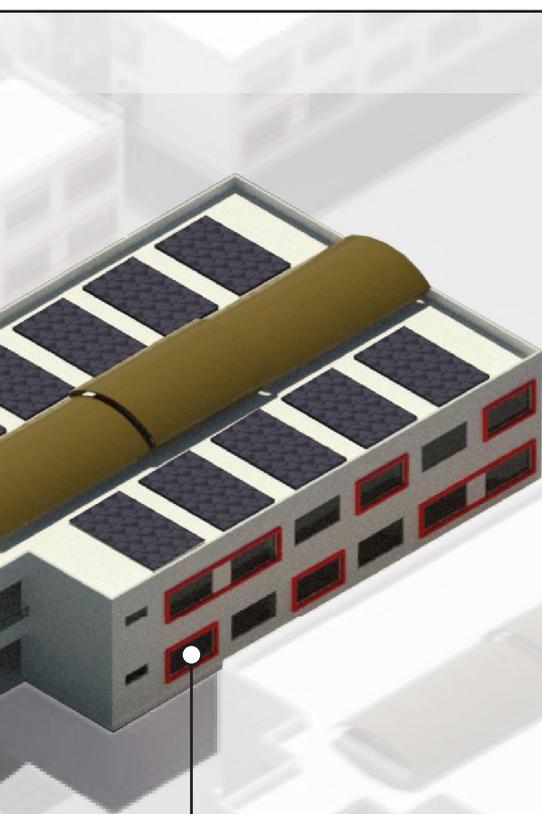
Alternativa 3				
Material	Propiedades			
	Conductividad térmica	Densidad	Absorción de agua	
Aislamiento: Poliestireno extruido.	0,036 W/mK	33 kg/m <sup>3</sup>	3 %	
Recubrimiento: Mortero impermeabilizante.	0,05 W/mK	1650 kg/m <sup>3</sup>	6,2%	
Acabado: Pintura impermeabilizante.	0,037 W/mK	1 kg/m <sup>3</sup>	10 %	
Aislamiento: Poliestireno extruido.	0,036 W/mK	33 kg/m <sup>3</sup>	3%	
Recubrimiento: Mortero de cemento.	0,05 W/mK	1650 kg/m <sup>3</sup>	6,2 %	
Acabado: Pintura.	0,037 W/mK	1 kg/m <sup>3</sup>	10%	
Marco de aluminio.	2,23 W/mK	-	-	
Vidrio doble de baja emisión.	2,7 W/mK	-	-	
	Conductividad térmica	Densidad		
Sellante: Silicón	-	-	-	
	Potencia	Vida útil		
Ventiladores de techo de alta eficiencia	80 w	2 años	-	
	Potencia	Vida útil	Temperatura de color	
Luminarias LED de alta eficiencia.	60 w	3000 h	6500 k	
Paneles fotovoltaicos de capa fina.	115 w	5 años	-	

## Aplicación y resultados alternativa 3.

Tabla 50. Confort térmico alternativa 3.



Elaborado por: El Autor.



## RESULTADOS

### AULAS PLANTA BAJA

#### TEMPERATURA INTERNA

Min. (07:00 Feb. 06): 13,53°C  
 Media Anual: 17,88°C  
 Max. (15:00 May. 24): 23,63°C

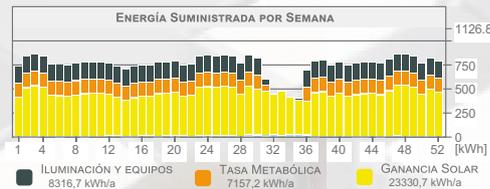
#### HORAS DE CONFORT INSATISFECHAS

Enfriamiento: 300 hrs/a  
 Calentamiento: 30 hrs/a

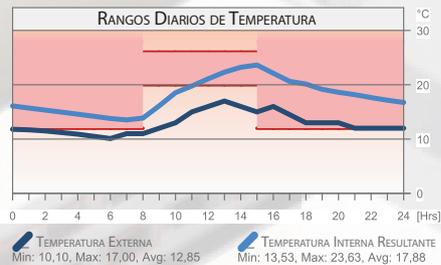
Datos de la Edificación.

- En base al análisis del confort térmico con los cambios empleados se obtiene como resultado una disminución de los rangos de temperatura en el interior de las aulas.

Temperatura media anual 17,88°C.



En el caso de los rangos de energía suministrada se observa una disminución en la iluminación, tasa metabólica (7157,2 kWh/a) y la ganancia solar (23330,7 kWh/a), esto debido a las mejores empleadas, que permiten que las ganancias solares sean menores, y a su vez la tasa metabólica disminuye.



A partir de los resultados del análisis se puede apreciar que los niveles de temperatura interna en las aulas disminuye en gran manera, dejando como resultados una temperatura promedio de 17,88° en el interior de los ambientes educativos.

BASE NORMATIVA

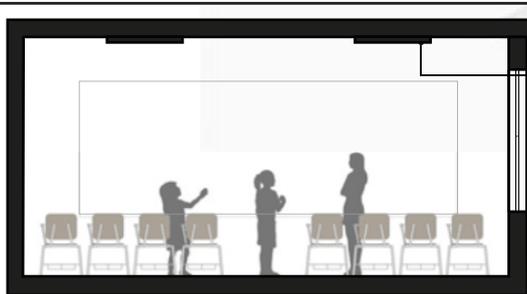
TEMPERATURA INTERNA: 23-30°C

RESULTADO ALTERNATIVA 3

TEMPERATURA INTERNA: 17,88°C

Tabla 51. Confort lumínico alternativa 3.

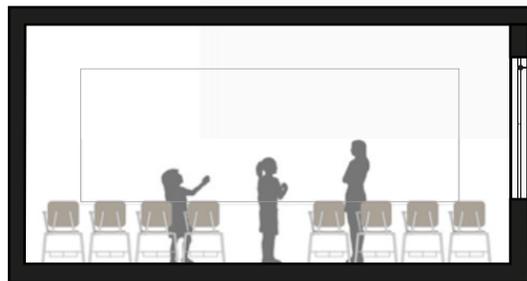
## CAMBIOS



MEJORA DE LUMINARIAS  
INTERNAS

### MEJORA DE LUMINARIAS INTERNAS.

- Con la finalidad de mejorar el confort lumínico en el interior de los espacios se plantea la mejora de las luminarias existentes. Esto con la finalidad de generar bajos costos de intervención y a su vez mejorar la iluminación interna.



REHADECUACIÓN DE VENTANAS  
Y CARPINTERÍA



### REHADECUACIÓN DE VENTANAS Y CARPINTERÍAS.

- Se propone la rehadequación de las ventanas existentes de manera que mejoren la iluminación natural captada en el interior.

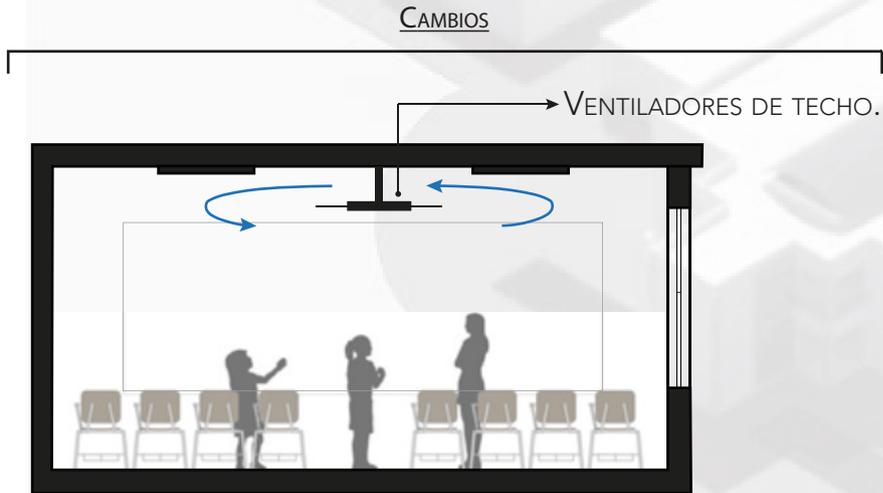
## RESULTADOS



Mediante el análisis se pudo obtener como resultado que con la aplicación de estos cambios se genera una mejora en la distribución de la iluminación natural dentro del aula. Lo que genera que la iluminación sea más eficiente y disminuya el uso de iluminación artificial. El rango de iluminación dentro del aula se encuentra entre 300 y 1050 lúmenes.

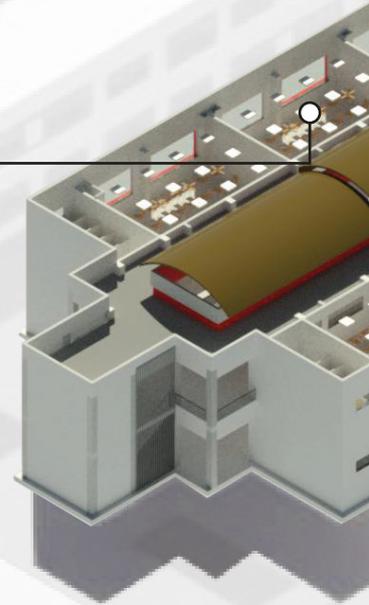
BASE NORMATIVA	LUMENES: 300 - 2000 Lux
RESULTADO ALTERNATIVA 3	LUMENES: 300 - 1050 Lux

Tabla 52. Calidad de aire alternativa 3.

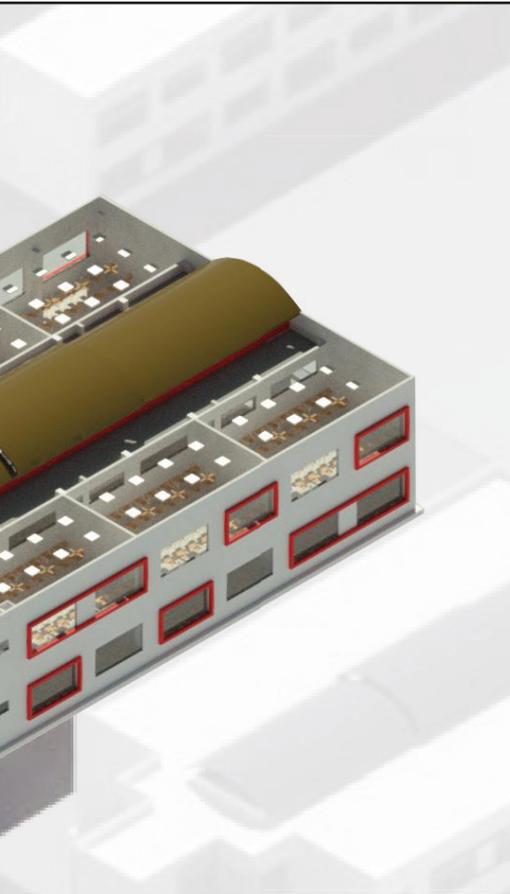


VENTILADORES MECÁNICOS DE TECHO.

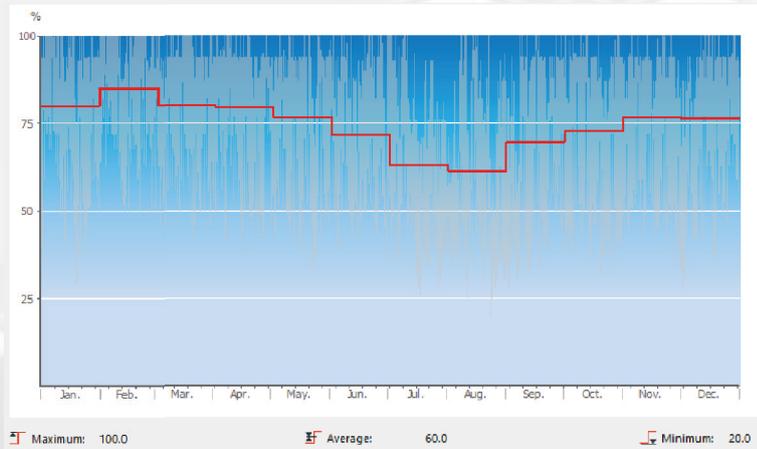
- Con la finalidad de mejorar la calidad de aire en días calurosos se propone la aplicación de ventiladores mecánicos de techo de alta eficiencia, que permitan mejorar las temperaturas internas pero que a su vez sean de bajo consumo de energía eléctrica.



Elaborado por: El Autor.



## RESULTADOS



Al mantener el porcentaje de superficie vidriada del diseño original se mantienen los mismos niveles de velocidad de aire, sin embargo el análisis muestra que los niveles de humedad relativa y CO2 disminuyen debido a las mejor empleadas en carpinterías y envolvente.

BASE NORMATIVA	HUMEDAD RELATIVA : 40 - 50%
RESULTADO ALTERNATIVA 1	HUMEDAD RELATIVA : 50%

Tabla 53. Instalaciones eléctricas alternativa 3.

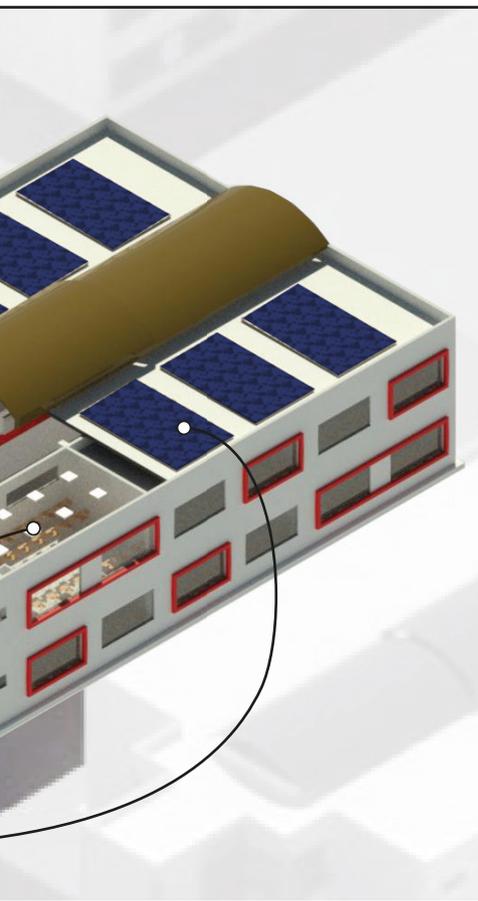
CAMBIOS



Luminarias LED.  
- Se propone el reemplazar las luminarias fluorescentes existentes por luminarias LED de alta eficiencia con el objetivo de disminuir el consumo eléctrico.



Paneles fotovoltaicos de capa fina.  
- En el caso de los paneles fotovoltaicos, se propone aplicarlos en la cubierta de la edificación con la finalidad de aprovechar la luz solar para disminuir el consumo eléctrico y de la misma manera los valores a pagar.



## RESULTADOS

Consumo de Energía		
Fuente electrica	Cantidad por fuente MWh/a	Recursos primarios MWh/a
Electricidad	10	30
<b>Total:</b>	<b>10</b>	<b>30</b>

Mediante el análisis con la aplicación de las luminarias de alta eficiencia LED, se generará una disminución en el consumo de electricidad convencional, siendo 30 MWh/a los requeridos para el desarrollo eficiente de la edificación.

N° de paneles	Potencia	N° de horas	N° dias operativos
50 paneles	0.115 kW/h	10 horas de luz	210 días.
Total de energía producida = 12.075 kW/a			

Mediante la aplicación de los paneles solares se lograría la generación de 12 MW/a, lo que contribuye a la disminución de consumo de energía convencional.

Consumo eléctrico (energía convencional)	30 MWh/a
Energía producida (paneles fotovoltaicos)	12 MWh/a
Consumo total energía eléctrica = 18 MWh/a	

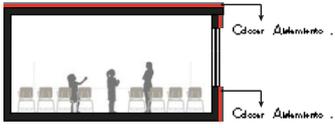
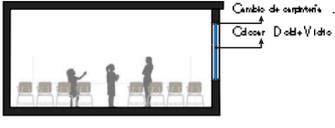
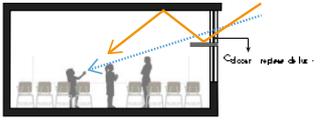
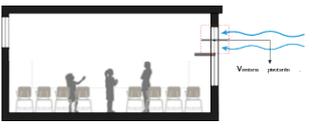
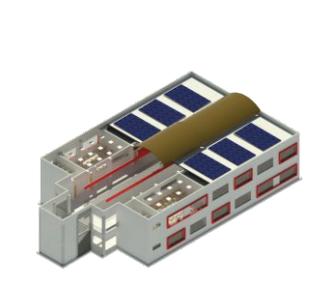
Dando como resultado el consumo de 18 MWh/a de energía eléctrica. El mismo que disminuye gracias a la energía producida in situ.

### 5.3. Resultados de estrategias.

Una vez realizada la simulación de las estrategias propuestas en el modelo de probeta virtual se obtienen resultados respecto a confort térmico, lumínico, calidad de aire e instalaciones

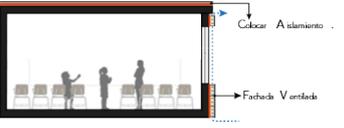
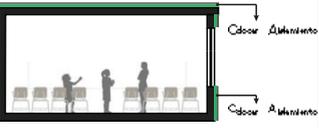
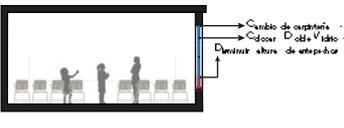
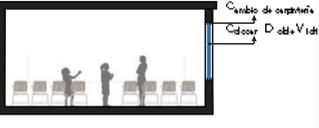
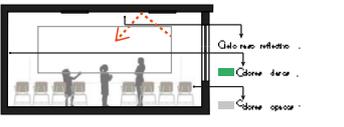
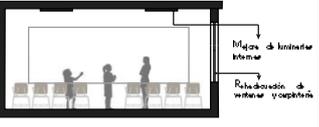
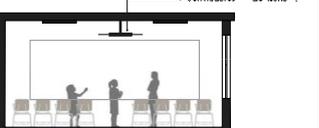
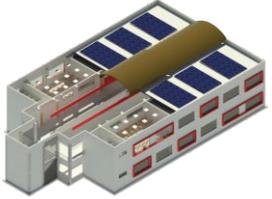
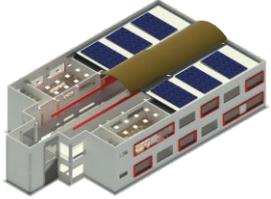
eléctricas. Estos valores permiten evidenciar si estos cambios propuestos benefician o no al ambiente interno de las aulas de clases. Teniendo como resultado que la alternativa más

Tabla 54. Síntesis de estrategias.

	Base normativa	Estado actual	Alternativa 1		
			Estrategia	Material	Resultado
Confort térmico.	Según los estándares de eficiencia, la temperatura interior de los espacios debe oscilar entre 23 y 30 °C.	17.88 °C	 	 	15.35 °C
Confort lumínico	Los niveles de iluminación dentro del aula deben ser entre 300 lux mínimo y entre 1500-2000lux máximo.	300 – 3500 lux			300 – 1300 lux
Calidad de aire y ventilación.	La humedad relativa dentro de los espacios debe encontrarse entre 40 y 50%.	Humedad relativa 60%			Humedad relativa 50%
Instalaciones eléctricas.	El consumo energético total del equipamiento educativo debe encontrarse entre 30 y 344 MW/a	51 MW/a		  	27 MW/a

Elaborado por: El Autor.

beneficiosa es la número 2, ya que los valores resultantes del análisis se encuentran dentro de los expuestos por las normativas tomadas en cuenta respecto a valores óptimos de confort.

Alternativa 2			Alternativa 3		
Estrategia	Material	Resultado	Estrategia	Material	Resultado
		24.06°C			17.88°C
					
		300 – 1200 lux			300 – 1050 lux
		Humedad relativa 50%			Humedad relativa 50%
	  	30 MW/a		 	30 MW/a

## 5.4. Resolución de propuesta.

### Acciones preliminares.

Para la aplicación de las alternativas de mejora del bloque de aulas primeramente es necesario realizar acciones preliminares de corrección de problemas existentes, como lo son las filtraciones, los daños en cielos rasos debido a humedad, fisuras y grietas en paredes y daños en las cerámicas de piso.

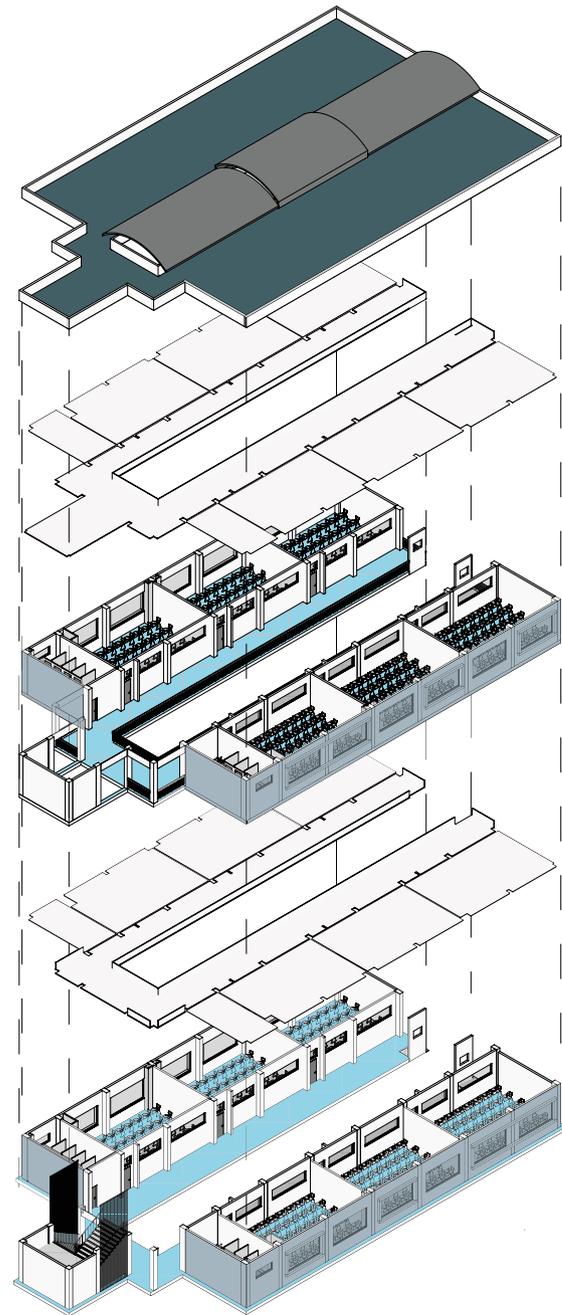
Estas acciones son importantes como etapa previa a la aplicación de las alternativas, con el objetivo de estas trabajen de manera óptima y a su vez estos daños existentes no generen problemas en la aplicación de las estrategias de mejora.

Para ello se presenta el proceso constructivo de cada una de ellas mediante detalles constructivos, con las especificaciones técnicas de los materiales y elementos.

**Tabla 55. Síntesis acciones preliminares.**

Acciones preliminares		
Elemento	Estrategia	Acción
Cubierta	Disposición de impermeabilización de cubierta.	Recubrimiento: Mortero impermeabilizante.
		Acabado: Pintura impermeabilizante.
Cielo raso	Cambio de cielos rasos con daños.	Cielo raso Gypsum de antihumedad ½”.
Muros	Reparación de fisuras y grietas en elementos estructurales y mampostería	Refuerzo: Grapas de acero corrugado 6mm.
		Recubrimiento: Mortero de cemento.
		Acabado: Pintura.
Pisos	Reemplazo de recubrimiento de pisos con daños	Recubrimiento: Mortero de pega.
		Acabado: Cerámica de piso. 40cmX40cm

Elaborado por: El Autor.

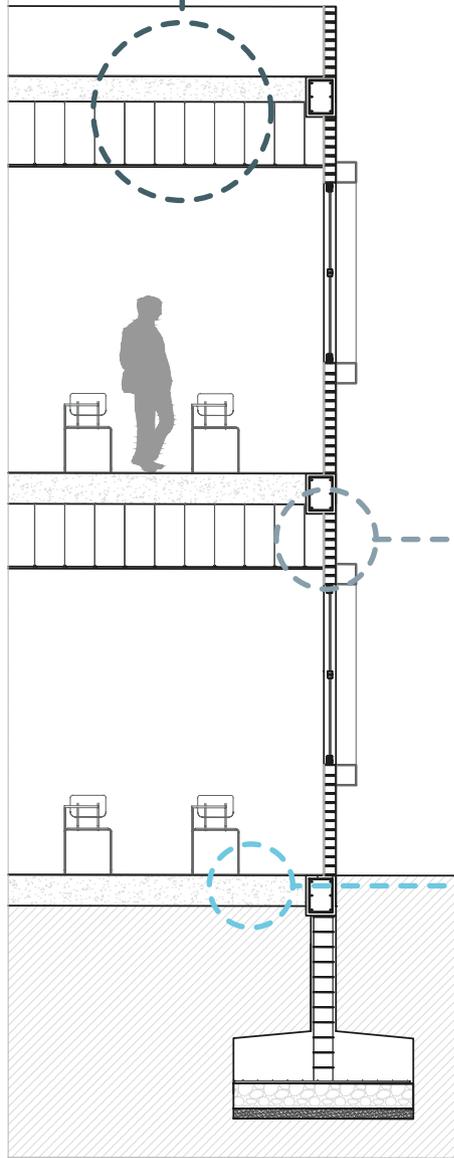


Impermeabilización de cubierta.  
Cambio de cielo raso.

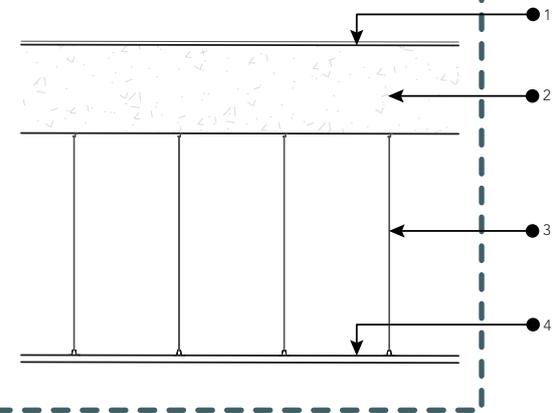
Reparación de grietas y fisuras.

Reemplazo de recubrimiento de pisos.

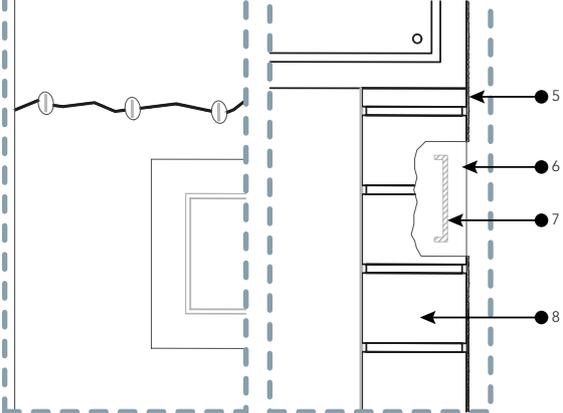
## Detalle arquitectónico 1



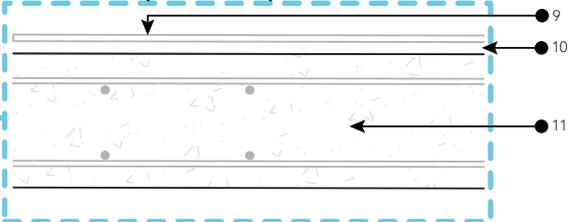
## D1\_Impermealización de cubierta



## D1\_Reparación de grietas y fisuras.



## D1\_Reemplazo de pisos con daños



1. Revoque de mortero de cemento y aplicación de pintura impermeabilizante.
2. Cubierta plana no transitable.
3. Puntos de anclaje de cielo raso.

4. Cielo raso de Gypsum antihumedad 1/2".
5. Revoque de mortero de cemento.
6. Zona afectada con mortero de cemento.
7. Grapa de acero corrugado Ø6.

8. Bloque de mampostería.
9. Cerámica de piso 40cmx40cm.
10. Cemento de pegado.
11. Losa de Hormigón.

## Alternativa 1

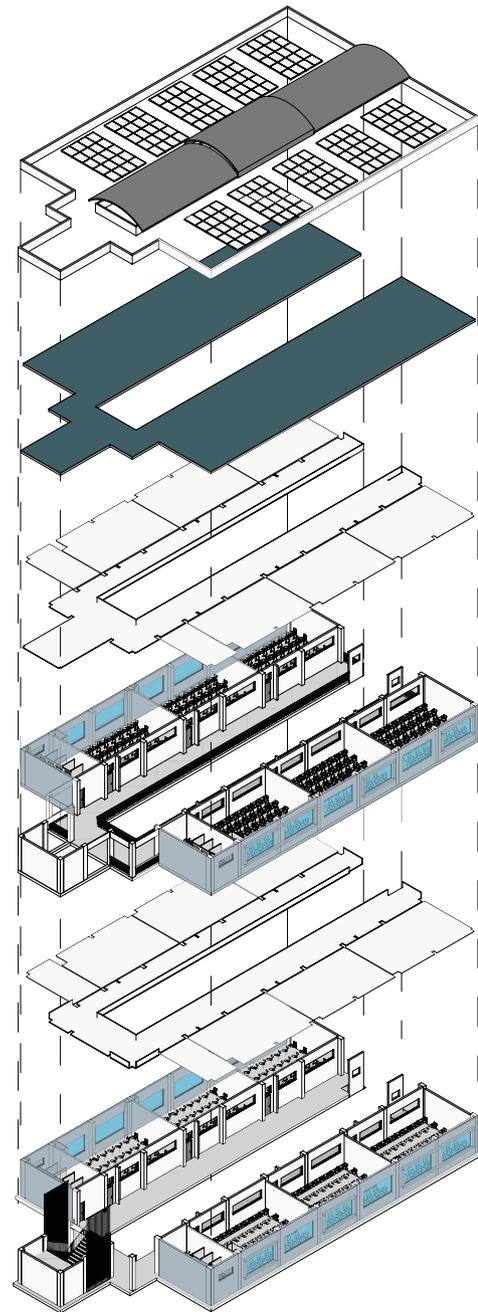
Es necesario conocer el proceso constructivo de las estrategias propuestas en cada una de las alternativas. Esto mediante detalles que permitan conocer el proceso de implementación de estas estrategias y las especificaciones técnicas de los materiales y elementos propuestos.

En el caso de la primer alternativa, se detalla inicialmente la colocación de los aislamientos en cubierta y fachadas. Y el cambio de las ventanas existentes por ventanas de mejores prestaciones.

**Tabla 56. Síntesis alternativa 1.**

Alternativa 1		
Elemento	Estrategia	Material
Confort térmico	Cubierta: Aislamiento continuo	Aislamiento: Espuma rígida de poliuretano.
		Recubrimiento: Mortero impermeabilizante.
		Acabado: Pintura impermeabilizante.
	Muros: Aislamiento continuo	Aislamiento: Espuma rígida de poliuretano.
		Recubrimiento: Mortero de cemento.
		Acabado: Pintura.
Carpintería: Rotura de puentes térmicos	Ventana de aluminio RPT fija y doble vidrio flotado 4mm.	
Confort Lumínico	Repisas de luz	Estructura: Tubos cuadrados de aluminio. Recubrimiento: Tablero MDF enchapado.
	Reubicación de puntos de luz	Cielo raso Gypsum de antihumedad ½".
Calidad de aire	Ventanas pivotantes de alto rendimiento	Bisagras pivotante. (Par)
		Ventana pivotante de aluminio RPT y doble vidrio flotado 4mm.
Instalaciones eléctricas	Luminarias de alta eficiencia	Luminaria Lumipanel LED 1.20X0.60. Sensores de atenuación de luz.
	Disminución consumo eléctrico	Paneles fotovoltaicos policristalinos.

Elaborado por: El Autor.

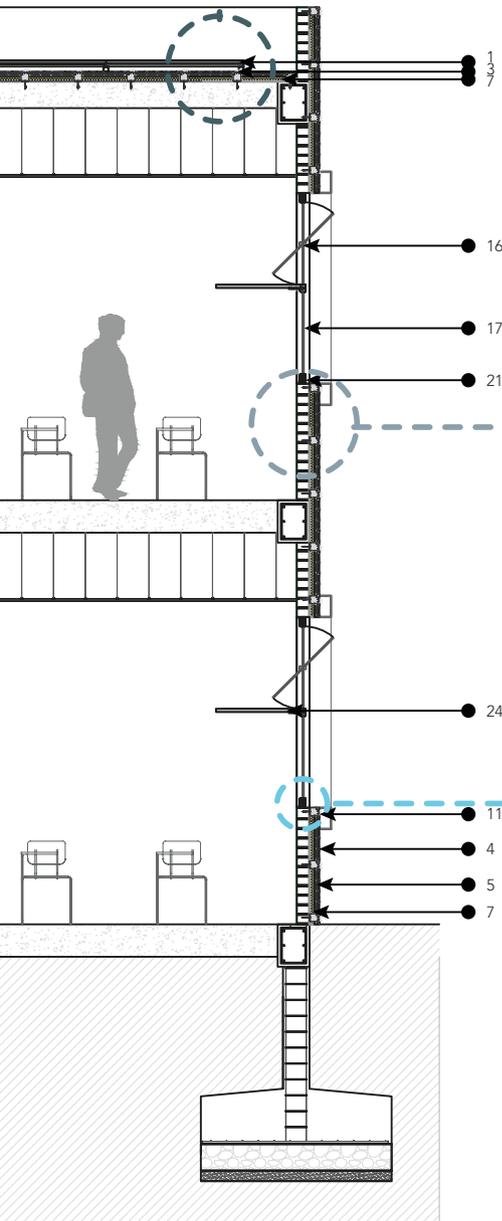


■ Cubierta: Aislamiento continuo.

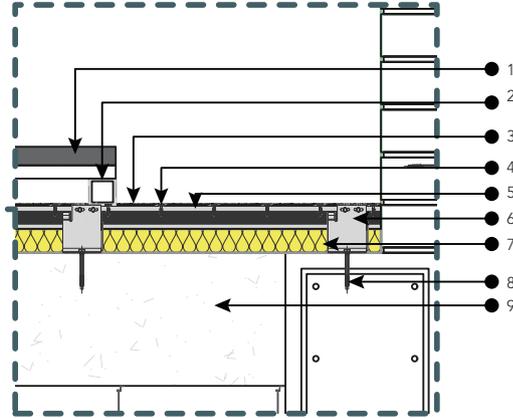
■ Muros: Aislamiento continuo.

■ Carpintería: Rotura de puentes térmicos.

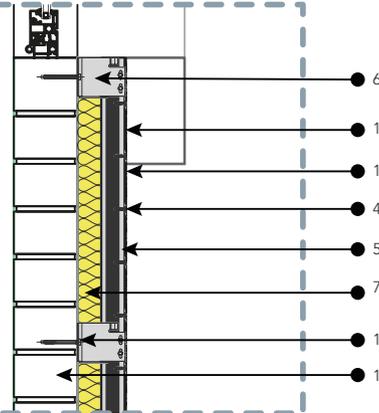
## Detalle arquitectónico 1



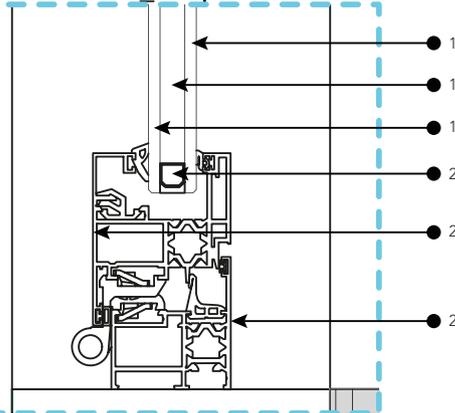
## D1\_Aislamiento de cubierta



## D1\_Aislamiento de muros



## D1\_Carpinterías

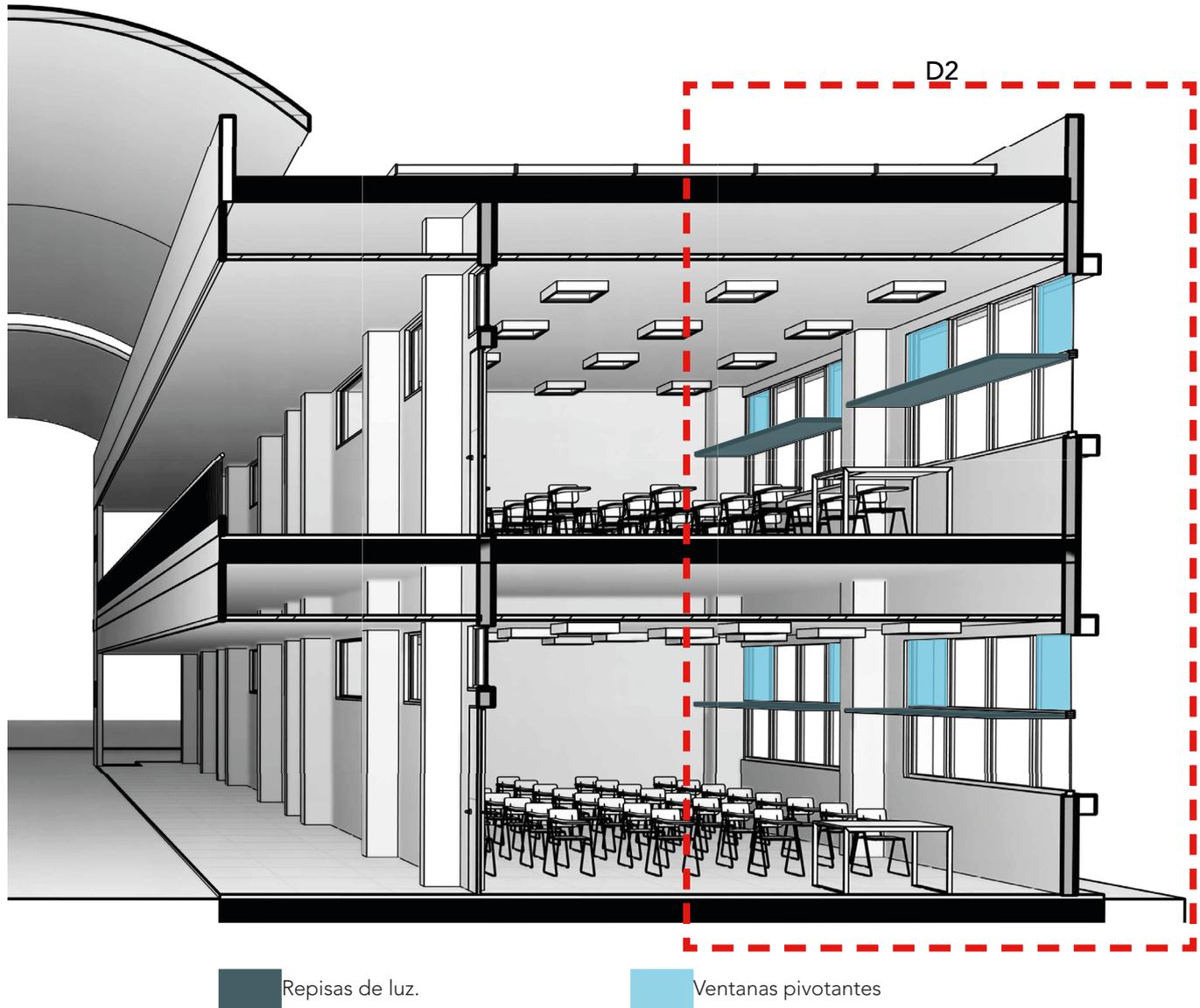


1. Panel Solar.
2. Montante de panel solar.  
Tubo rectangular 5cmx5cmx0.05cm.
3. Membrana de caucho impermeabilizante.
4. Tornillo de placa montante 2".
5. Montante de aluminio T.
6. Ménsula de acero inoxidable.  
Plancha 200cm x 100cm, e=50mm.
7. Espuma rigida de poliuretano.  
Plancha 200cm x 100cm, e=50mm.
8. Tornillo de anclaje 3".
9. Cubierta plana no transitabile.
10. Malla de fibra de vidrio.
11. Revoque de mortero de cemento.
12. Acabado: Pintura.
13. Espuma rigida de poliuretano.  
Plancha 200cm x 100cm, e=40mm.
14. Tornillo de anclaje a mampostería 3".
15. Mampostería de ladrillo.
16. Ventana pivotante de alto rendimiento.
17. Vidrio externo.  $U=1,5W/m^2k$ .
18. Cámara interna de aire.
19. Vidrio interno.  $U=1,5W/m^2k$ .
20. Varilla aislante.
21. Marco de aluminio RPT.
22. Perfil de aluminio interior.
23. Perfil de aluminio exterior.
24. Repisa de luz.

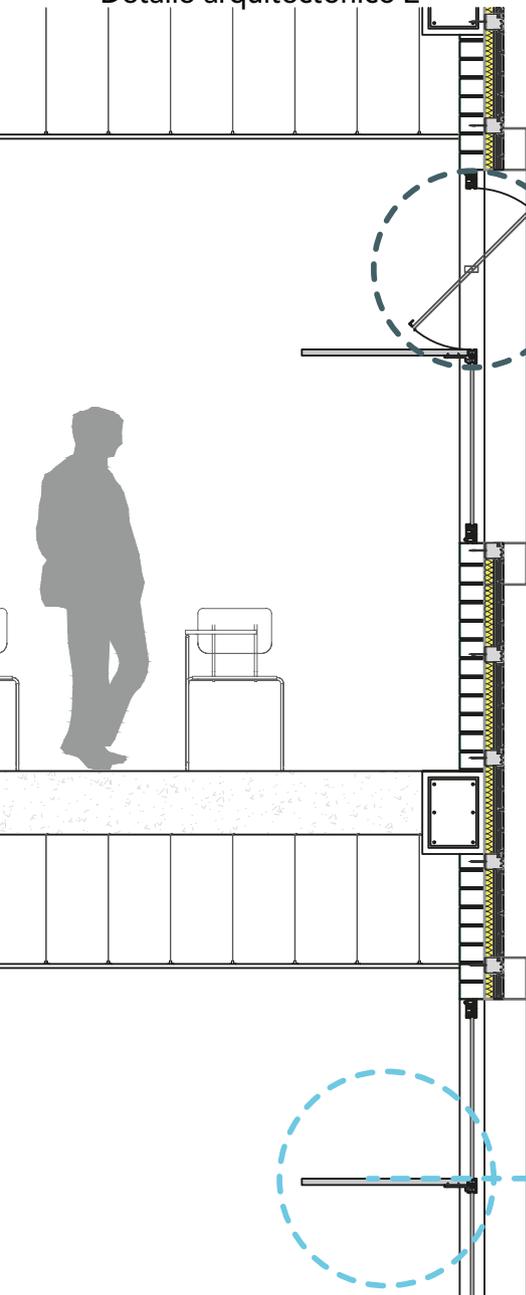
De igual manera se procede a generar los detalles constructivos de las estrategias de ventilación e iluminación.

De esta manera el primer detalle que nos muestra el accionar de la ventana abatible propuesta, sus materiales y las especificaciones técnicas de cada uno de ellos.

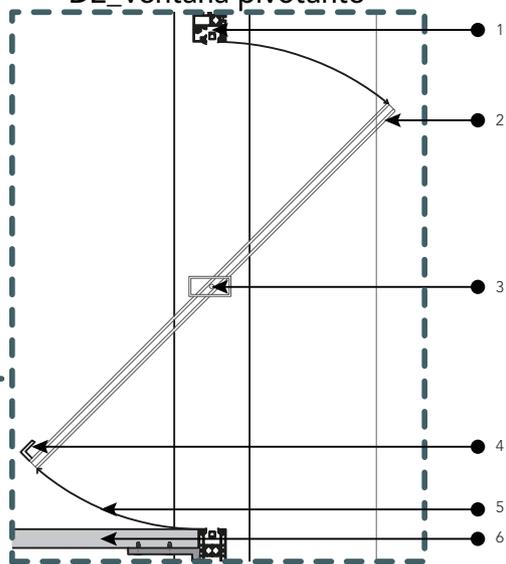
El segundo detalle nos muestra la implementación de las repisas de luz propuestas en las ventanas que dan hacia la fachada, los materiales que las componen y los anclajes a las carpinterías.



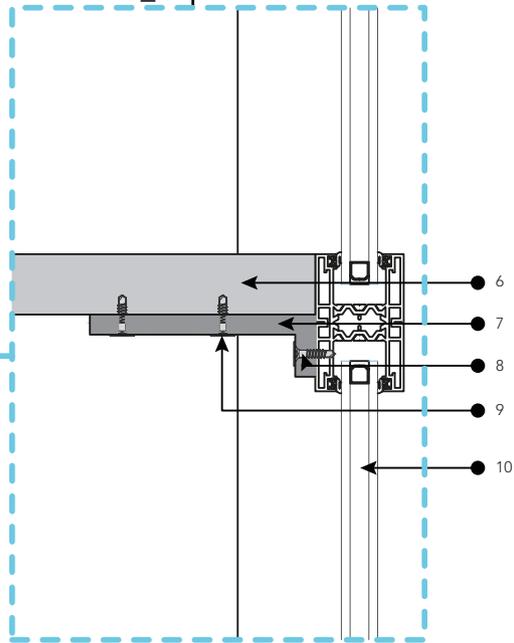
## Detalle arquitectónico 2



## D2\_Ventana pivotante



## D2\_Repisa de luz



1. Marco de aluminio RPT.
2. Ventana de doble vidrio.
3. Punto central de pivote.
4. Manilla de accionamiento.
5. Dirección de apertura.
6. Repisa de aluminio  $e=3\text{cm}$ .
7. Perfil de aluminio de anclaje a carpintería.
8. Tornillo a marco de aluminio.
9. Tornillo a perfil montante.
10. Vidrio doble bajo emisivo.

## Presupuesto general alternativa 1.

Complementariamente a los detalles constructivos de las estrategias, se plantea la elaboración del presupuesto total de la alternativa, con la finalidad de proveer los materiales y elementos constructivos necesarios para la realización de cada una de estrategias establecidas.

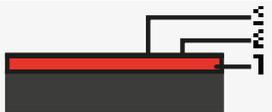
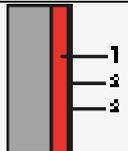
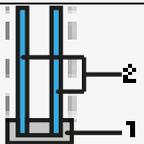
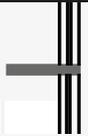
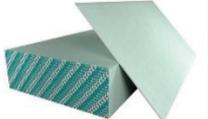
Para ello se toman los valores referenciales propuestos por la Revista Construcción N°279. Enero-Marzo 2023. (Cámara de la Industria de la Construcción 2023), los cuales incluyen costos operativos, de mano de obra especializada y los materiales.

Estos valores son resultantes de los precios referenciales y de los metros cuadrados y valores unitarios necesarios en las distintas estrategias expuestas. Dando como resultado un valor aproximado en relación al total de intervención.

Elemento	Estrategia	
Confort térmico	Cubierta	Aislamiento continuo
	Muros	Aislamiento continuo
	Carpintería	Rotura de puentes térmicos
Confort Lumínico	Repisas de luz	
	Reubicación de puntos de luz	
Calidad de aire y ventilación	Ventanas pivotantes de alto rendimiento	
Instalaciones eléctricas	Luminarias de alta eficiencia	
	Disminución consumo eléctrico	

\*Valores referenciales tomados de la Revista Construcción N°279. Ene-M  
Elaborado por: El Autor.

Tabla 57. Presupuesto alternativa 1.

Alternativa 1					
	Material	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
	Aislamiento: Espuma rígida de poliuretano.	m <sup>2</sup>	679,956 m <sup>2</sup>	\$ 12,82	\$ 8.717,03
	Recubrimiento: Mortero impermeabilizante.	m <sup>2</sup>	679,956 m <sup>2</sup>	\$ 6,87	\$ 4.671,29
	Acabado: Pintura impermeabilizante.	m <sup>2</sup>	679,956 m <sup>2</sup>	\$ 4,00	\$ 2.719,82
	Aislamiento: Espuma rígida de poliuretano.	m <sup>2</sup>	662,954 m <sup>2</sup>	\$ 12,82	\$ 8.499,07
	Recubrimiento: Mortero de cemento.	m <sup>2</sup>	662,954 m <sup>2</sup>	\$ 6,87	\$ 4.554,49
	Acabado: Pintura.	m <sup>2</sup>	662,954 m <sup>2</sup>	\$ 2,94	\$ 1.949,08
	Ventana de aluminio RPT fija y doble vidrio flotado 4mm.	m <sup>2</sup>	136,08 m <sup>2</sup>	\$ 80,84	\$ 11.000,70
	Estructura: Tubos cuadrados de aluminio.	U	24 u	\$ 36,96	\$ 887,04
	Recubrimiento: Tablero MDF enchapado.	m <sup>2</sup>	140,54 m <sup>2</sup>	\$ 6,69	\$ 940,21
	Cielo raso Gypsum de antihumedad ½".	m <sup>2</sup>	408,82 m <sup>2</sup>	\$ 18,19	\$ 7.436,43
	Bisagras pivotante. (Par)	U	48 u	\$ 32,99	\$ 1.583,52
	Ventana pivotante de aluminio RPT y doble vidrio flotado 4mm.	m <sup>2</sup>	38,88 m <sup>2</sup>	\$ 80,84	\$ 3.143,05
	Luminaria Lumipanel LED 1.20X0.60.	U	144 u	\$ 83,69	\$ 12.051,36
	Sensores de atenuación de luz.	U	24 u	\$ 20,31	\$ 487,44
	Paneles fotovoltaicos policristalinos.	U	50 u	\$ 141,63	\$ 7.081,5
				<b>Valor total intervención</b>	<b>\$ 75.722,03</b>

## Alternativa 2

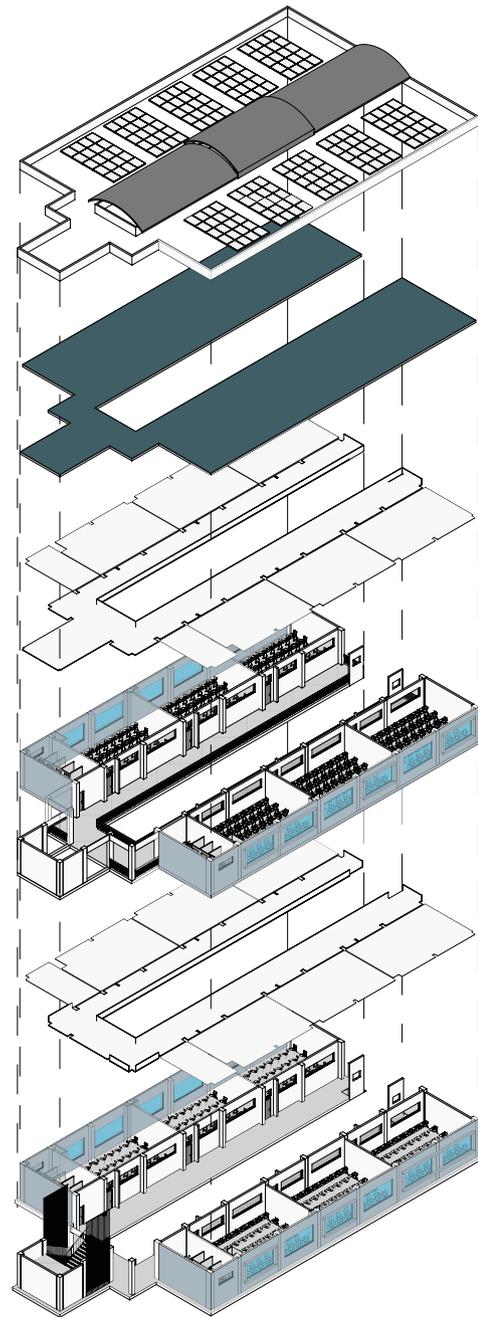
Al igual que en la Alternativa 1, en la presente alternativa se realizan los detalles constructivos de cada una de las acciones de mejora propuestas en el bloque de aulas, con el objetivo de especificar el proceso constructivo y detallar los materiales y sus especificaciones técnicas.

Se detalla inicialmente la colocación del aislamiento en cubierta, su recubrimiento y acabado. De igual manera la colocación de aislamiento en los muros de fachada, su recubrimiento y acabado. Y finalmente se detallan el tipo de carpintería y vidrio a implementar en las ventanas.

Tabla 58. Síntesis alternativa 2.

Alternativa 2		
Elemento	Estrategia	Material
Confort térmico	Cubierta: Aislamiento continuo	Aislamiento: Poliestireno expandido.
		Recubrimiento: Mortero impermeabilizante.
		Acabado: Pintura impermeabilizante.
	Muros: Aislamiento continuo	Aislamiento: Poliestireno expandido.
		Recubrimiento: Mortero de cemento.
		Acabado: Placa de fibrocemento. (1.22X2.44X14mm).
Carpintería: Rotura de puentes térmicos	Ventana de aluminio PVC y doble vidrio flotado 4mm.	
Confort Lumínico	Cielos rasos reflectivos	Pintura de cielo raso
	Colores claros en paredes	Pintura.
Calidad de aire	Ventilación mecánica	Ventilador de techo de alta eficiencia 42".
Instalaciones eléctricas	Luminarias de alta eficiencia	Luminaria Lumipanel LED 1.20X0.60. Sensores de ocupación.
	Disminución consumo eléctrico	Paneles fotovoltaicos monocristalinos.

Elaborado por: El Autor.

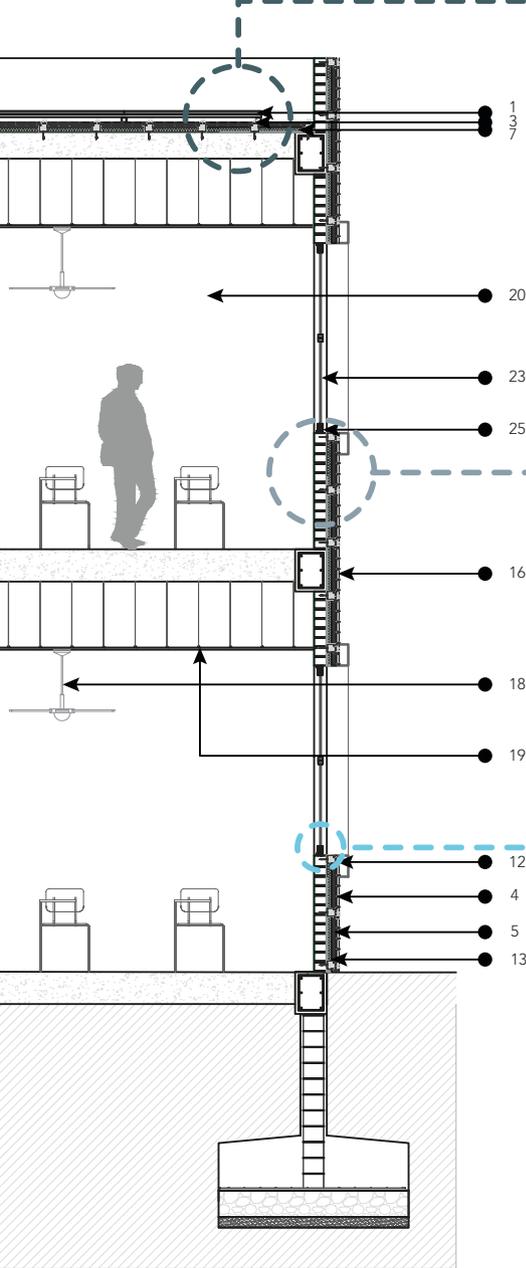


Cubierta: Aislamiento continuo.

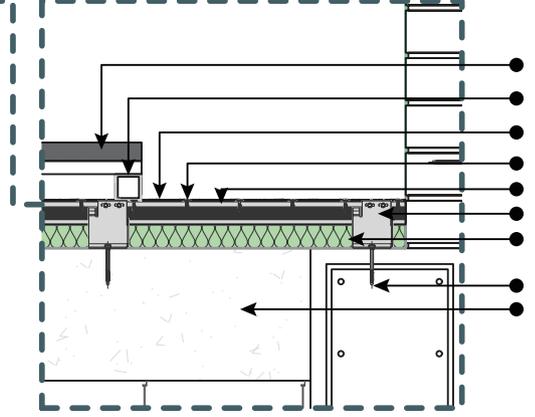
Muros: Aislamiento continuo.

Carpintería: Rotura de puentes térmicos.

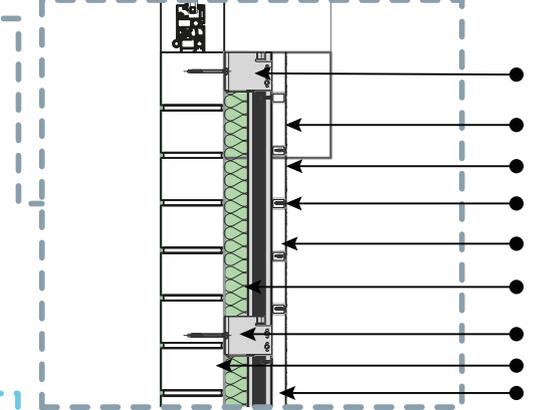
## Detalle arquitectónico 1



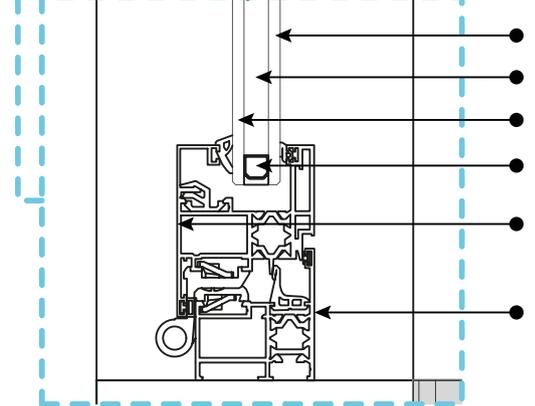
## D1\_Aislamiento de cubierta



## D1\_Aislamiento de muros



## D1\_Carpinterías



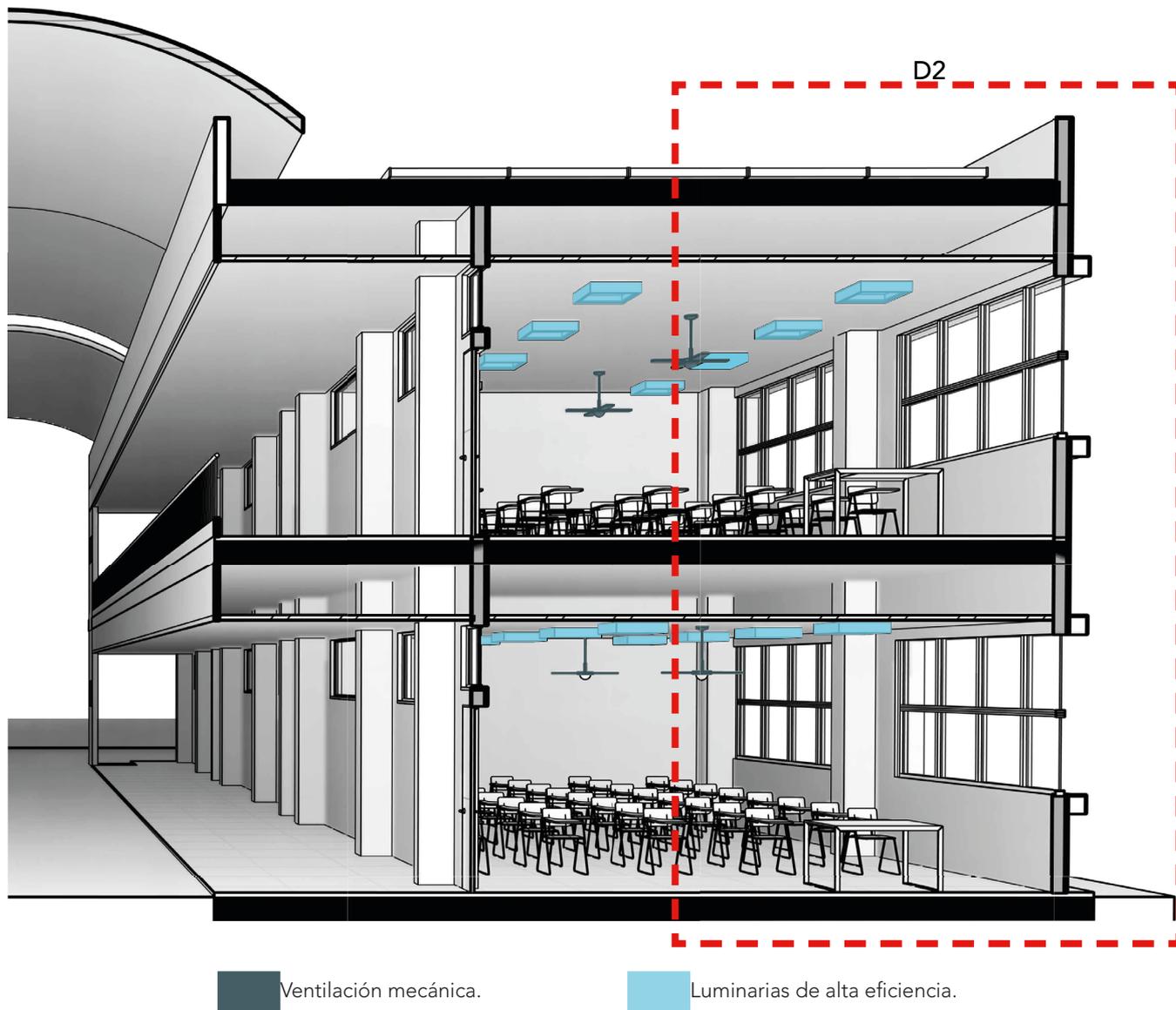
1. Panel Solar.
2. Montante de panel solar.  
Tubo rectangular 5cmx5cmx0.05cm.
3. Membrana de caucho impermeabilizante.
4. Tornillo de placa montante 2".
5. Montante de aluminio T.
6. Ménsula de acero inoxidable.
7. Poliestireno expandido.  
Plancha 200cm x 100cm, e=50mm.
8. Tornillo de anclaje 3".
9. Cubierta plana no transitable.
10. Malla de fibra de vidrio.
11. Revoque de mortero de cemento.
12. Acabado: Pintura.
13. Poliestireno expandido.  
Plancha 200cm x 100cm, e=40mm.
14. Tornillo de anclaje a mampostería 3".
15. Mampostería de ladrillo.
16. Cámara de aire.
17. Placa de fibrocemento.
18. Ventilador de techo reversible.
19. Cielo raso reflectivo.
20. Paredes con colores claros.
21. Vidrio externo.  $U=1,62W/m^2k$ .
22. Cámara interna de aire.
23. Vidrio interno.  $U=1,62W/m^2k$ .
24. Varilla aislante.
25. Marco de PVC.
26. Perfil de aluminio interior.
27. Perfil de aluminio exterior.

De la misma manera se representan los detalles constructivos de las estrategias de ventilación e iluminación.

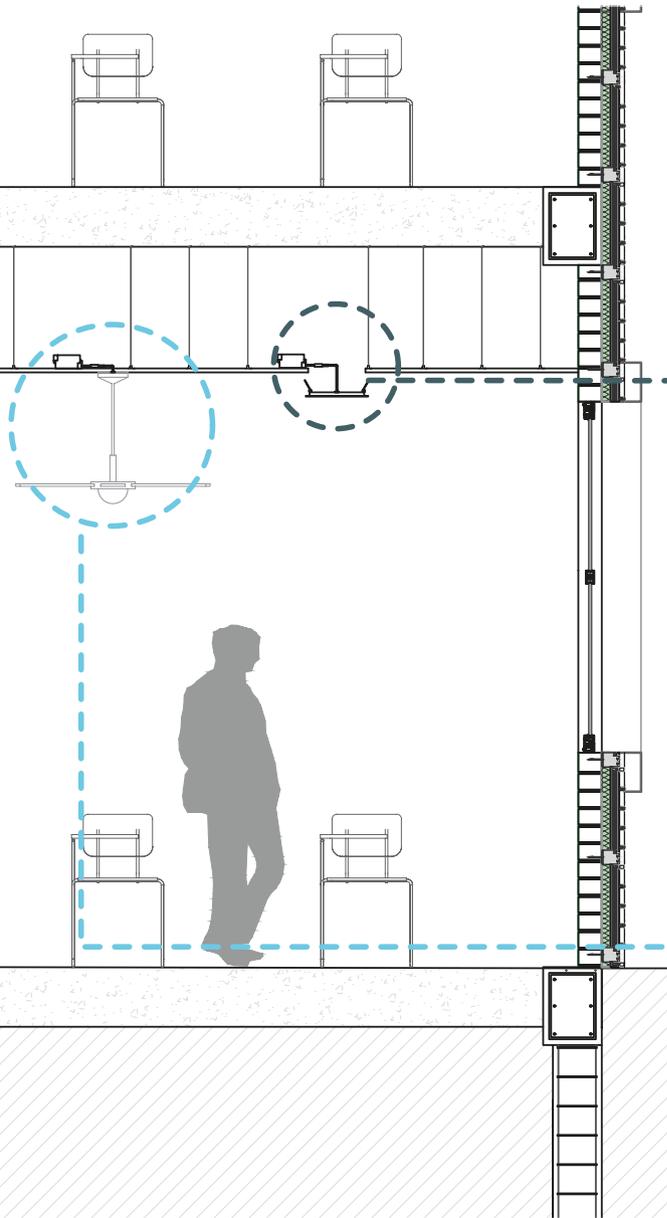
De esta manera el primer detalle que nos muestra la colocación de la luminaria propuesta en el cielo raso, y sus especificaciones técnicas.

El segundo detalle nos muestra la implementación de los ventiladores mecánicos de techo propuestos en las aulas, y sus especificaciones técnicas.

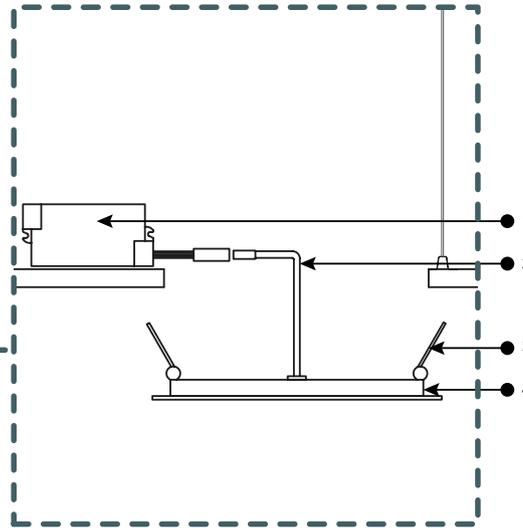
P.142



## Detalle arquitectónico 2

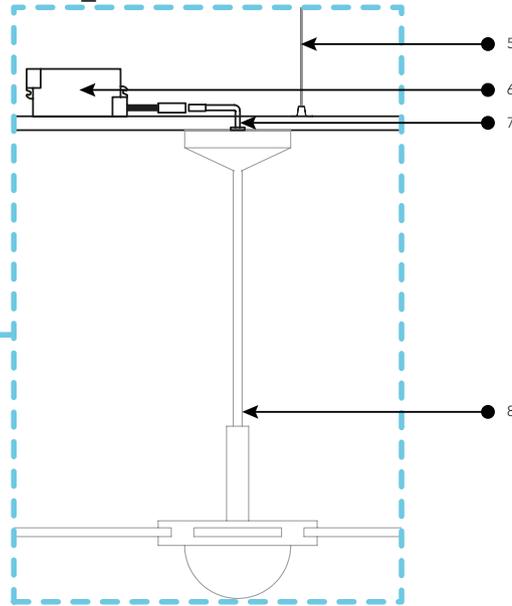


## D2\_Luminarias



1. Controlador de luz.
2. Cableado de conexión.
3. Seguros de sujeción.
4. Lámpara LED de bajo consumo.

## D2\_Ventilador de techo



5. Anclaje de cielo raso.
6. Controlador de energía.
7. Cableado de conexión.
8. Ventilador de techo de bajo consumo.

## Presupuesto general alternativa 2.

Complementariamente a los detalles constructivos de las estrategias, se plantea la elaboración del presupuesto total de la alternativa, con la finalidad de proveer los materiales y elementos constructivos necesarios para la realización de cada una de estrategias establecidas.

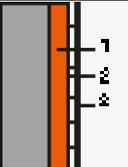
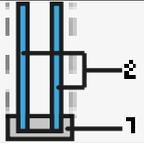
Para ello se toman los valores referenciales propuestos por la Revista Construcción N°279. Enero-Marzo 2023. (Cámara de la Industria de la Construcción 2023), los cuales incluyen costos operativos, de mano de obra especializada y los materiales.

Estos valores son resultantes de los precios referenciales y de los metros cuadrados y valores unitarios necesarios en las distintas estrategias expuestas. Dando como resultado un valor aproximado en relación al total de intervención.

Elemento	Estrategia	
Confort térmico	Cubierta	Aislamiento continuo
	Muros	Aislamiento continuo
	Carpintería	Rotura de puentes térmicos
Confort Lumínico	Cielos rasos reflectivos	
	Colores claros en paredes	
Calidad de aire y ventilación	Ventilación mecánica	
Instalaciones eléctricas	Luminarias de alta eficiencia	
	Disminución consumo eléctrico	

\*Valores referenciales tomados de la Revista Construcción N°279. Ene-M  
Elaborado por: El Autor.

Tabla 59. Presupuesto alternativa 2.

Alternativa 2					
	Material	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
	Aislamiento: Poliestireno expandido.	m <sup>2</sup>	679,956 m <sup>2</sup>	\$ 13,74	\$ 9.342,59
	Recubrimiento: Mortero impermeabilizante.	m <sup>2</sup>	679,956 m <sup>2</sup>	\$ 6,87	\$ 4.671,29
	Acabado: Pintura impermeabilizante.	m <sup>2</sup>	679,956 m <sup>2</sup>	\$ 16,67	\$ 2.719,82
	Aislamiento: Poliestireno expandido.	m <sup>2</sup>	662,954 m <sup>2</sup>	\$ 13,74	\$ 9.108,98
	Recubrimiento: Mortero de cemento.	m <sup>2</sup>	662,954 m <sup>2</sup>	\$ 6,87	\$ 4.554,49
	Acabado: Placa de fibrocemento. (1.22X2.44X14mm)	U	662,954 m <sup>2</sup>	\$ 32,62	\$ 21.625,55
	Ventana de PVC fija y doble vidrio flotado 4mm.	m <sup>2</sup>	174,96 m <sup>2</sup>	\$ 60,39	\$ 10.565,83
	Pintura de cielo raso	m <sup>2</sup>	408,82 m <sup>2</sup>	\$4,26	\$ 1.741,57
	Pintura	m <sup>2</sup>		\$ 2,48	\$
	Ventilador de techo de alta eficiencia. 42"	U	24 u	\$ 92,80	\$ 2.227,2
	Luminaria Lumipanel LED 1.20X0.60.	U	96 u	\$ 83,69	\$ 8.034,24
	Sensores de ocupación	U	24 u	\$ 27,60	\$ 662,4
	Paneles fotovoltaicos monocristalinos.	U	50 u	\$ 129,99	\$ 6.499,5
marzo 2023. Cámara de la Industria de la Construcción 2023*			<b>Valor total intervención</b>		<b>\$ 81.753,46</b>

## Alternativa 3

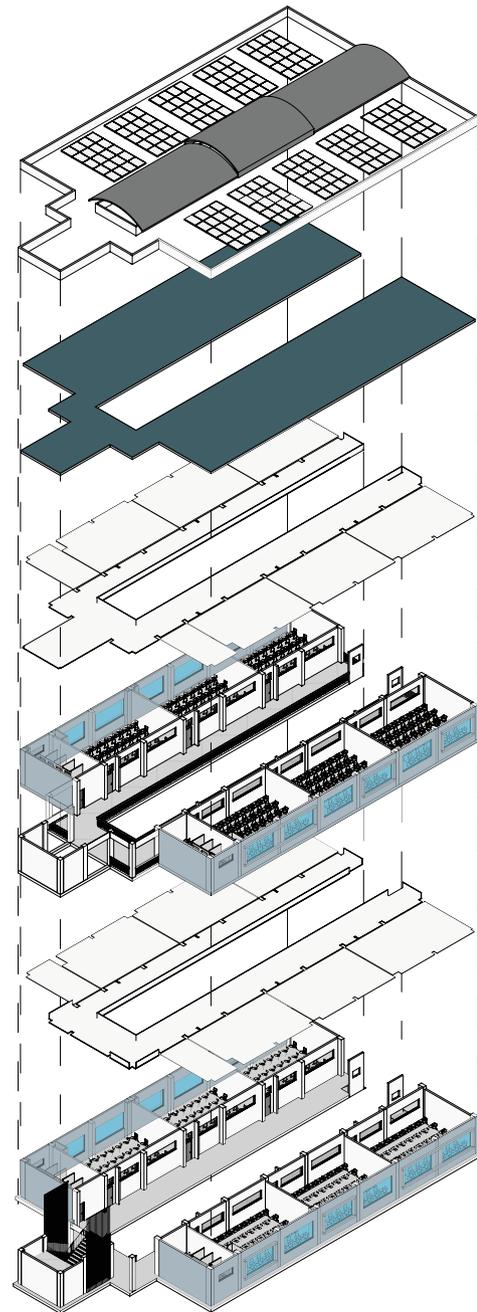
En el caso de esta alternativa se detallan las estrategias propuestas como lo son la colocación de aislamientos en la cubierta y muros. Así mismo la forma en que se implementará la carpinterías y tipos de vidrios en las ventanas.

Esto con el objetivo de especificar su proceso constructivo, materiales y especificaciones técnicas.

**Tabla 60. Síntesis alternativa 3.**

Alternativa 3		
Elemento	Estrategia	Material
Confort térmico	Cubierta: Aislamiento continuo	Aislamiento: Poliestireno extruido.
		Recubrimiento: Mortero impermeabilizante.
		Acabado: Pintura impermeabilizante.
	Muros: Aislamiento continuo	Aislamiento: Poliestireno extruido.
		Recubrimiento: Mortero de cemento.
		Acabado: Pintura.
Carpintería: Rotura de puentes térmicos	Ventana de aluminio natural y doble vidrio flotado 4mm.	
Confort Lumínico	Readecuación de carpinterías y vidrios.	Sellante: Silicón.
Calidad de aire	Ventilación mecánica	Ventilador de techo de alta eficiencia 30".
Instalaciones eléctricas	Luminarias de alta eficiencia	Luminaria Lumipanel LED 1.20X0.60.
	Disminución consumo eléctrico	Paneles fotovoltaicos de capa fina.

Elaborado por: El Autor.

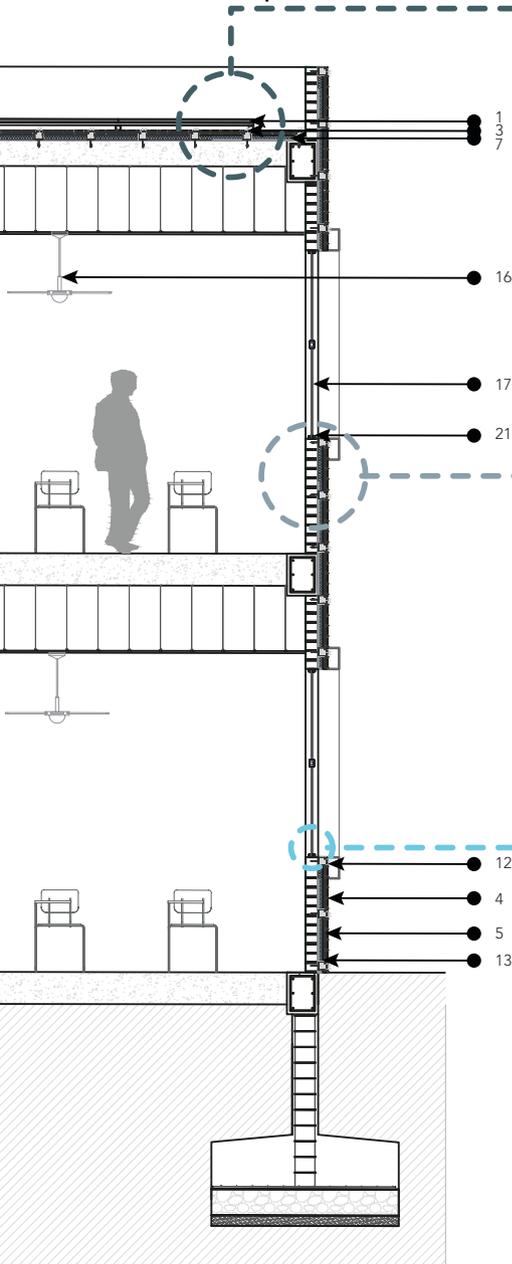


 Cubierta: Aislamiento continuo.

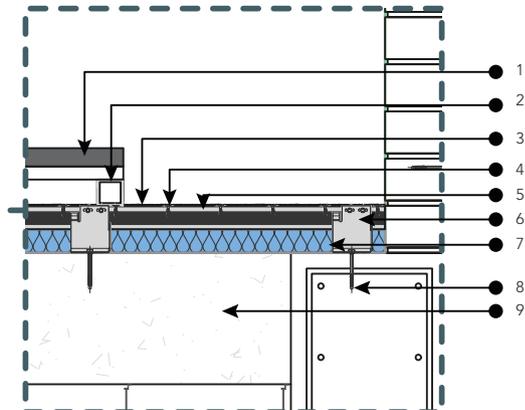
 Muros: Aislamiento continuo.

 Carpintería: Rotura de puentes térmicos.

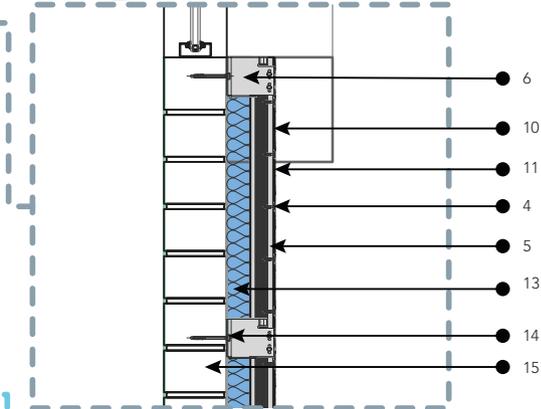
## Detalle arquitectónico 1



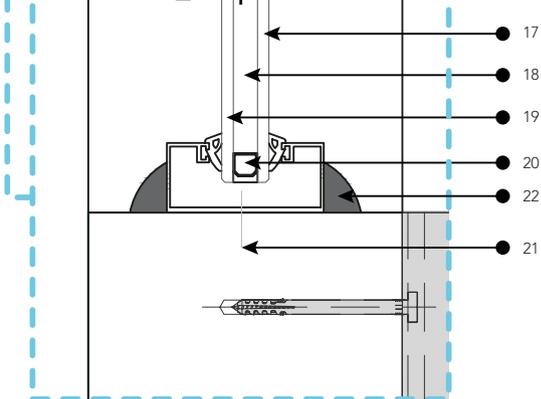
## D1\_Aislamiento de cubierta



## D1\_Aislamiento de muros



## D1\_Carpinterías



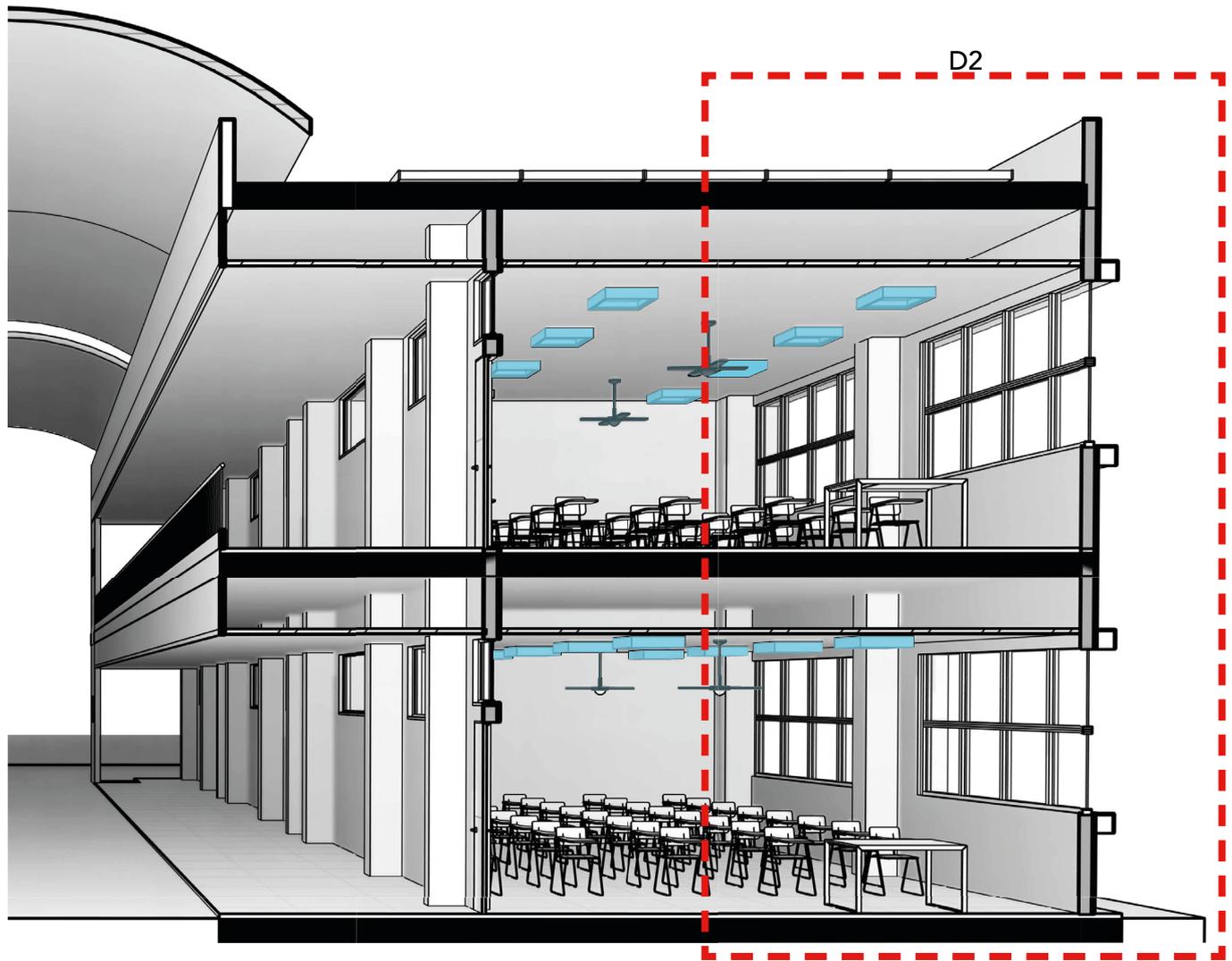
1. Panel Solar.
2. Montante de panel solar.  
Tubo rectangular 5cmx5cmx0.05cm.
3. Membrana de caucho impermeabilizante.
4. Tornillo de placa montante 2".
5. Montante de aluminio T.
6. Ménsula de acero inoxidable.
7. Poliestireno extruido.  
Plancha 200cm x 100cm, e=50mm.
8. Tornillo de anclaje 3".
9. Cubierta plana no transitable.
10. Malla de fibra de vidrio.
11. Revoque de mortero de cemento.
12. Acabado: Pintura.
13. Poliestireno extruido.  
Plancha 200cm x 100cm, e=40mm.
14. Tornillo de anclaje a mampostería 3".
15. Mampostería de ladrillo.
16. Ventilador de techo reversible.
17. Vidrio externo.  $U=2,7W/m^2k$ .
18. Cámara interna de aire.
19. Vidrio interno.  $U=2,7W/m^2k$ .
20. Varilla aislante.
21. Marco de aluminio natural.
22. Silicón de sellado de juntas.

De igual manera se procede a generar los detalles constructivos de las estrategias de ventilación e iluminación.

techo propuesto con sus respectivas especificaciones técnicas y características.

En el primer detalle se muestra las luminarias propuestas y su especificaciones técnicas.

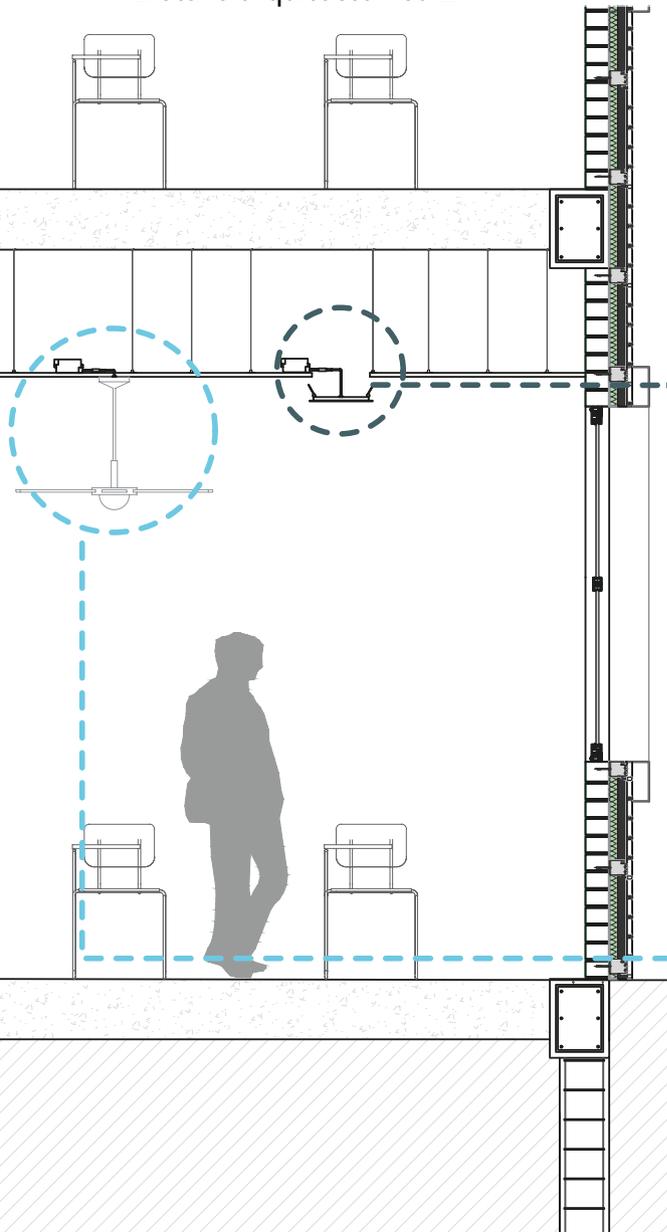
El segundo detalle nos muestra la colocación del ventilador de



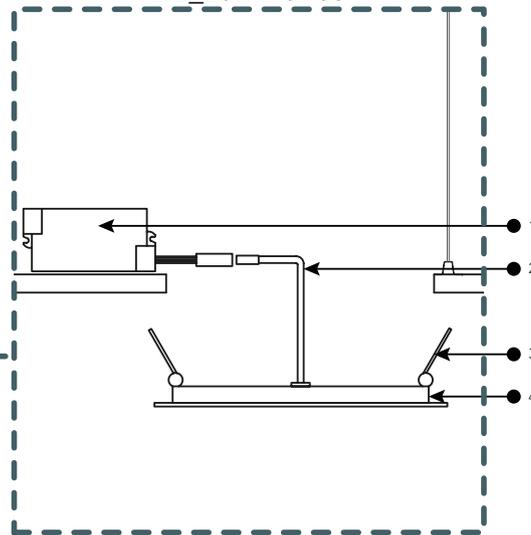
 Ventilación mecánica.

 Luminarias de alta eficiencia.

## Detalle arquitectónico 2

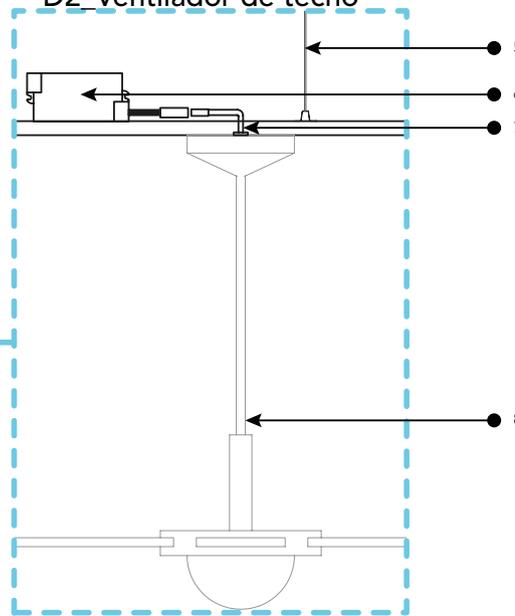


## D2\_Luminarias



1. Controlador de luz.
2. Cableado de conexión.
3. Seguros de sujeción.
4. Lámpara LED de bajo consumo.
5. Anclaje de cielo raso.
6. Controlador de energía.
7. Cableado de conexión.
8. Ventilador de techo de bajo consumo.

## D2\_Ventilador de techo



### Presupuesto general alternativa 3.

Complementariamente a los detalles constructivos de las estrategias, se plantea la elaboración del presupuesto total de la alternativa, con la finalidad de proveer los materiales y elementos constructivos necesarios para la realización de cada una de estrategias establecidas.

Para ello se toman los valores referenciales propuestos por la Revista Construcción N°279. Enero-Marzo 2023. (Cámara de la Industria de la Construcción 2023), los cuales incluyen costos operativos, de mano de obra especializada y los materiales.

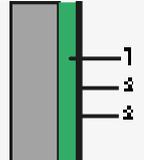
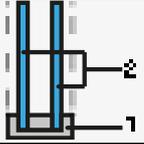
Estos valores son resultantes de los precios referenciales y de los metros cuadrados y valores unitarios necesarios en las distintas estrategias expuestas. Dando como resultado un valor aproximado en relación al total de intervención.

Elemento	Estrategia	
Confort térmico	Cubierta	Aislamiento continuo
	Muros	Aislamiento continuo
	Carpintería	Rotura de puentes térmicos
Confort Lumínico	Readecuación de carpinterías y vidrios	
Calidad de aire y ventilación	Ventilación mecánica	
Instalaciones eléctricas	Luminarias de alta eficiencia	
	Disminución consumo eléctrico	

\*Valores referenciales tomados de la Revista Construcción N°279. Ene-M

Elaborado por: El Autor.

Tabla 61. Presupuesto alternativa 3.

Alternativa 3					
	Material	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
	Aislamiento (1): Poliestireno extruido.	m <sup>2</sup>	679,956 m <sup>2</sup>	\$ 15,18	\$ 10.321,73
	Recubrimiento (2): Mortero impermeabilizante.	m <sup>2</sup>	679,956 m <sup>2</sup>	\$ 6,87	\$ 4.671,29
	Acabado (3): Pintura impermeabilizante.	m <sup>2</sup>	679,956 m <sup>2</sup>	\$ 16,67	\$ 2.719,82
	Aislamiento (1): Poliestireno extruido.	m <sup>2</sup>	662,954 m <sup>2</sup>	\$ 15,18	\$ 10.063,64
	Recubrimiento (2): Mortero de cemento.	m <sup>2</sup>	662,954 m <sup>2</sup>	\$ 6,87	\$ 4.554,49
	Acabado (3): Pintura.	m <sup>2</sup>	662,954 m <sup>2</sup>	\$ 2,94	\$ 1.949,08
	Ventana de aluminio natural (1) y doble vidrio flotado 4mm (2).	m <sup>2</sup>	174,96 m <sup>2</sup>	\$ 56,37	\$ 9.862,49
	Sellante: silicón	U	48 u	\$ 4,16	\$ 199,68
	Ventilador de techo de alta eficiencia. 30"	U	24 u	\$ 91,65	\$ 2.199,6
	Luminaria Lumipanel LED 1.20X0.60.	U	96 u	\$ 83,69	\$ 8.034,24
	Paneles fotovoltaicos de capa fina.	U	50 u	\$ 97,30	\$ 4.865
				<b>Valor total intervención</b>	<b>\$ 59.441,06</b>

## 5.5. Análisis de factibilidad de las alternativas propuestas.

Se realiza un análisis de factibilidad de las alternativas propuestas en función de determinar la estrategia más viable en para aplicar en el bloque de aulas prototipo.

Empezando por la factibilidad técnica y operativa en relación a

materiales y mano de obra necesarias para la ejecución de las estrategias propuestas.

De igual manera la factibilidad comercial en relación con la facilidad de adquisición de los materiales y elementos necesarios,

**Tabla 62. Análisis de factibilidad.**

Alternativas	Resumen de estrategias	Factibilidad	
		Técnica y operativa	Comercial
Alternativa 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicación de aislamiento de espuma rígida de poliuretano en Cubierta y Muros externos del bloque.</li> <li>- Cambio de carpinterías por aluminio RPT y doble vidrio.</li> <li>- Aplicación de repisas de luz en ventanas.</li> <li>- Reubicación de puntos de luz en cielo raso.</li> <li>- Cambio de ventanas accionables, por ventanas pivotantes de aluminio RPT y doble vidrio.</li> <li>- Aplicación de luminarias LED de alta eficiencia.</li> <li>- Aplicación de sensores de atenuación de luz.</li> <li>- Aplicación de paneles fotovoltaicos policristalinos en cubierta.</li> </ul>	Para la aplicación de esta alternativa es necesaria mano de obra y equipos técnicos especializados para la colocación de los aislamientos, ventanas y paneles fotovoltaicos, de manera que estos cumplan de manera optima sus funciones. De esta manera es factible su operabilidad con la mano de obra y equipos necesarios.	Los materiales y elementos propuestos para la presente alternativa si se encuentran disponibles en el mercado nacional, sin embargo, en elementos como carpinterías y paneles fotovoltaicos existen menos distribuidores, lo que genera de cierta manera dificultades en su accesibilidad.
Alternativa 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicación de aislamiento de Poliestireno expandido en Cubierta y Muros externos del bloque.</li> <li>- Cambio de carpinterías por PVC y doble vidrio.</li> <li>- Aplicación de pintura reflectante en cielo raso.</li> <li>- Aplicación de pintura con colores claros en paredes internas.</li> <li>- Aplicación de ventilación mecánica de techo de alta eficiencia.</li> <li>- Aplicación de luminarias LED de alta eficiencia.</li> <li>- Aplicación de sensores de ocupación.</li> <li>- Aplicación de paneles fotovoltaicos monocristalinos en cubierta.</li> </ul>	Al igual que la primera alternativa esta es factible en el ámbito técnico y operativo ya que en la industria de la construcción existe mano de obra especializada para trabajar con los materiales propuestos. Sin embargo, su ejecución conlleva más tiempo debido a la fachada ventilada propuesta en el bloque y por el mayor número de mano de obra especializada necesaria.	Al igual que la primera alternativa en el mercado ecuatoriano se encuentran existentes los materiales propuestos, sin embargo, en elementos como los paneles fotovoltaicos existen pocos distribuidores, lo que afecta su total factibilidad de adquisición.
Alternativa 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicación de aislamiento de Poliestireno extruido en Cubierta y Muros externos del bloque.</li> <li>- Readecuación de ventanas existentes e implementación de doble vidrio.</li> <li>- Aplicación de sellante de silicón en ventanas.</li> <li>- Aplicación de ventilación mecánica de techo de alta eficiencia.</li> <li>- Aplicación de luminarias LED de alta eficiencia.</li> <li>- Aplicación de paneles fotovoltaicos de capa fina en cubierta.</li> </ul>	Esta alternativa se constituye de intervención de menor nivel, sin embargo, en el medio existen los recursos humanos para ejecutar las actividades propuestas.	Esta última alternativa propuesta cumple con la facilidad de adquisición de los materiales en el mercado local y nacional, debido a que sus niveles de adquisición y por ende existe variedad de distribuidores

Elaborado por: El Autor.

y si estos se encuentran existentes en nuestro mercado nacional y local.

Como último punto se analiza su factibilidad económica, tomando en cuenta los presupuestos realizados en etapas pre-

vias, para relacionar sus valores totales.

Este análisis se complementa con la identificación de ventajas y desventajas de cada una de estas alternativas, en función de que nos permitan determinar la más beneficiosa.

Económica	Ventajas	Desventajas
<p>Económicamente esta alternativa presenta un valor elevado debido a algunos de los materiales propuestos, y por la mano de obra y equipos necesarios para las emplearlas en el proyecto. Materiales como carpinterías, aislamientos y paneles fotovoltaicos son los que mayores valores genera.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Comercial:</b> Los materiales y elementos necesarios son accesibles en el medio.</li> <li>- <b>Económica:</b> Su valor es elevado, sin embargo, esta alternativa es la intermedia entre las tres propuestas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Técnica y operativa:</b> Es necesaria mano de obra especializada para la colocación de algunas estrategias, lo que genera inconvenientes en la parte técnica y operativa, y a su vez incrementa los costos totales.</li> </ul>
<p>Esta alternativa es la más costosa en función de que algunos de sus materiales tienen precios elevados debido a que no existe variedad de distribuidores en el país, de igual manera la necesidad de mano de obra especializada eleva los costos de aplicación de cada una de las estrategias en el bloque de aulas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Técnica y operativa:</b> Existe la mano de obra especializada necesaria, sin embargo, su ejecución toma mayor tiempo e incrementa costos.</li> <li>- <b>Comercial:</b> Los elementos y materiales necesarios si son accesibles a nivel nacional.</li> <li>- En esta alternativa los parámetros de confort del bloque de aulas mejoran y obtiene valores que se encuentran dentro de los expuestos por las normativas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Económica:</b> Los materiales para la aplicación de esta alternativa y la mano de obra necesaria es costosa debido a que es especializada en la instalación de algunas estrategias, es por ello que el valor total de implementación de las estrategias es el más elevado en comparación con la alternativa 1 y 3.</li> </ul>
<p>Su valor total es el menor en relación a las dos anteriores, esto debido a que su nivel de intervención es menor. Siendo la propuesta más factible económicamente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Técnica y operativa:</b> Las herramientas y mano de obra necesarias son accesibles.</li> <li>- <b>Comercial:</b> Es más factible comercialmente debido a que existen mayor variedad de los elementos necesarios en el mercado de la construcción.</li> <li>- <b>Económica:</b> Es la alternativa más económica, debido a los elementos y materiales empleados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Con la aplicación de las estrategias de esta alternativa, los niveles de confort dentro de las aulas de clases no mejoran, y por ende no cumplen con los parámetros expuestos por las normativas.</li> </ul>

Una vez obtenidos los resultados del análisis de factibilidad se puede observar que la aplicación de la Alternativa 1 es factible en términos técnicos, operativos y comerciales. Sin embargo su valor es elevado debido a mano de obra y equipos especializados.

De igual manera la Alternativa 3 en el ámbito técnico-operativo, comercial y económico es la más factible. A pesar de esto, esta alternativa no resulta ser la que mejora las condiciones internas del bloque de aulas, esto debido a las propiedades de los materiales y elementos propuestos para su intervención.

Finalmente la Alternativa 2 es factible de manera técnica-operativa y comercial, ya que económicamente esta representa el valor más elevado de las tres propuestas. Esto como resultado a que las estrategias llevan mayor tiempo de ejecución y a su vez la necesidad de mano de obra especializada incrementan los costos operativos.

A pesar de ello, esta alternativa es la que mejora los valores de confort del bloque de aulas, manteniendo los mismos dentro de los parámetros expuestos por las normativas tomadas como referencia. Siendo así esta la más viable y la seleccionada para la mejora del bloque de aulas prototipo.

## 5.6. Síntesis y resultados de la alternativa seleccionada (Alternativa 2).

Con la finalidad de documentar los procesos de mejora, se realiza la comparación mediante imágenes del estado actual, e imágenes de las estrategias aplicadas en el bloque de aulas seleccionado, de manera que se visualicen los cambios y mejoras ya aplicadas en el bloque.

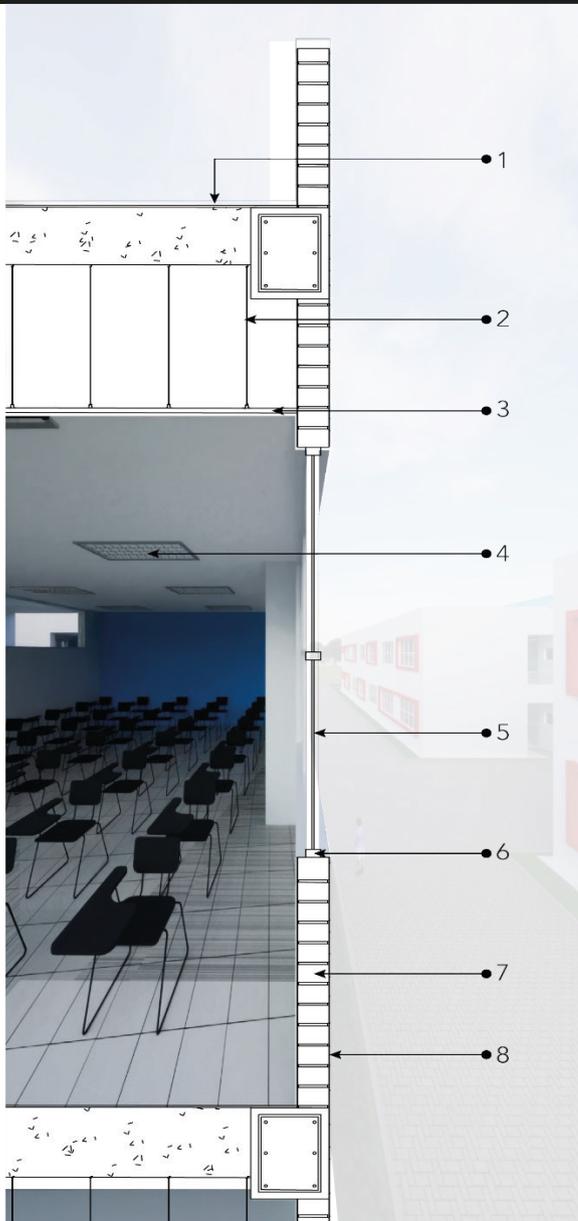
### Confort Térmico

Con el objetivo de mejorar el rendimiento energético y confort dentro de los espacios, se plantea la generación de una fachada ventilada y la aplicación de aislamiento en muros de fachada y en la cubierta. De igual manera se aplica carpintería de PVC con el fin de evitar puentes térmicos.

- |                                   |                               |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| 1. Cubierta plana no transitable. | 9. Panel Solar.               |
| 2. Soporte de cielo raso.         | 10. Membrana de caucho.       |
| 3. Cielo raso.                    | 11. Poliestireno expandido.   |
| 4. Lámparas fluorescentes.        | 12. Lámparas panel LED.       |
| 5. Vidrio flotado 6mm.            | 13. Doble vidrio flotado 4mm. |
| 6. Carpintería de aluminio.       | 14. Carpintería de PVC.       |
| 7. Mampostería de ladrillo.       | 15. Cámara de aire.           |
| 8. Revoque y acabado.             | 16. Placa de fibrocemento.    |

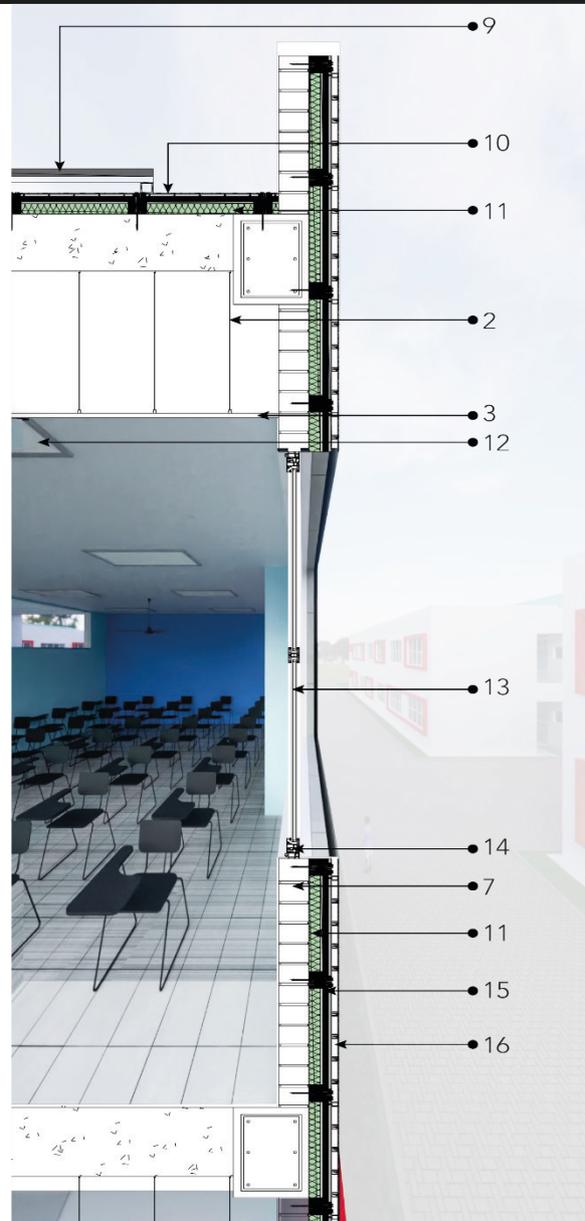
Tabla 63. Resultados Confort térmico.

Estado Actual



Sin aislamiento | Temperatura interior: 17,88°C

Propuesta



Aislamiento envolvente | Temperatura interior: 24,06°C

### Confort Lumínico

A través de la aplicación de colores claros en paredes y con la colocación de cielo raso reflectivo mejorar la iluminación y distribución de la luz en el interior de las aulas de clases.

### Calidad de aire y ventilación

Con el objetivo de mejorar la calidad de aire, se plantea la aplicación de ventiladores de techo de alta eficiencia con la finalidad de que la ventilación sea óptima dentro de las aulas.

Tabla 64. Resultados Confort lumínico y calidad de aire.

Estado Actual

Propuesta



Cielo raso estado actual



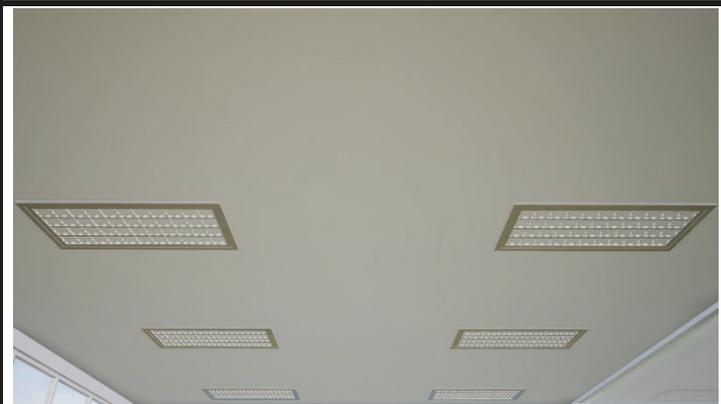
Cielo raso reflectivo



Colores en paredes estado actual | Lúmenes: 300-3500 lux



Colores claros en paredes | Lúmenes: 300-1200 lux



Humedad relativa: 60%



Ventiladores de techo | Humedad relativa: 50%

### Instalaciones eléctricas

Para disminuir el consumo energético del bloque de aulas, se plantea el cambio de las luminarias existentes, por luminarias led de alta eficiencia y a su vez la aplicación de paneles fotovoltaicos en su cubierta para la generación de energía in situ.

Elaborado por: El Autor.

Tabla 65. Resultados instalaciones eléctricas.

Estado Actual

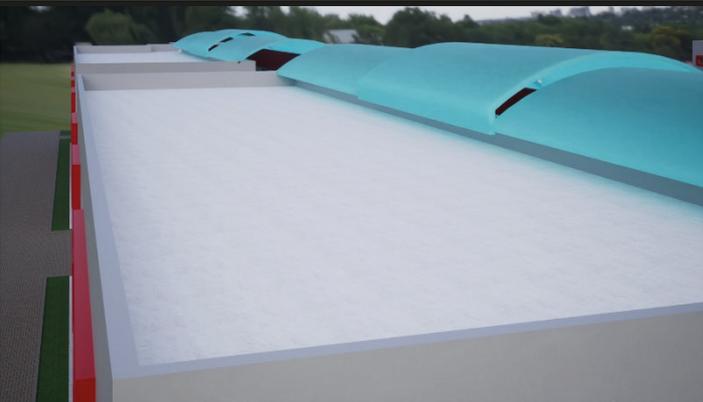


Luminarias actuales

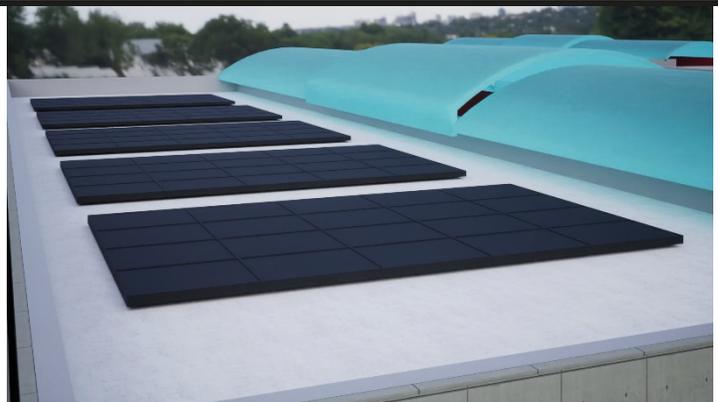
Propuesta



Luminarias LED



Cubierta estado actual | Consumo: 51 MWh/a



Paneles fotovoltaicos cubierta | Consumo: 9 MWh/a

# CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

## 6.1. Conclusiones

La problemática a la que se enfrentan actualmente las Unidades Educativas del Milenio es debido a su modelo prototipo de infraestructura, ya que para su diseño y construcción se toman en cuenta estándares estructurales, hidrosanitarios, mecánicos, eléctricos, electrónicos y ambientales, en este último no se profundiza en los criterios de confort considerando sus variaciones a medida que estas infraestructuras prototipo se replican en el país. En función de ello la investigación buscó realizar un análisis mediante metodología BIM 6D del estado actual de un bloque de aulas, y desarrollar una propuesta de intervención en el mismo para mejorar el comportamiento energético de la edificación.

La revisión bibliográfica permitió conceptualizar e identificar los tipos de equipamientos educativos, su funcionamiento y características, en función de comprender el desarrollo diario de sus actividades. Así mismo permitió conocer como cada tipo de confort influye en el correcto desarrollo de los usuarios, ya que existen distintos parámetros que los determinan y permiten que los ambientes sean agradables, cómodos y productivos. De igual manera se determinaron las bases normativas, e identificaron los rangos óptimos de confort a los que se debe llegar dentro de los ambientes educativos para el desarrollo eficiente de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Siendo estos, confort térmico (23-30°C), lumínico (300-2000lux), calidad de aire (Humedad relativa 40-50%), e instalaciones eléctricas (270 MWh/a); valores que sirvieron de guía para la propuesta de intervención del bloque de aulas prototipo de la unidad educativa.

Conocer el entorno de trabajo de la metodología BIM respecto al almacenamiento de información de los procesos constructivos en las diferentes etapas del ciclo de vida de un proyecto permitió comprender que la dimensión 6D es la que analiza la gestión de recursos y consumo energético. En el caso del bloque de aulas prototipo seleccionado al ser un proyecto en funcionamiento permitió conocer las falencias respecto al comportamiento térmico, lumínico y su consumo energético, para posteriormente generar una propuesta de intervención en el mismo.

El modelado detallado de la probeta virtual en el software EnergyPlus en Revit permitió realizar la simulación energética del bloque de aulas seleccionado, mediante el cual se conocieron los resultados del estado actual del confort dentro de las aulas. Valores que una vez relacionados con los establecidos

por las bases normativas no cumplen con los parámetros de confort óptimos para el desarrollo de los procesos de aprendizaje y enseñanza. Llegando a los siguientes resultados: Confort térmico (17.88°C), confort lumínico (300-8500lux), calidad de aire (Humedad relativa 60%), instalaciones eléctricas (51MWh/a).

Para la propuesta de intervención se plantearon tres alternativas con distintas estrategias de mejora que son evaluadas a través de la probeta virtual. Esto con el objetivo de conocer cual de ellas mejora los distintos parámetros de confort según las distintas normas analizadas y cual de ellas es más viable en función de su ejecución. Los resultados de las alternativas son:

**Tabla 66. Resultados alternativas.**

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Confort térmico (Temperatura interior)	15.35°C	24.06°C	17.88°C
Confort lumínico (Nivel de iluminación)	300-1300 lux	300-1200 lux	300-1050 lux
Calidad de aire y ventilación (Humedad relativa)	50%	50%	50%
Instalaciones eléctricas (Consumo energético)	12 MWh/a	9 MWh/a	18 MWh/a

Elaborado por: El Autor.

El análisis de alternativas permitió determinar que la alternativa 2 es la que mejora los rangos de confort en el bloque de aulas prototipo seleccionado, debido a que genera un incremento de 6,18 puntos en la temperatura interna con respecto al confort térmico; en el confort lumínico disminuyó 7300 lúmenes en los niveles de iluminación que generaban deslumbramiento; en la calidad de aire y ventilación disminuyó 10% la humedad relativa; y en las instalaciones eléctricas disminuyó 42 MWh/a al consumo eléctrico del bloque de aulas. Constituyéndose como la más factible de aplicar debido a la mejora en los parámetros de confort, y por su factibilidad técnica, operativa y comercial.

Finalmente, la propuesta de rehabilitación energética permitió al bloque de aulas prototipo seleccionado llegar a los rangos adecuados de confort expuestos por las bases normativas (NEC, Geeduc, Ashrae), y a determinar que esta alternativa de mejora se puede replicar en los otros bloques de aulas prototipo de la unidad educativa.

## 6.2. Recomendaciones

Se recomienda a los estudiantes y futuros investigadores:

- Revisar bases normativas enfocadas en la eficiencia energética de las edificaciones, de manera que éstas sirvan de guía para la elaboración de sus propuestas de diseño, valorando su comportamiento térmico y consumo energético logrando la ejecución eficaz de los mismos.

A los profesionales del sector de la construcción:

- Se recomienda que en las etapas de diseño de sus proyectos se realicen simulaciones del confort ambiental y consumo energético con la finalidad de enfocar su diseño de acuerdo a la zona climática y mejorar su gestión de recursos, de manera que se logren ambientes productivos y confortables dentro de las edificaciones.

Se recomienda a las entidades gubernamentales:

- Complementar las normas técnicas y manuales de construcción de las Unidades Educativas del milenio con lineamientos más detallados respecto a los rangos óptimos de confort dentro de las aulas de clases, tomando en cuenta factores como su ubicación, zona climática, tipología, entre otros.
- Desarrollar documentos técnicos y normativos enfocados especialmente en la eficiencia energética de los equipamientos educativos, que sirvan de guía para el desarrollo de aulas con alto desempeño energético y estándares superiores de confortabilidad.
- Revisar la Norma Ecuatoriana de la Construcción existente y complementarla con los rangos óptimos de confort que debe existir dentro de las edificaciones, en función de que esta sirva de guía para desarrollar proyectos eficientes en terminos de rendimiento y comportamiento energético.

### 6.3. Índice

Tabla 1. Proceso de metodología.	19
Tabla 2. Estado del arte.	21
Tabla 3. Tipos de equipamientos.	22
Tabla 4. Características de los Equipamientos Educativos.	23
Tabla 5. Parámetros que determinan el confort ambiental.	24
Tabla 6. Criterios de eficiencia y desempeño energético.	25
Tabla 7. Estrategias activas aplicables para lograr la eficiencia energética.	26
Tabla 8. Estrategias pasivas aplicables para lograr la eficiencia energética.	27
Tabla 9. Aspectos que definen las envolventes.	27
Tabla 10. Tipos de envolventes.	28
Tabla 11. Dimensiones del BIM.	29
Tabla 12. Norma Ecuatoriana de la Construcción.	31
Tabla 13. Normas y estándares (UNESCO).	32
Tabla 14. Estándares de infraestructura educativa.	33
Tabla 15. Guía de Eficiencia Energética para Establecimientos Educativos.	35
Tabla 16. Norma ASHRAE.	37
Tabla 17. Análisis de obra Liceo Comercial San Bernardo.	41
Tabla 18. Identificación de estrategias pasivas.	42
Tabla 19. Análisis de obra Sidwell Friends School.	44
Tabla 20. Identificación de estrategias activas.	45
Tabla 21. Identificación de estrategias pasivas.	46
Tabla 22. Regulación del uso de suelo.	59
Tabla 23. Análisis técnico constructivo.	71
Tabla 24. Criterios de diseño constructivo.	72
Tabla 25. Modelado de probeta virtual.	73
Tabla 26. Iluminación natural.	74
Tabla 27. Ventilación natural.	76
Tabla 28. Percepción sensorial.	78
Tabla 29. Confort térmico planta baja.	80
Tabla 30. Confort térmico planta alta.	82
Tabla 31. Humedad relativa.	84
Tabla 32. Confort lumínico fachada norte.	86
Tabla 33. Confort lumínico fachada sur.	88
Tabla 34. Calidad de aire.	90
Tabla 35. Iluminación artificial.	91
Tabla 36. Consumo energético.	92
Tabla 37. Síntesis del diagnóstico.	94
Tabla 38. Generación de acciones y estrategias.	98
Tabla 39. Estrategias alternativa 1.	100
Tabla 40. Confort térmico alternativa 1.	102
Tabla 41. Confort lumínico alternativa 1.	104

Tabla 42. Calidad de aire alternativa 1.	106
Tabla 43. Instalaciones eléctricas alternativa 1.	108
Tabla 44. Estrategias alternativa 2.	110
Tabla 45. Confort térmico alternativa 2.	112
Tabla 46. Confort lumínico alternativa 2.	114
Tabla 47. Calidad de aire alternativa 2.	116
Tabla 48. Instalaciones eléctricas alternativa 2.	118
Tabla 49. Estrategias alternativa 3.	120
Tabla 50. Confort térmico alternativa 3.	122
Tabla 51. Confort lumínico alternativa 3.	124
Tabla 52. Calidad de aire alternativa 3.	126
Tabla 53. Instalaciones eléctricas alternativa 3.	128
Tabla 54. Síntesis de estrategias.	130
Tabla 55. Síntesis acciones preliminares.	132
Tabla 56. Síntesis alternativa 1.	134
Tabla 57. Presupuesto alternativa 1.	138
Tabla 58. Síntesis alternativa 2.	140
Tabla 59. Presupuesto alternativa 2.	144
Tabla 60. Síntesis alternativa 3.	146
Tabla 61. Presupuesto alternativa 3.	150
Tabla 62. Análisis de factibilidad.	152
Tabla 63. Resultados confort térmico.	154
Tabla 64. Resultados confort lumínico y calidad de aire.	156
Tabla 65. Resultados instalaciones eléctricas.	158
Tabla 66. Resultados alternativas.	161

Imagen 1. Unidad Educativa del Milenio Bernardo Valdivieso.	14
Ilustración 1. Flujo de trabajo de Revit y EnergyPlus.	30
Ilustración 2. Metodología de análisis de referentes.	39
Ilustración 3. Metodología de análisis de sitio.	49
Ilustración 4. Metodología de análisis del proyecto arquitectónico.	50
Ilustración 5. Datos generales.	51
Ilustración 6. Accesibilidad vial, transporte público.	52
Ilustración 7. Relación con equipamientos similares.	53
Ilustración 8. Tamaño y forma del predio.	54
Ilustración 9. Topografía.	55
Ilustración 10. Hidrografía.	56
Ilustración 11. Uso de suelos.	57
Ilustración 12. Vanos y llenos.	58
Ilustración 13. Percepción sensorial.	60
Ilustración 14. Cronología UEM Bernado Valdivieso.	61
Ilustración 15. Emplazamiento de bloques.	62
Ilustración 16. Accesibilidad vial.	63
Ilustración 17. Topografía.	64
Ilustración 18. Bloques de aulas.	65
Ilustración 19. Bloque seleccionado.	66
Ilustración 20. Emplazamiento.	67
Ilustración 21. Soleamiento.	68
Ilustración 22. Etapas de proceso de diseño.	97
Ilustración 23. Metodología de diseño detallada.	97

## 6.4. Bibliografía

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2013). Informe de seguimiento y evaluación del proyecto Unidades Educativas del Milenio Zona4-Pacífico.

Cedeño, J. & Donoso, M. (2010). Atlas pluviométrico del Ecuador. Guayaquil: Unesco.

Yunus A, C., & Afshin J, G. (2011). Transferencia de calor y masa. Fundamentos y aplicaciones. (Cuarta). The McGraw-Hill Companies, Inc.

Coloma Picó, E. (2008). Introducción a la tecnología BIM (Primera). Departament d'Expressió Gràfica Arquitectònica I, Secció de Geometria Descriptiva, ETSAB, UPC.

de Jong, T. M., & van der Voordt, D. J. M. (2002). Ways to Study and Research Urban, Architectural and Technical Design. DUP Science.

Arias Galicia, F. (2017). Metodología de la investigación. (Séptima) Trillas Editorial.

Montiel-Santiago, F. J., Hermoso-Orzáez, M. J., & Terrados-Cepeda, J. (2020). Sustainability and energy efficiency: Bim 6d. study of the bim methodology applied to hospital buildings. value of interior lighting and daylight in energy simulation. Sustainability (Switzerland).

Ledesma Hidalgo, G., & Rivera Lara, R. (2018). Análisis de confort térmico en escuelas del milenio. Caso Quito y Babahoyo.

Ré, G., & Filippín, C. (2021). Evaluación energética y rehabilitación de la envolvente edilicia de una escuela en zona bioambiental templada cálida, Argentina. Informes de La Construcción.

Montoya, O. L. (2019). Confort térmico en aulas escolares del trópico a partir de la aplicación de estrategias de diseño bioclimáticas pasivas.

Romaña, T. (2014.). Arquitectura y educación: perspectivas y dimensiones.

Garzón Becerra, L. A. (2014). Equipamiento Educativo. El Rincón del Arte y la Creatividad.

Ministerio de Educación del Ecuador (2017). Ley Orgánica de Educación Intercultural.

SENPLADES. (2011). Evaluación exploratoria de las Unidades Educativas del Milenio.

Ministerio de Educación. (2015). Normas técnicas y estándares para la construcción y repotenciación de infraestructura educativa.

Agencia Chilena de Eficiencia Energética. (2012). Guía de Eficiencia Energética para Establecimientos Educativos (Primera). CITEC UBB.

Fundación de la energía de la comunidad de Madrid. (2012). Guía del estándar Passivhaus. [www.madrid.org](http://www.madrid.org)

Revista Tectónica (1996). Envolventes.

Cámara Chilena de la Construcción. (2017). Guía inicial para implementar BIM en las organizaciones. (1º Edición).

Consejo General de la Arquitectura Técnica de España. (2020). Guía Técnica BIMAT para la arquitectura técnica.

Ibáñez Archilla, A. (2021). Guía de implementación BIM enfocada en la dimensión 6D.

Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2018). NEC – Eficiencia Energética.

Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2018). NEC – Climatización.

UNESCO. (1987). Normas y estándares para las construcciones escolares.

American Society of Heating, R. and A.-C. E. Inc. (2017). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, ASHRAE 55.

American Society of Heating, R. and A.-C. E. Inc. (2021). Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. ASHRAE 62.1.

Aguirre Collahuazo, JP. (2016). Aulario III de la Universidad de Alicante (1998-2000), Javier García-Solera Vera Análisis de proyecto arquitectónico.

LaGro, J. A. (2008). Site Analysis (2nd ed.).

Servicio de contratación de obras, SECOB. (2014). Especificaciones técnicas construcción Unidad Educativa del Milenio Bernardo Valdivieso.

Cross, N. (2002). Métodos de Diseño. Estrategias para el diseño de productos. LIMUSA WILEY.

Cámara de la Industria de la Construcción. (2023). Revista cámara de la industria de la construcción N°279. Enero-Marzo.

## 6.5. Anexos.

### El confort ambiental dentro de las aulas de clases

La presente encuesta se realiza en el marco del trabajo de fin de carrera previo a la obtención del título de arquitecto. La presente Tesis lleva por título: "Análisis 6D BIM y propuesta de rehabilitación energética de la infraestructura educativa pública en la ciudad de Loja. Caso de estudio: Unidad Educativa del Milenio "Bernardo Valdivieso". Esta encuesta pretende recabar información sobre el confort percibido por los estudiantes y docentes dentro de las aulas escolares. Por este motivo pido su colaboración para responder el presente cuestionario, cuya finalidad es académica. La encuesta es anónima y toda la información será confidencial. La información se presentará en los resultados de la investigación de manera global sin comunicar datos individuales. Lea cada pregunta atentamente y conteste con la mayor sinceridad, existen preguntas de selección múltiple y de una sola opción de respuesta.

#### CONFORT TÉRMICO

El confort térmico se basa en las condiciones internas en que los usuarios se encuentran cómodos y satisfechos.

1. **En este momento, ¿cómo calificarías la temperatura en el aula?**
  - a) Caliente. = 5%
  - b) Poco Caliente. = 20%
  - c) Neutral. = 33%
  - d) Poco Fría. = 39%
  - e) Fría. = 3%
2. **¿Cómo te sientes con la temperatura en el aula?**
  - a) Muy Frio. = 3%
  - b) Confortable, pero frio. = 43%
  - c) Confortable. = 34%
  - d) Confortable pero cálido. = 12%
  - e) Muy cálido. = 8%
3. **Para modificar el clima del aula usted:**
  - a) Abre la puerta y/o ventanas. = 64%
  - b) Usa ventiladores, aire acondicionado. = 0%
  - c) No usa nada. = 36%
4. **¿Qué actividad física estabas realizando hace media hora?**
  - a) Sentado. = 63%
  - b) Caminando. = 17%
  - c) Corriendo. = 14%
  - d) Jugando. = 6%
5. **¿Consideras que el número de estudiantes influye en el clima dentro del aula de clases?**
  - a) Si. = 67%
  - b) No. = 33%
6. **¿Cuál de los uniformes de la institución está usando ahora?**
  - a) Uniforme de cultura física completo. = 19%
  - b) Uniforme de cultura física sin chompa. = 20%
  - c) Uniforme formal completa. = 44%
  - d) Uniforme formal sin saco. = 17%

7. ¿Cómo considera el impacto solar en el aula de clases?

- a) Excesivo cálido. = 2%
- b) Confortable cálido. = 20%
- c) Neutral. = 47%
- d) Confortable fresco. = 29%
- e) Excesivo fresco. = 2%

8. Te gustaría que la temperatura fuera

- a) Más fría. = 24%
- b) Ningún cambio. = 37%
- c) Más cálida. = 39%

### CONFORT LUMÍNICO

El confort lumínico está conectado con la comodidad que tienen los usuarios dentro del aula respecto a la iluminación natural y artificial, como la cantidad y calidad de luz interna.

9. ¿Cómo valora la iluminación dentro del aula?

- a) Inaceptable. = 3%
- b) Aceptable. = 75%
- c) Excelente. = 22%

10. ¿Durante las horas de clases, es necesario encender los bombillos o lámparas?

- a) Si. = 41%
- b) No. = 59%

11. ¿Su puesto de trabajo en el aula de clases está libre de brillos o reflejos molestos?

- a) Si. = 61%
- b) No. = 39%

12. ¿Cómo calificaría el nivel de luz natural en el aula?

- a) Muy oscuro. = 0%
- b) Oscuro. = 8%
- c) Normal. = 78%
- d) Brillante. = 12%
- e) Muy brillante. = 2%

### CONFORT ACÚSTICO

13. ¿El interior del aula se escuchan ruidos de la calle y zonas exteriores de las aulas?

- a) Fuertes. = 36%
- b) Suaves. = 58%
- c) No se escuchan. = 6

14. ¿El ruido exterior afecta en su concentración?

- a) Si, afecta bastante. = 12%
- b) Si, afecta regularmente. = 31%
- c) Si, afecta poco. = 41%
- d) No afecta. = 16%

15. ¿En el interior del aula se escucha el ruido proveniente de las demás aulas?

- a) Si, bastante. = 42%

- b) Si, regular. = 32%
  - c) Si, muy poco. = 22%
  - d) No se escucha. = 4%
16. ¿Se encuentra usted cómodo en este ambiente respecto al nivel de ruido?
- a) Incomodo. = 29%
  - b) Neutro. = 59%
  - c) Cómodo. = 12%

#### CALIDAD DE AIRE Y VENTILACIÓN

17. ¿Usted al interior del aula siente corriente de aire?
- a) Si. = 71%
  - b) No. = 29%
18. Dentro de la edificación, usted siente que la temperatura del aire es:
- a) Frio. = 31%
  - b) Templado. = 66%
  - c) Caliente. = 3%
19. ¿Cómo califica la calidad de aire interior en el aula de clases?
- a) Limpio. = 19%
  - b) Relativamente limpio. = 10%
  - c) Neutral. = 59%
  - d) Relativamente malo. = 12%
  - e) Malo. = 0%
20. ¿Siente usted malos olores dentro del aula de clases debido a la ventilación?
- a) Si. = 61%
  - b) No. = 39%
21. ¿Se siente usted cómodo con las condiciones ambientales dentro del aula de clases?
- a) Descontento. = 29%
  - b) Neutral. = 56%
  - c) Satisfecho. = 15%