

CÁLCULO DE POTENCIA DE CALEFACCIÓN DEL LABORATORIO DE GEOLOGÍA Y UN SECTOR DE LA BIBLIOTECA (EDIFICIO DE AULAS) DE LA UNIV. CATÓLICA DE LA SMA.CONCEPCIÓN, PARA LA EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y PROPUESTA DE REDUCCION DE ÉSTA

D.Brito Hermosilla¹, F.González Monsalve² y F.Ferraro Castillo³

RESUMEN

En Chile, desde el año 2000, con la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, entró en vigor la reglamentación térmica con el fin de incluir la aislación térmica en sus techumbres. Posteriormente, en el año 2007, se amplió a muros exteriores, pisos y ventanas. Como esta normativa no existe en Chile para edificios, se realizó una comparación en base a la reglamentación que se implementa en la vivienda.

En esta investigación, se analizó la envolvente térmica del edificio de Aulas y el Laboratorio de Geología. Los cuales están ubicados en el campus San Andrés de la Universidad Católica de la Santísima Concepción. Para esto, se tomaron en cuenta las temperaturas de los tres meses más fríos del año, en donde se modelaron las dos edificaciones, mediante el software Revit 2017, para identificar las zonas en donde existen las mayores pérdidas energéticas. De igual modo, se realizó el cálculo teórico de cada carga térmica, para obtener el balance energético de los edificios.

De acuerdo a los cálculos realizados, la mayor pérdida de energía en el edificio Aulas y laboratorio de Geología, son los asociados a la envolvente (\dot{Q}_c) y a la carga sensible por ventilación (\dot{Q}_{vs}).

Posteriormente, el total del balance térmico (\dot{Q}_t) del Edificio de Aulas corresponde a -143,031 [kW] de la pérdida energética. A causa de la propuesta de instalación de las dos mamparas, se disminuyó la carga térmica total en un 52%, reduciendo el balance térmico total a -67,983 [kW]. Esta solución es conveniente debido al precio, el cual está asociado a un costo de \$5.674.603 y además es eficaz para el consumo energético.

En cambio, el total del balance térmico del Laboratorio de Geología, corresponde a -80,287 [kW]. Sin embargo, tras la propuesta de instalación de la mampara, se disminuyó la carga térmica total en un 45% reduciendo el balance térmico total a -44,102 [kW]. Esta solución es efectiva debido al precio, el cual tiene un costo de \$5.674.603 y además es beneficioso para el consumo de energía.

PALABRAS CLAVES: Aislación térmica, Calefaccionar, Balance térmico

¹ Estudiante, Carrera de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile, dbrito@ing.ucsc.cl

² Profesor Guía, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile, fgonzalez@ucsc.cl

³ Profesor Informante, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile, francesferraro@ucsc.cl

ABSTRACT

In Chile, since the year 2000, with the General Ordinance of Urbanism and Construction, the thermal regulation came into force in order to include thermal insulation in their roofs. Later, in 2007, it was extended to exterior walls, floors and windows. As this regulation does not exist in Chile for buildings, a comparison was made based on the regulation that is implemented in housing.

In this investigation, the thermal envelope of the Classroom building and the Geology Laboratory were analyzed. These are located on the San Andrés campus of the Universidad Católica de la Santísima Concepción. For this, the temperatures of the three coldest months of the year were taken into account, where the two buildings were modeled using Revit 2017 software to identify the areas where the greatest energy losses exist. Likewise, the theoretical calculation of each thermal load was carried out to obtain the energy balance of the buildings.

According to the calculations made, the greatest energy loss in the building Classrooms and Geology laboratory are those associated with the envelope (Q_c) and the sensitive load for ventilation (Q_{vs}).

Subsequently, the total thermal balance (Q_t) of the Classroom Building corresponds to -143,031 [kW] of the energy loss. Due to the proposed installation of the two partitions, the total thermal load was reduced by 52%, reducing the total thermal balance to -67,983 [kW]. This solution is convenient due to the price, which is associated with a cost of \$5,674,603 and is also effective for energy consumption.

On the other hand, the total thermal balance of the Geology Laboratory corresponds to -80.287 [kW]. However, after the proposed installation of the bulkhead, the total thermal load was reduced by 45%, reducing the total thermal balance to -44,102 [kW]. This solution is effective due to the price, which has a cost of \$5,674,603 and is also beneficial for energy consumption.

PALABRAS CLAVES: Thermal insulation , Envelope, Thermal balance

1) INTRODUCCIÓN

Desde el año 2000, en Chile se implementó la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, la cual buscaba mejorar la aislación térmica en las techumbres.

Posteriormente, en el año 2007, se comenzó a aplicar a muros exteriores, pisos y ventanas.

En los últimos años, la industria de la construcción se ha sentido atraída por este nuevo sistema y lo ha incorporado como uno de sus principales requisitos

Como esta normativa no existe en Chile para edificios, se realizó una comparación en base a la reglamentación que se implementa en la vivienda.

La envolvente térmica es esencial para el bienestar interior, ya que es la principal barrera que protege a los habitantes del clima exterior⁶.

En virtud de ello, se fijó como objetivo analizar la envolvente térmica del Edificio de Aulas y del Laboratorio de Geología, ubicada en la Universidad Católica de la Santísima Concepción. Con el fin de modelar las dos edificaciones y obtener el reporte de calefacción térmica de los meses más fríos del año, estos datos servirán para descubrir cuáles son las zonas en donde existe la mayor pérdida energética (techumbre, muros, ventas, puertas y suelo). De igual modo, se realizará el cálculo teórico de cada carga, para obtener el balance energético.

Finalmente, propondremos posibles soluciones, centrándonos en la propuesta eficiente, basándonos en el consumo de energía y costo de implementación.

2) OBJETIVOS

2.1 Objetivos generales

Analizar el comportamiento térmico de las envolventes del edificio de Aulas y del laboratorio de Geología. Ubicados en la Universidad Católica de la Santísima Concepción.

2.2 Objetivos específicos

- I. Modelar el laboratorio de Geología y el edificio de Aulas mediante el programa Revit.
- II. Determinar la demanda de calefacción.
- III. Plantear soluciones para el ahorro de energía.
- IV. Mediante las soluciones, elegir la solución más eficiente y obtener la recuperación del presupuesto invertido

3) METODOLOGÍA

Para el inicio del estudio y posteriormente el cálculo de las cargas térmicas sobre las edificaciones, se debieron tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Ubicaciones geográfica de las edificaciones
- Planos arquitectónicos y especificaciones técnicas
- Condiciones interiores, exteriores y climatológicas del sector.
- Número de personas que utilizan las instalaciones
- Artefactos eléctricos y tipo de iluminación

⁶Manual de acondicionamiento térmico; una guía para el dueño de casa 2016. Concepción, Chile.

3.1 Área de estudio

3.1.1 Laboratorio de Geología

El laboratorio de Geología posee un área aproximada de 940 m². El cual está compuesto por salas de laboratorios, oficinas, bodegas y baños. La edificación (**Figura N°1**) se ubica en las dependencias de la Universidad Católica de la Santísima Concepción, Campus San Andrés. Región del BioBío, Chile. Específicamente en la latitud -36,798°S y longitud -73,058°O.

Debido a su ubicación, la zonificación térmica que tiene la VIII región, es la zona 4⁴ y zona sur litoral⁵ (SL).

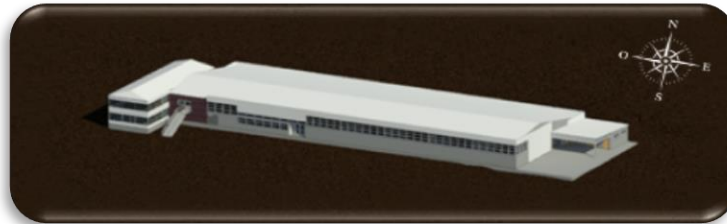


Figura N°1: Laboratorio Geología.
Fuente: Elaboración propia, software Revit 2017

3.1.2 Edificio Aulas

El edificio de Aulas consta de un área aproximada de 1925 m². El cual está compuesto por salas de clases, biblioteca, baños y un espacio para los auxiliares. La edificación (**Figura N°2**) está ubicada en las dependencias de la Universidad Católica de la Santísima Concepción, Campus San Andrés, de la región del Biobío, Chile. Específicamente en la latitud -36,7982°S y longitud -73,055°O.

Debido a la ubicación de la VIII región, su zonificación térmica es la zona 4⁴, zona sur litoral⁵ (SL).



Figura N°2: Edificio Aulas.
Fuente: Elaboración propia, software Revit 2017.

3.2) Balance térmico

Las condiciones térmicas de una edificación están otorgadas por las pérdidas y ganancias de calor. Las cuales se tenderán a calentar cuando las ganancias de calor sean mayores que las perdidas, y en caso contrario, enfriarse. Dado cualquiera de estos casos, el ambiente interior se puede llegar a enfrentar a malas condiciones, requiriendo de sistemas de climatización (refrigeración o calefacción), para poder afrontar dichas problemáticas⁶.

⁴ Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social, publicación n°335.

⁵ NCh 1079 of 2008. Arquitectura y construcción-Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico.

⁶Manual de acondicionamiento térmico; una guía para el dueño de casa 2016. Concepción, Chile.



Figura N°3: Transferencia de calor en una edificación.
Fuente: Manual acondicionamiento térmico criterios de intervención⁷

El balance o equilibrio térmico de una edificación, ocurre cuando la suma de todas las pérdidas y ganancias de calor es igual a cero, la cual está expresada en la siguiente (**Ecuación 1**⁶).

$$\dot{Q}_{total} = \dot{Q}_s + \dot{Q}_i + \dot{Q}_c + \dot{Q}_v \quad (1)$$

Donde:

- \dot{Q}_s : Balance térmico de cargas solares [kW].
- \dot{Q}_i : Balance térmico de cargas internas [kW].
- \dot{Q}_c : Balance térmico de los elementos de la envolvente [kW].
- \dot{Q}_v : Balance térmico de cargas de ventilación [kW].

4) CARGA TERMICA DE CALDERA

4.1 Cargas térmicas de caldera para el edificio de Aulas

Las especificaciones técnicas se encuentran expresadas en las (**Tablas N°2 y N°3, Anexo B**)

- El horario de funcionamiento de la caldera es de 8:00 a 19:00 (12 horas al diarias).
- Considerando que funciona cinco días a la semana (20 días al mes).

4.2 Cargas térmicas de caldera para el laboratorio de Geología

Las especificaciones técnicas se encuentran expresadas en las (**Tablas N°4 y N°5, Anexo B**)

- El horario de funcionamiento de la caldera es desde las 8:00 am hasta 19:00 pm (12 horas diarias).
- Considerando que funciona cinco días a la semana (20 días al mes).

5) CONDICIONES DE DISEÑO PARA EL EDIFICIO DE AULAS Y LAB.GEOLOGÍA

Para calcular las cargas térmicas de la edificación, es necesario proponer las condiciones iniciales, con el fin de realizar un diseño óptimo para obtener cálculos efectivos. Se tomarán, en algunos casos, las mismas condiciones para ambos modelos (Edificio Aulas y Laboratorio de Geología) ya que se encuentran en el mismo establecimiento.

⁶Manual de acondicionamiento térmico; una guía para el dueño de casa 2016. Concepción, Chile.

⁷Manual de acondicionamiento térmico criterios de intervención.

5.1 Temperatura y humedad

➤ Condiciones interiores y exteriores

La temperatura confort es una temperatura necesaria para la vida humana. Mediante diversas mediciones se ha determinado un equilibrio aproximado de 19°C, considerando que se debe tener una humedad media y un movimiento de aire bajo¹⁰.

Los datos de las condiciones interiores de diseño están expresados en la **(Tabla N°6)**.

Tabla N°6: Condiciones interiores de diseño.

Fuente: Elaboración propia.

Condiciones interiores de diseño	
Temperatura [°C]	19
Humedad relativa (%)	60

➤ Condiciones exteriores de cálculo

Para realizar las condiciones exteriores de diseño, fue necesario recurrir a la página web de meteorología¹¹: “Meteored”, con el fin de extraer los datos históricos de la estación meteorológica; Aeropuerto Carriel Sur Intl (SCIE), la cual es la más cercana a ambas edificaciones (Edificio Aulas y Laboratorio de Geología).

Mediante este proceso se estableció la temperatura y humedad del diseño, obteniendo el promedio de los tres meses más fríos del año (Junio, Julio y Agosto).

Los datos de la temperatura y humedad exterior del diseño de los 3 meses están expresados en las **(Tablas N°7, Anexo A)**, el promedio de temperatura mínima y humedad y temperatura del suelo están expresados en la **(Tabla N°8)**

Tabla N°8: Promedio de los tres meses más fríos.

Fuente: Elaboración propia.

Promedio temperatura mínima [°C]	7,3
Humedad	86%
Temperatura del suelo ¹³ [°C]	13

5.2 Tipo y uso de edificación

- El edificio de Aulas es un recinto de uso público, el cual posee salas de clases, biblioteca, baños, etc. Este tiene un uso aproximado de 12 horas diarias (7:30 am - 19:30 pm). Sin embargo, existen ocasiones en donde el horario se extiende, debido a que se programan certámenes después de las 19:30 por falta de salas.
- El laboratorio de geología es un recinto de uso público, el cual consta de salas de clases, laboratorios, oficinas para los docentes, baños, etc. Este tiene un uso aproximado de 12 horas diarias (7:30 am - 19:30 pm).

5.3 Radiación solar

Para calcular la radiación solar, se necesita obtener los datos de los 3 meses más fríos, mediante un reporte extraído de la página del “Ministerio de Energía en conjunto con la Universidad de Chile¹²” el cual ha sido mencionado anteriormente **(4.2.1.2, parte 1, Anexo A)**.

¹⁰Temperatura de confort. Revista Bit N°27, (Rodríguez, 2002)

¹¹<https://www.meteored.cl/tiempo-en-Concepcion-America+Sur-Chile-Biobio-SCIE-sactual-18576.html>

¹²<http://www.minenergia.cl/exploradorsolar/>

¹³Informe Proyecto de Título, Byron Zambrano (ICG_2019).Concepción, Chile

5.3.1 Edificio Aulas

- I. Para obtener las radiaciones de las cuatro direcciones (Oeste, Este, Norte y Sur), se acudió al lugar desde las 7:30 am hasta las 19:30 pm, para definir la cantidad de tiempo que empleaba la radiación solar en tocar la superficie en las distintas orientaciones. Los datos de la radiación solar para cada orientación y techumbre (orientación directa) están expresados en la (**Tabla N°9**).
- **Este:** Se observó que desde las 7:00 am, hasta las 11:00 am, la radiación solar ilumina el 50% del área. Más adelante, entre las 11:00 am y las 14:00 pm, la radiación solar ilumina el área en su totalidad.
 - **Norte:** Se apreció que desde las 10:00 am hasta las 14:00 pm, la radiación solar ilumina el 50% del área. Más adelante, entre las 14:00 pm y las 17:00 pm, la radiación solar ilumina el área en su totalidad.
 - **Oeste:** El edificio de Aulas está apegado a la parte de la Biblioteca Central, por lo tanto, se observó que no existe presencia de radiación solar en el área.
 - **Sur:** No hay presencia de radiación solar.

Tabla N°9: Promedio radiación solar según orientación.

Fuente: Elaboración propia.

Promedio de radiación solar [W/m2]					
Promedio de meses más fríos	Directa	Sur	Este	Norte	Oeste
	183,945	0	170,837	216,347	0

5.3.2 Laboratorio de Geología

- I. Para obtener las radiaciones en las cuatro direcciones (Oeste, Este, Norte y Sur), se acudió al lugar desde las 7:30 am hasta las 19:30 pm, para definir la cantidad de tiempo que empleaba la radiación solar en tocar la superficie en las distintas orientaciones. Los datos de radiación solar para cada orientación y techumbre (orientación directa) están expresados en la (**Tabla N°10**).
- **Este:** Se observó que desde las 7:00 am hasta las 13:00 pm, la radiación solar ilumina el 100% del área.
 - **Norte:** Se apreció que desde las 10:00 am, hasta las 11:00 am, la radiación solar ilumina el 50% del área. Más adelante, entre las 11:00 am y las 16:00 pm, la radiación solar ilumina el área en su totalidad.
 - **Oeste:** Se contempló que desde las 15:00 pm, hasta las 16:00 pm, la radiación solar ilumina el 50% del área. Más adelante, entre las 16:00 pm y las 19:00 pm, la radiación solar ilumina el área en su totalidad.
 - **Sur:** No hay presencia de radiación solar.

Tabla N°10: Promedio radiación solar según orientación.

Fuente: Elaboración propia.

Promedio de radiación solar [W/m2]					
Promedio de meses más fríos	Directa	Sur	Este	Norte	Oeste
	183,945	0	175,649	285,575	115,463

5.4 Absortancia

La absortancia corresponde a la cantidad de energía radiante que alcanza una superficie y que es absorbida por ella. Para el edificio de Aulas y el laboratorio de Geología, se utilizó una absortancia de 0,84¹⁴ la cual se expresa en la (**Tabla N°11, Anexo A**).

¹⁴Dato obtenido de "Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes", (Caracas 2004).

5.5 Coeficiente solar o SHGC (θ)

Para el edificio de Aulas y laboratorio de Geología se utilizó el tipo de ventana simple bronce/gris el cual se encuentra especificado en el apartado (**Tabla N°1, Anexo A**).

5.6 Potencia de ampollitas

Para calcular la potencia de las ampollitas, tenemos que entender que existen dos grupos; los incandescentes y los fluorescentes o de descarga. Los que se utilizarán en el “Catálogo de iluminación ViVION¹⁵”.

- I. Para el edificio de Aulas, la cantidad presente de lámparas (compactas y tubos) estarán expresadas en la (**Tabla N°12**). Se considerará que, del total de las lámparas, sólo el 85% permanecen encendidas durante, aproximadamente, 10 horas diarias.

Tabla N°12: Cantidad de lámparas tubos y compactas en edificio Aulas.

Fuente: Elaboración propia.

	Pot, des. Grande [kW]	Pot, des. Chico [kW]
	0,036	0,018
Cantidad (unidad)	45	11

- II. Para el laboratorio de Geología, la cantidad presente de lámparas (compactas y tubos) estarán expresadas en (**Tabla N°13**). Se considerará que, del total de las lámparas, sólo el 85% permanecen encendidas durante, aproximadamente, 10 horas diarias.

Tabla N°13: Cantidad de lámparas tubos y compactas en laboratorio de Geología.

Fuente: Elaboración propia.

	Pot, des. Grande [kW]	Pot, des. Chico [kW]
	0,036	0,018
Cantidad (unidad)	20	20

5.7 Carga sensible y latente por ocupante

La carga sensible y latente, corresponden a las cargas aportadas por cada persona según el tipo de actividad que realicen. Este factor de carga sensible y latente corresponde a ambas edificaciones (edificio Aulas y el laboratorio de Geología), lo cual está expresado en la (**Tabla N°14, Anexo A**).

5.8 Carga térmica de artefactos

Para obtener la carga térmica, se investigó cuáles eran los artefactos eléctricos que estaban incorporados en el recinto estudiantil.

- I. Para el edificio de Aulas se recopilaron los equipos y artefactos eléctricos para presentar los datos de la carga térmica emitida. (**Tabla N°15, Anexo A**)
- II. Para el edificio de Geología se recopilaron los equipos y artefactos eléctricos para presentar los datos de la carga térmica emitida (**Tabla N°67, Anexo A**).

6.9 Consideraciones de infiltraciones y caudal de viento

Los cálculos fueron analizados para los 3 meses más fríos del año, para esto se tomaron las siguientes consideraciones:

¹⁵http://www.vivionelectric.com/FileSystems/esp/descarga-de-informacion-tecnica/CATALOGO_GENERAL_VIVION_iluminacion.p

5.9.1 Edificio Aulas

- Consideraciones de área de infiltración:
 - Puertas: Se considera que el 100% del área de las puertas es área de infiltración
 - Ventanas: del 100% del área de la ventana, se considera un 10% de área de infiltración, debido a que estas no se abren en su totalidad, además, se considera que del total se abren el 20% de estas.
- Condiciones de uso: Para esto se utilizó una relación de la cantidad de horas del día (12 horas) y del uso que se le daba.
 - Puertas: Se considera que las puerta ubicada en el sector Sur y Este se abren por 60 minutos durante el día, y la puerta del lado Norte se abre 30 minutos durante el día.
 - Ventanas: se considera que las ventanas se abren 30 minutos durante el día.

5.9.2 Laboratorio de Geología

- Consideraciones de área de infiltración:
 - Puertas: Se considera que el 100% del área de las puertas es área de infiltración.
 - Ventanas: del 100% del área de la ventana, se considera un 10% de área de infiltración, debido a que estas no se abren en su totalidad, además, se considera que del total se abren el 20% de estas.
- Condiciones de uso: Para esto se utilizó una relación de la cantidad de horas del día (12 horas) y del uso que se le daba.
 - Puertas: Se considera que la puerta principal ubicada en el sector Sur se abre 40 minutos durante el día, las demás puertas del lado Sur se abren 5 minutos durante el día, la puerta principal del lado Este se abre durante 40 minutos del día y las puertas ubicadas en el sector Norte se abren 5 minutos durante el día.
 - Ventanas: Se considera que las ventanas se abren 20 minutos durante el día.

5.10 Consideraciones de velocidad de viento (Rosa de los vientos)

Las velocidades de los vientos son obtenidas desde el informe entregado por la página web del “Ministerio de Energía, en conjunto con la Universidad de Chile¹²”. De este documento, sólo se recopilieron los datos de la rosa de los vientos, de los tres meses más fríos del año (Junio, Julio y Agosto), para obtener las velocidades correspondientes a cada dirección (**Figura N°14, Anexo A**). Los datos obtenidos se encuentran expresados en la (**Tabla N°16**).

Tabla N°16: Velocidades de viento en cada dirección de los 3 meses más fríos.
Fuente: Elaboración propia, para edificio de Aulas y laboratorio de Geología.

Velocidades de viento en cada dirección m/s			
Sur	Este	Norte	Oeste
7,25	10	10,25	7,75

5.11 Renovación de aire por hora

Los datos de renovación de aire por hora se encuentran expresados en la (**Tabla N°17, Anexo A**).

6) ANALISIS DEL MODELO REVIT 2017 (EDIFICIO AULAS Y LABORATORIO DE GEOLOGÍA)

Para analizar los dos modelos (Edificio de Aulas y Laboratorio de Geología) en el software Revit 2017, se utilizó la topografía del sector (UCSC), Luego se creó la estructura de los modelos mediante a los (ejes, planos arquitectónicos, entre otros). Con el fin de obtener el “Modelo energético” el cual depende de la conductividad térmica¹⁴ de cada material con la cual se construye.

¹²<http://www.minenergia.cl/exploradorsolar/>

¹⁴Dato obtenido de “Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes”, (Caracas 2004).

7) RESULTADOS EDIFICIO AULAS

7.1 Cargas sensibles, $\dot{Q}_{sensible}$

7.1.1 Carga solar directa, \dot{Q}_{sr}

Para el cálculo de cargas solares directas, se utilizó la (**Ecuación 4, Anexo A**).

- El coeficiente de ganancia solar es de 0,73. El cual está expresado en la (**Tabla N°1, Anexo A**).
- La radiación solar se describe en la (**Tabla N°9**).
- Las áreas vidriadas que están expuestas por las radiaciones solares se señalarán en la siguiente (**Tabla N°18, Anexo A**).
- Al reemplazar los valores en la (**Ecuación 4 Anexo A**), se obtienen los resultados de la carga solar directa (\dot{Q}_{sr}), estos se resumirán en la (**Tabla N°19**).

Tabla N°19: Resultados carga solar directa.

Fuente: Elaboración propia.

	Radiación directa				\dot{Q}_{sd} [kW]
	Sur	Este	Norte	Oeste	
Ventanas	0	6,969	9,594	0	16,562
Puertas de vidrio	0	0	0,571	0,815	1,387

- El valor total de la carga térmica solar directa (\dot{Q}_{sr}) tiene como resultado 17,9492 [kW].

7.1.2 Carga solar indirecta, \dot{Q}_{str}

Para el cálculo de cargas solares indirectas, se utilizó la (**Ecuación 3, Anexo A**).

- Los valores resumidos de la (**Tabla N°20, Anexo A**) corresponden a las áreas totales de techumbre y muros construidos con distintos materiales para cada uno de los tramos.
- En la (**Tabla N°20, Anexo A**), además se encuentran los valores de la transmitancia térmica para la techumbre y los muros.
- El valor de absorptancia que se utilizó se encuentra en la (**Tabla N°11, Anexo A**).
- Las radiaciones solares están señaladas en la (**Tabla N°9**).
- La resistencia de la película exterior de aire (\dot{Q}_{so}) para muros y techumbres corresponde a 0,05 [$m^2 * K/W$].
- Al reemplazar los valores en la (**Ecuación N°3, Anexo A**), se obtienen los resultados de las cargas solares indirectas \dot{Q}_{str} , estos se resumirán en la (**Tabla N°21**).

Tabla N°21: Radiación carga solar indirecta.

Fuente: Elaboración propia.

	Radiación indirecta				\dot{Q}_{sind} [kW]
	Sur	Este	Norte	Oeste	
Muros	0	3,811	4,229	0	8,04
Techos	3,404				3,404
	0,14				0,14

- El valor total de la carga térmica solar indirecta (\dot{Q}_{str}) tiene como resultado 11,584 [kW].

7.1.3 Carga por elementos de la envolvente, \dot{Q}_c

Los elementos de la envolvente se calculan según la (**Ecuación 5, Anexo A**). Para esto se utilizará la información descrita en las (**Tablas N°6, N°7 y N°8**), en donde se encuentran las temperaturas interiores y exteriores.

Los valores de transmitancia térmica de los elementos del muro y techumbre se encuentran en la (**Tabla N°20, Anexo A**). Y para las ventanas y puertas, se presentarán en las (**Tablas N°22 y N°23, Anexo A**).

- Los valores totales de la envolvente térmica (\dot{Q}_c) de los muros, ventanas, puertas, techumbre y radier, se describirán en la (**Tabla N°24**).

Tabla N°24: Carga de los elementos de la envolvente.

Fuente: Elaboración propia.

Muros	Ventanas	Puertas	Cubiertas	Radier	Total [kW]
-24,417	-14,119	-1,166	-5,815	-13,044	-58,562

- El valor total de la carga térmica (\dot{Q}_c) tiene como resultado -58,562 [kW].

7.1.4 Carga por internas por iluminación, \dot{Q}_{ii}

Los elementos para el cálculo de cargas internas por iluminación, se encuentran mencionadas en la (**Tabla N°12**).

- **Lámparas incandescentes, \dot{Q}_{ii}**
No cuentan con lámparas incandescentes, por tanto no existe aporte de este tipo.
- **Lámparas de descargar, \dot{Q}_{ii}**
Para obtener el cálculo de las lámparas de descarga, se utilizará la (**Ecuación 8, Anexo A**). Estos datos serán resumidos en la (**Tabla N°25**).

Tabla N°25: Carga de los elementos de cargas internas por iluminación.

Fuente: Elaboración propia.

\dot{Q}_{ii} , de descarga [kW]			
Primer piso	Segundo piso	Tercer piso	Total [kW]
0,6056	0,3346	0,6693	1,6095

- El valor total de la carga interna por iluminación (\dot{Q}_{ii}) tiene como resultado 1,61 [kW].

7.1.5 Carga Sensible por ocupante, \dot{Q}_{ps}

La cantidad por ocupantes para la carga sensible se encuentra en la (**Tabla N°26 Anexo A**), en donde se utilizó un porcentaje de ajuste para cada sector.

- Para los baños y el espacio de auxiliarles se utilizó un 50%, para las salas y biblioteca un 70% con un total de 255 ocupantes.
- Para el cálculo de carga sensible por ocupantes se utilizará la (**Ecuación 9, Anexo A**), y estos están resumidos en la (**Tabla N°27**).

Tabla N°27: Carga sensible por ocupantes, 12 horas diarias.

Fuente: Elaboración propia.

Cargas internas por ocupantes [kW]	9,18
------------------------------------	------

- El valor total de la carga sensible por ocupantes (\dot{Q}_{ps}) tiene como resultado 9,18 [kW].

7.1.6 Carga internas por artefactos, \dot{Q}_{ie}

Las cargas térmicas de cada artefacto se encuentran en la (**Tabla N°15**) y la cantidad de artefactos para la carta interna por artefacto se encuentran en la (**Tabla N°28**).

Tabla N°28: Cantidad de artefactos.

Fuente: Elaboración propia.

Tipos de artefactos							
Hervidores de agua	Microondas	Impresoras	Computadores de escritorio	Notebook	Proyectores	Radios	Total [unidades]
2	2	1	15	32	11	2	65

- Para el cálculo de carga interna por artefactos se utilizará la (**Ecuación 10, Anexo A**). Estos valores están resumidos en la (**Tabla N°29**).

Tabla N°29: Carga interna por artefactos.

Fuente: Elaboración propia.

Cargas internas por artefactos [kW]	7,8375
-------------------------------------	--------

- El valor total de la carga interna por artefactos (\dot{Q}_{ie}) tiene como resultado 7,84[kW].

7.1.7 Cargas sensible de ventilación, \dot{Q}_{vs}

Para las condiciones propuestas en el (**Apartado 6.9**) se realizó el cálculo del área total de puertas y ventanas por infiltración, según su orientación. Estos datos se encuentran detallados en la (**Tabla N°30, Anexo A**).

- Con los valores de la velocidad de los vientos (**Tabla N°16**) y las áreas de infiltración de la (**Tabla N°30, Anexo A**), se obtiene el caudal de aire infiltrado, el cual se encuentra en la (**Tabla N°31, Anexo A**).
- Con los datos expuestos anteriormente en el (**Ecuación N°6 y N°6.1, Anexo A**) y los datos de la (**Tabla N°31 Anexo A**), se obtuvo la carga sensible de ventilación, la cual se mencionará en la (**Tabla N°32**).

Tabla N°32: Carga sensible por ventilación.

Fuente: Elaboración propia.

Carga sensible de ventilación (\dot{Q}_{vs})						
	Sur	Este	Norte	Oeste	Total [W]	Total [kW]
Ventanas	-6447,1736	-6510,1061	-7254,1146	-1473,5616	-21684,956	-21,684956
Puertas	-38102,833	-45283,359	-26179,442	-	-109565,63	-109,56563

- El valor total de la carga sensible por ventilación (\dot{Q}_{vs}) tiene como resultado -131,25 [kW].

7.2 Cargas Latentes, $\dot{Q}_{latentes}$

7.2.1 Cargas latente de ventilación, \dot{Q}_{vl}

- Para conseguir la carga latente de ventilación, se debe obtener la renovación de aire por hora (el cual está señalado en la (Tabla N°17). Mediante a la (Ecuación N°13.1 Anexo A) se podrá conseguir el caudal de aire infiltrado de ventilación (V_r). Estos datos serán mencionados en la (Tabla N°33 Anexo A).
- A partir de la humedad del diseño interior y exterior detalladas en las (Tablas N°6 y N°8). Y en base a la (Ecuación 13, Anexo A), se obtuvieron los resultados mostrados en la (Tabla N°34).

Tabla N°34: Carga latente por ventilación (\dot{Q}_{vl}).

Fuente: Elaboración propia.

\dot{Q}_{vl} [W]	\dot{Q}_{vl} [kW]
-2411,2215	-2,411

- El valor total de la carga latente por ventilación (\dot{Q}_{vl}) tiene como resultado -2,41 [kW].

7.2.2 Cargas latente por ocupante, \dot{Q}_{pl}

Para obtener el cálculo de carga latente por ocupante, se utilizarán los datos de la cantidad de ocupantes de la (Tabla N°70, Anexo A) y los datos de calor latente de la (Tabla N°14, Anexo A).

A continuación se mostrarán los datos obtenidos mediante la (Ecuación 12, Anexo A), los cuales están expresados en la (Tabla N°35).

Tabla N°35: Carga latente por ocupante (\dot{Q}_{pl}).

Fuente: Elaboración propia.

Cargas latente por ocupantes [kW]	1,0325
-----------------------------------	--------

- El valor total de la carga latente por ocupante para el segundo piso (\dot{Q}_{pl}) tiene como resultado 1,033 [kW].

7.3 Balance térmico

En la (Tabla N°36) se presentan los resultados finales del balance térmico, en donde aparecen las cargas que producen ganancias y pérdidas térmicas ($\dot{Q}_s + \dot{Q}_i + \dot{Q}_c + \dot{Q}_v$) del edificio Aulas.

Tabla N°36: Tabla resumen edificio Aulas.

Fuente: Elaboración propia.

Cargas	\dot{Q} [W]	\dot{Q} [kW]
Carga envolvente (\dot{Q}_c)	-58562,205	-58,562
Carga sensible por ventilación (\dot{Q}_{vs})	-131250,59	-131,251
Carga latente por ventilación (\dot{Q}_{vl})	-2411,222	-2,411
Carga solar directa (\dot{Q}_{sr})	17949,167	17,949
Carga solar indirecta (\dot{Q}_{str})	11584,364	11,584
Carga interna por iluminación (\dot{Q}_{ii})	1609,688	1,61
Carga interna por ocupantes (\dot{Q}_{ip})	10212,5	10,213
Carga interna por artefacto (\dot{Q}_{ie})	7837,5	7,838
Total	-143030,797	-143,031

Pisos	Área [m2]
piso 1	636,352
piso 2	637,42
piso 3	651,407
Total	1925,179

Envolvente	
[W/m2]	[kW/m2]
-74,2948	-0,07429

- Tras observar la (**Tabla N°36**) se puede apreciar que la mayor pérdida de carga se produce por los elementos de la carga por ventilación (\dot{Q}_{vs}) y por la carga envolvente (\dot{Q}_c).

8) Modelo energético edificio Aulas

Mediante el software Revit, señalado en el **Apartado 7**, se generó el modelo energético (**Figura N°4**).

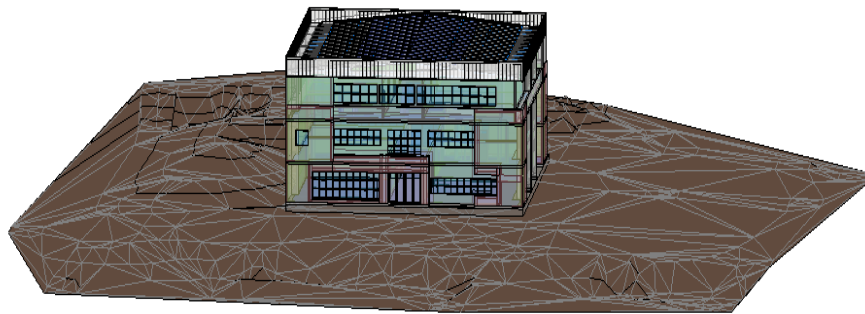


Figura N°4: Modelo energético, Revit 2017.

Fuente: Elaboración propia.

- A través del informe energético, se obtiene el (**Gráfico N°1**) de carga de calefacción mensual. El cual da a conocer el lugar por donde el edificio está perdiendo o ganando energía. De esta manera, se podrá comparar con los resultados teóricos (carga envolvente) y saber si existe una relación entre ellos.
- En la (**Tabla N°24**), se puede observar que la pérdida de carga se rige a través de los muros, ventanas y radier. Por lo que se puede afirmar que los resultados obtenidos del (**Gráfico N°1**) concuerdan en su totalidad. Sin embargo para el caso del radier, no es representativo los datos del gráfico con los valores del Excel, eso es porque en el software Revit no se puede modificar el parámetro del suelo (Temperatura).

Carga de calefacción mensual

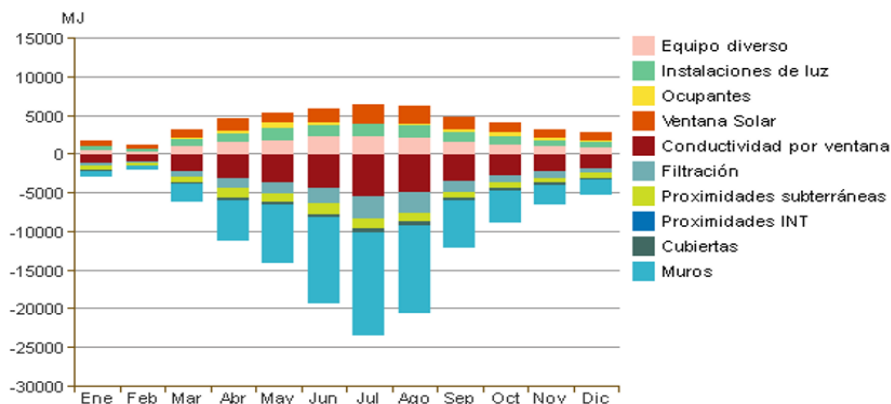


Gráfico N°1: Cargas de calefacción mensual del edificio Aulas.

Fuente: Informe de análisis energético de Autodesk Revit.

9) SOLUCIONES: EDIFICIO AULAS

9.1 Conclusiones balance térmico para definir las posibles mejoras

En la (Tabla N°36) del balance térmico, se puede concluir que la mayor pérdida de carga se presenta a través de la carga sensible por ventilación (\dot{Q}_s) y la carga envolvente (\dot{Q}_c).

Para esto, se presentarán dos posibles soluciones; Mampara y EIFS. Las que se ocuparán para reducir el consumo energético y así poder lograr el confort térmico en el interior del edificio de Aulas.

a) Solución método EIFS

El Sistema EIFS (*Electronic Flight Instrument System*). Cuya traducción en español significa “Sistema de aislación exterior y acabado final”.

Es un método de aislación térmica que se compone de varias capas sobre el muro (Tabla N°37), de esta manera el sistema elimina puentes térmicos producidos por los montantes u otros elementos estructurales.

Esta tecnología se puede utilizar en todo tipo de edificaciones, tales como; casas, edificios institucionales, hoteles, hospitales, etc.

Para reducir la carga de envolvente (\dot{Q}_c) y la carga solar indirecta (\dot{Q}_{str}) se propone la solución del sistema EIFS.

Tabla N°37: Composición de capas del Sistema EIFS.

Fuente: Elaboración propia.

Material	e (m)	λ [W/(mxK)]	e/ λ
Poliestireno expandido 36 mm d 25 kg/m ³	0,035	0,0361	0,970
Propasta	0,005	1,4	0,004
Malla de fibra de vidrio	0,0015	0,032	0,047
Recubrimiento elastometrico tipo Profinish	0,005	1,4	0,004

➤ Este método dio como resultado:

Tabla N°38: Tabla comparativa, solución EIFS.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla resumen solución EIFS		
Cargas	\dot{Q} [W]	\dot{Q} [kW]
Carga envolvente (\dot{Q}_c)	-40801,901	-40,802
Carga sensible por ventilación (\dot{Q}_{vs})	-131250,590	-131,251
Carga latente por ventilación (\dot{Q}_{vl})	-2411,222	-2,411
Carga solar directa (\dot{Q}_{sr})	17949,167	17,949
Carga solar indirecta (\dot{Q}_{str})	6051,010	6,051
Carga interna por iluminación (\dot{Q}_{ii})	1609,688	1,610
Carga interna por ocupantes (\dot{Q}_{ip})	10212,500	10,213
Carga interna por artefacto (\dot{Q}_{ie})	7837,500	7,838
Total	-130803,848	-130,804

Pisos	Área [m ²]
piso 1	636,352
piso 2	637,42
piso 3	651,407
Total	1925,179

Envolvente	
[W/m ²]	[kW/m ²]
-67,9437	-0,06794

➤ En la (Tabla N°38) se puede observar que la carga envolvente (\dot{Q}_c) disminuyó en un 30% y la carga solar indirecta (\dot{Q}_{str}) se redujo a un 48%, respecto a la carga envolvente y carga solar indirecta.

- El porcentaje de reducción, metros cuadrados y costo de implementación entre el estado actual y la aplicación del sistema EIFS, está señalado en la (**Tabla N°39**).

Tabla N°39: Tabla comparativa, solución EIFS.

Fuente: Elaboración propia.

Estado Actual [kW]	Solución sistema EIFS [kW]	Área [m ²]	Porcentaje de reducción	Costo implementación
-143,0307973	-130,8038485	816,254	9%	\$ 6.278.441

b) Solución instalación de Mampara

Para poder reducir la carga sensible térmica de ventilación (\dot{Q}_{vs}) se decidió incorporar mamparas en las dos entradas disponibles del edificio. Una está ubicada en el lado sur y la otra en el lado este. Al implementar este método se obtuvo como resultado:

Tabla N°40: Tabla comparativa, solución Mampara.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla resumen solución Mampara lado Sur y Este			Pisos	Área [m ²]
Cargas	\dot{Q} [W]	\dot{Q} [kW]	piso 1	636,35
Carga envolvente (\dot{Q}_c)	-58562,205	-58,562	piso 2	637,42
Carga sensible por ventilación (\dot{Q}_{vs})	-56203,017	-56,203	piso 3	651,41
Carga latente por ventilación (\dot{Q}_{vl})	-2411,222	-2,411	Total	1925,2
Carga solar directa (\dot{Q}_{sr})	17949,167	17,949	Envolvente	
Carga solar indirecta (\dot{Q}_{str})	11584,364	11,584	[W/m ²]	[kW/m ²]
Carga interna por iluminación (\dot{Q}_{ii})	1609,688	1,610	-35,3127	-0,035
Carga interna por ocupantes (\dot{Q}_{ip})	10212,500	10,213		
Carga interna por artefacto (\dot{Q}_{ie})	7837,500	7,838		
Total	-67983,224	-67,983		

- En la **Tabla N°40** se puede observar que la carga sensible por ventilación (\dot{Q}_{vs}) fue reducida en un 57% respecto a la carga sensible por ventilación actual.
- El porcentaje de reducción, metros cuadrados y costo de implementación entre el estado actual y la instalación de la Mampara, está señalado en la **Tabla N°41**.

Tabla N°41: Tabla comparativa, solución Mampara.

Fuente: Elaboración propia.

Estado Actual [kW]	Solución Mampara [kW]	Área [m ²]	Porcentaje de reducción	Costo implementación
-143,0307973	-67,98322449	12,9088	52%	\$ 5.674.603

10) RESULTADOS LABORATORIO DE GEOLOGÍA

10.1 Cargas sensibles, $\dot{Q}_{sensible}$

10.1.1 Carga solar directa, \dot{Q}_{sr}

Para el cálculo de cargas solares directas, se utilizó la (**Ecuación 4, Anexo A**).

- El coeficiente de ganancia solar es de 0,73. Ya que las características del tipo de vidrio del edificio Aulas, es simple bronce/gris. El cual está expresado en la (**Tabla N°1, Anexo A**).

- La radiación solar se describe en la **Tabla N°10**.
- Las áreas vidriadas que están expuestas por las radiaciones solares se señalarán en la (**Tabla N°42, Anexo A**).
- Al reemplazar los valores en la (**Ecuación 4, Anexo A**), se obtienen los resultados de la carga solar directa (\dot{Q}_{sr}), estos se resumirán en la **Tabla N°43**.

Tabla N°43: Resultados carga solar directa.
Fuente: Elaboración propia.

	Radiación directa				\dot{Q}_{sd} [kW]
	Sur	Este	Norte	Oeste	
Ventanas	0	1,031	4,136	0,196	5,363
Puertas de vidrio	0	0,782	0	0	0,782

El valor total de la carga térmica solar directa (\dot{Q}_{sr}) tiene como resultado 6,145 [kW].

10.1.2 Carga solar indirecta, \dot{Q}_{str}

Para el cálculo de cargas solares directas, se utilizó la (**Ecuación 3, Anexo A**).

- Los valores resumidos de la (**Tabla N°44, Anexo A**) corresponden a las áreas totales de techumbre y muros construidos con distintos materiales para cada uno de los tramos.
- En la (**Tabla N°44, Anexo A**), además se encuentran los valores de la transmitancia térmica para la techumbre y los muros.
- El valor de Absortancia que se utilizó se encuentra en la (**Tabla N°11, Anexo A**).

- Las radiaciones solares están señaladas en la **Tabla N°10**.
- La resistencia de la película exterior de aire (\dot{Q}_{so}) tanto para muros y techumbres corresponde a 0,05 [$m^2 * K/W$].
- Al reemplazar los valores en la (**Ecuación N°3, Anexo A**), se obtienen los resultados de las cargas solares indirectas \dot{Q}_{str} , estos se resumirán en la **Tabla N°45**.

Tabla N°45: Radiación carga solar indirecta.
Fuente: Elaboración propia.

	Radiación indirecta				\dot{Q}_{sind} [kW]
	Sur	Este	Norte	Oeste	
Muros	0	0,971	3,081	0,769	4,821
Techos	2,752				2,752

- El valor total de la carga térmica solar indirecta (\dot{Q}_{str}) tiene como resultado 7,57 [kW].

10.1.3 Carga por elementos de la envolvente, \dot{Q}_c

Los elementos de la envolvente se calculan según la **Ecuación 5**. Para esto se utilizará la información descrita en las **Tablas N°6, N°7 y N°8**, en donde se encuentran las temperaturas interiores y exteriores.

Los valores de transmitancia térmica de los elementos del muro y techumbre se encuentran en la (**Tabla N°44, Anexo A**). Y para las ventanas y puertas, se presentarán en las (**Tablas N°46 y N°47, Anexo A**).

- Los valores totales de la envolvente térmica (\dot{Q}_c) de los muros, ventanas, puertas, techumbre y radier, se describirán en la **Tabla N°48**.

Tabla N°48: Carga de los elementos de la envolvente.

Fuente: Elaboración propia.

Cargas de elementos de la envolvente (\dot{Q}_c)					
Muros	Ventanas	Puertas	Cubiertas	Radier	Total [kW]
-9,565	-7,147	-1,941	-4,170	-18,431	-41,254

- El valor total de la carga térmica (\dot{Q}_c) tiene como resultado -41,254 [kW].

10.1.4 Carga por internas por iluminación, \dot{Q}_{ii}

 Los elementos para el cálculo de cargas internas por iluminación, se encuentran mencionadas en la **Tabla N°13**.

- **Lámparas incandescentes, \dot{Q}_{ii}**
No cuentan con lámparas incandescentes, por lo tanto no existe aporte de este tipo.
- **Lámparas de descargar, \dot{Q}_{ii}**
Para obtener el cálculo de las lámparas de descarga, se utilizará la (**Ecuación 8, Anexo A**). Estos datos serán resumidos en la **Tabla N°49**.

Tabla N°49: Carga de los elementos de cargas internas por iluminación.

Fuente: Elaboración propia.

\dot{Q}_{ii} , Total de descarga [kW]	1,14
-----------------------------------------	------

- El valor total de la carga interna por iluminación (\dot{Q}_{ii}) tiene como resultado 1,14 [kW].

10.1.5 Carga Sensible por ocupante, \dot{Q}_{ps}

 La cantidad de ocupantes para la carga sensible se encuentran en la **Tabla N°50**, en donde se utilizó un porcentaje de ajuste para cada sector. Para los baños y el espacio de auxiliares se utilizó un 50%, para las salas y biblioteca un 70%.

Tabla N°50: Cantidad de ocupantes.

Fuente: Elaboración propia.

Cantidad de ocupantes [unidad]				
Salas	Bodegas	Baños	Comedor	Total
94	6	5	4	109

- Para el cálculo de carga sensible por ocupantes se utilizará la (**Ecuación 9, Anexo A**), y estos están resumidos en la **Tabla N°51**.

Tabla N°51: Carga sensible por ocupantes, 12 horas diarias.

Fuente: Elaboración propia.

Cargas internas por ocupantes [kW]	3,910
------------------------------------	-------

- El valor total de la carga sensible por ocupantes (\dot{Q}_{ps}) tiene como resultado 3,91 [kW].

10.1.6 Carga internas por artefactos, \dot{Q}_{ie}

 Las cargas térmicas de cada artefacto se encuentran en la **Tabla N°15** y la cantidad de dispositivos para la carga interna por artefacto se encuentra en la **Tabla N°52**.

Tabla N°52: Cantidad de artefactos.

Fuente: Elaboración propia.

Hervidores	Microondas	Impresoras	Computadores de escritorio	Notebook	Proyectores	Radios	Televisor
5	1	3	14	3	8	4	1

Variador de frecuencia SIEMENS	Convertidor PARKED	Motor de inducción ABB	Motor de inducción SIEMENS	Motor de corriente continua VASCAT
2	2	2	2	2

- Para el cálculo de carga interna por artefactos se utilizará la (**Ecuación 10, Anexo A**), estos valores están resumidos en la **Tabla N°53**.

Tabla N°53: Carga interna por artefactos.

Fuente: Elaboración propia.

Cargas internas por artefactos [kW]	5,219
-------------------------------------	-------

- El valor total de la carga interna por artefactos (\dot{Q}_{ie}) tiene como resultado 5,219 [kW].

10.1.7 Cargas sensibles de ventilación, \dot{Q}_{vs}

Para las condiciones propuestas en el **Apartado 6.9 (Parte 2)** se realizó el cálculo del área total de puertas y ventanas por infiltración, según su orientación. Estos datos se encuentran detallados en la (**Tabla N°54, Anexo A**).

- Con los valores de la velocidad de los vientos (**Tabla N°16**) y las áreas de infiltración de la (**Tabla N°54, Anexo A**), se obtiene el caudal de aire infiltrado, el cual se encuentra en la siguiente (**Tabla N°55, Anexo A**).
- Con los datos expuestos anteriormente en la (**Ecuación N°6 y N°6.1, Anexo A**) y los datos de la (**Tabla N°55, Anexo A**), se obtuvo la carga sensible de ventilación, la cual se mencionará en la (**Tabla N°56**).

Tabla N°56: Carga sensible por ventilación.

Fuente: Elaboración propia.

Carga sensible de ventilación (\dot{Q}_{vs})						
	Sur	Este	Norte	Oeste	Total [W]	Total [kW]
Ventanas	-2130,660	-312,118	-789,752	-70,066	-3302,597	-3,303
Puertas	-5070,386	-40206,049	-13613,668	-	-58890,103	-58,890

- El valor total de la carga sensible por ventilación (\dot{Q}_{vs}) tiene como resultado -62,19 [kW].

10.2 Cargas Latentes, $\dot{Q}_{latentes}$

10.2.1 Cargas latente de ventilación, \dot{Q}_{vl}

Para conseguir la carga latente de ventilación, se debe obtener la renovación de aire por hora (el cual está señalado en la (**Tabla N°17**) mediante a la (**Ecuación N°13.1, Anexo A**) se podrá conseguir el caudal de aire infiltrado de ventilación (V_f). Los datos serán mencionados en la (**Tabla N°57, Anexo A**).

- A partir de la humedad del diseño interior y exterior detalladas en las (Tablas N°6 y N°8). Y en base a la (Ecuación 13, Anexo A) se obtuvieron los resultados mostrados en la (Tabla N°58).

Tabla N°58: Carga latente por ventilación (\dot{Q}_{vl}).

Fuente: Elaboración propia.

Total \dot{Q}_{vl} [kW]	-1,136
---------------------------	--------

- El valor total de la carga latente por ventilación (\dot{Q}_{vl}) tiene como resultado -1,136 [kW].

10.2.2 Cargas latente por ocupante, \dot{Q}_{pl}

Para obtener el cálculo de carga latente por ocupante, se utilizarán los datos de la cantidad de ocupantes de la (Tabla N°71) y los datos de calor latente de la (Tabla N°14, Anexo A).

A continuación se mostrarán los datos obtenidos mediante la (Ecuación 12, Anexo A), los cuales están expresados en la (Tabla N°59).

Tabla N°59: Carga latente por ocupante (\dot{Q}_{pl}).

Fuente: Elaboración propia.

Total \dot{Q}_{pl} [kW]	0,31
---------------------------	------

- El valor total de la carga latente por ocupante (\dot{Q}_{pl}) tiene como resultado 0,31 [Kw].

10.3 Balance térmico

En la (Tabla N°60) se presentan los resultados finales del balance térmico, en donde aparecen las cargas que producen ganancias y pérdidas térmicas ($\dot{Q}_s + \dot{Q}_i + \dot{Q}_c + \dot{Q}_v$) del Laboratorio de Geología.

Tabla N°60: Tabla resumen laboratorio de geología

Fuente: Elaboración propia.

Cargas	\dot{Q} [W]	\dot{Q} [kW]
Carga envolvente (\dot{Q}_c)	-41254,380	-41,254
Carga sensible por ventilación (\dot{Q}_{vs})	-62192,700	-62,193
Carga latente por ventilación (\dot{Q}_{vl})	-1136,036	-1,136
Carga solar directa (\dot{Q}_{sr})	6144,753	6,145
Carga solar indirecta (\dot{Q}_{str})	7572,520	7,573
Carga interna por iluminación (\dot{Q}_{ii})	1140,000	1,140
Carga interna por ocupantes (\dot{Q}_{ip})	4219,350	4,219
Carga interna por artefacto (\dot{Q}_{ie})	5219,133	5,219
Total	-80287,359	-80,287

Laboratorio	Área [m2]
Laboratorio Geología	899,122
2 piso oficina	40,896
Total	940,018

Envolvente	
[W/m2]	[kW/m2]
-85,41044893	-0,08541

- Tras observar la (Tabla N°60) se puede apreciar que la mayor pérdida de carga se produce por los elementos de la carga sensible por ventilación (\dot{Q}_{vs}) y por la carga envolvente (\dot{Q}_c).

11) Modelo energético edificio Aulas

Mediante el software Revit, señalado en el Apartado 7, se generó el modelo energético (Figura N°5).

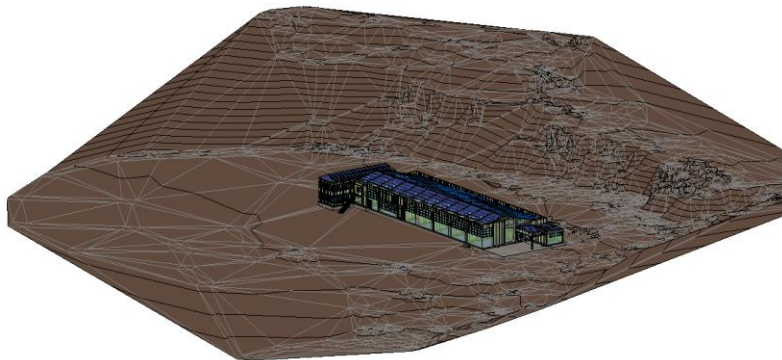


Figura N°5: Modelo energético, Revit 2017.
Fuente: Elaboración propia.

A través del informe energético, se obtiene el **(Gráfico N°2)** de carga de calefacción mensual. El cual da a conocer el lugar por donde el laboratorio está perdiendo o ganando energía. De esta manera, se podrá comparar con los resultados teóricos (carga envolvente) y saber si existe una relación entre ellos.

- En la **(Tabla N°60)**, se puede observar que la pérdida de carga se rige a través de los radier, muros y ventanas. Por lo que se puede afirmar que los resultados obtenidos del **(Gráfico N°2)** concuerdan en su totalidad. Sin embargo para el caso del radier, no es representativo los datos del gráfico con los valores del Excel, eso es porque en el software Revit no se puede modificar el parámetro del suelo (Temperatura)

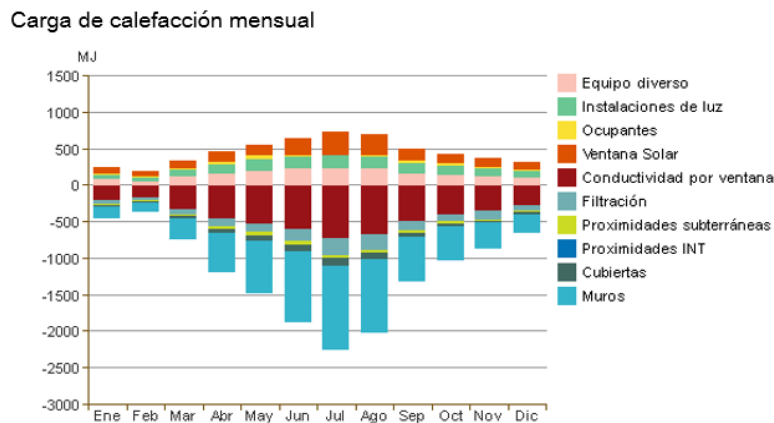


Gráfico N°2: Cargas de calefacción mensual del laboratorio de Geología.
Fuente: Informe de análisis energético de Autodesk Revit.

12) SOLUCIONES: LABORATORIO DE GEOLOGÍA

12.1 Conclusiones balance térmico para definir las posibles mejoras

Al observar el balance térmico de la **(Tabla N°60)**, se puede concluir que la mayor pérdida de carga se presenta a través de la carga sensible por ventilación (V_s) y la carga envolvente (\dot{Q}_c). Para esto, se presentarán tres posibles soluciones; Mampara, EIFS y aislación en el piso (parquet). Las que se ocuparán para reducir el consumo energético y así poder lograr el confort térmico en el interior del edificio de Aulas.

a) Solución método EIFS

El Sistema EIFS (*Electronic Flight Instrument System*). Cuya traducción en español significa “Sistema de aislación exterior y acabado final”.

Es un método de aislación térmica que se compone de varias capas sobre el muro (**Tabla N°37**) del cual el sistema elimina puentes térmicos producidos por los montantes u otros elementos estructurales.

Esta tecnología se puede utilizar en todo tipo de edificaciones, tales como; casas, edificios institucionales, hoteles, hospitales, etc. Para reducir la carga de envolvente (\dot{Q}_c) y la carga solar indirecta (\dot{Q}_{str}) se propone la solución del sistema EIFS.

➤ Al implementar este método se obtuvo como resultado:

Tabla N°61: Tabla comparativa, solución EIFS.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla resumen solución EIFS		
Cargas	\dot{Q} [W]	\dot{Q} [kW]
Carga envolvente (\dot{Q}_c)	-35239,765	-35,240
Carga sensible por ventilación (\dot{Q}_{vs})	-62192,700	-62,193
Carga latente por ventilación (\dot{Q}_{vl})	-1136,036	-1,136
Carga solar directa (\dot{Q}_{sr})	6144,753	6,145
Carga solar indirecta (\dot{Q}_{str})	4574,524	4,575
Carga interna por iluminación (\dot{Q}_{ii})	1140,000	1,140
Carga interna por ocupantes (\dot{Q}_{ip})	4219,350	4,219
Carga interna por artefacto (\dot{Q}_{ie})	5219,133	5,219
Total	-77270,740	-77,271

Laboratorio	Área [m ²]
Laboratorio Geología	899,122
2 piso oficina	40,896
Total	940,018

Envolvente	
[W/m ²]	[kW/m ²]
-82,2013407	-0,0822

- En la (**Tabla N°61**) se puede observar que la carga envolvente (\dot{Q}_c) disminuyó en un 15% y que la carga solar indirecta (\dot{Q}_{str}) se redujo a un 40%, respecto a la carga envolvente y carga solar indirecta.
- El porcentaje de reducción, metros cuadrados y costo de implementación entre el estado actual y la aplicación del sistema EIFS, está señalado en la (**Tabla N°62**).

Tabla N°62: Tabla comparativa, solución EIFS.

Fuente: Elaboración propia.

Estado Actual [kW]	Solución sistema EIFS [kW]	Área [m ²]	Porcentaje de reducción	Costo implementación
-80,28735939	-77,27073988	444,438	4%	\$ 3.418.517

b) Solución instalación de Mampara

Para poder reducir la carga sensible térmica de ventilación (\dot{Q}_{vs}) se decidió incorporar una mampara en el lado este. Al implementar este método se obtuvo como resultado:

Tabla N°63: Tabla comparativa, solución Mampara.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla resumen solución Mampara lado Este		
Cargas	\dot{Q} [W]	\dot{Q} [kW]
Carga envolvente (\dot{Q}_c)	-41254,380	-41,254
Carga sensible por ventilación (\dot{Q}_{vs})	-26007,256	-26,007
Carga latente por ventilación (\dot{Q}_{vl})	-1136,036	-1,136
Carga solar directa (\dot{Q}_{sr})	6144,753	6,145
Carga solar indirecta (\dot{Q}_{str})	7572,520	7,573
Carga interna por iluminación (\dot{Q}_{ii})	1140,000	1,140
Carga interna por ocupantes (\dot{Q}_{ip})	4219,350	4,219
Carga interna por artefacto (\dot{Q}_{ie})	5219,133	5,219
Total	-44101,915	-44,102

Laboratorio	Área [m ²]
Laboratorio Geología	899,1
2 piso oficina	40,9
Total	940

Envolvente	
[W/m ²]	[kW/m ²]
-46,91603284	-0,05

- En la (**Tabla N°63**) se puede observar que la carga sensible por ventilación (\dot{Q}_{vs}) fue reducida en un 58% respecto a la carga sensible por ventilación actual.
- El porcentaje de reducción, metros cuadrados y costo de implementación entre el estado actual y la instalación de la mampara, está señalado en la (**Tabla N°64**).

Tabla N°64: Tabla comparativa, solución Mampara.

Fuente: Elaboración propia.

Estado Actual [kW]	Solución Mampara [kW]	Área [m ²]	Porcentaje de reducción	Costo implementación
-80,28735939	-44,10191536	5,1765	45%	\$ 2.275.547

c) Instalación de parquet para aislación del piso

Se realizará la solución de instalar de parquet para poder reducir la pérdida de carga envolvente (\dot{Q}_c) producida en el piso. Al implementar este método se obtuvo como resultado:

Tabla N°65: Tabla comparativa, solución piso Parquet.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla resumen solución piso Parquet		
Cargas	\dot{Q} [W]	\dot{Q} [kW]
Carga envolvente (\dot{Q}_c)	-33889,593	-33,890
Carga sensible por ventilación (\dot{Q}_{vs})	-62192,700	-62,193
Carga latente por ventilación (\dot{Q}_{vl})	-1136,036	-1,136
Carga solar directa (\dot{Q}_{sr})	6144,753	6,145
Carga solar indirecta (\dot{Q}_{str})	7530,094	7,530
Carga interna por iluminación (\dot{Q}_{ii})	1140,000	1,140
Carga interna por ocupantes (\dot{Q}_{ip})	4219,350	4,219
Carga interna por artefacto (\dot{Q}_{ie})	5219,133	5,219
Total	-72964,999	-72,965

Laboratorio	Área [m ²]
Laboratorio Geología	899,122
2 piso oficina	40,896
Total	940,018

Envolvente	
[W/m ²]	[kW/m ²]
-77,62085	-0,0776209

- En la (Tabla N°65) se puede observar que la carga envolvente (\dot{Q}_c) fue reducida en un 18% respecto a la carga de envolvente actual.
- El porcentaje de reducción, metros cuadrados y costo de implementación entre el estado actual y la instalación del piso parquet, está señalado en la (Tabla N°66).

Tabla N°66: Tabla comparativa, solución piso Parquet.

Fuente: Elaboración propia.

Estado Actual [kW]	Solución piso Parquet [kW]	Área [m ²]	Porcentaje de reducción	Costo implementación
-80,28735939	-72,96499859	899,122	9%	\$ 17.959.962

13) CONCLUSIONES

En la actualidad, la industria de la construcción en Chile ha tenido grandes avances tecnológicos, los cuales han quedado positivamente demostrados en las nuevas reformas de implementación de materiales para optimizar el uso de energía en las edificaciones. Del mismo modo, los consumidores se han ido dando cuenta de la importancia del concepto de *comfort térmico*. En relación a lo mencionado anteriormente, se ha realizado el análisis energético del Edificio Aulas y del Laboratorio de Geología, desde el software Revit 2017, en donde se detectó a través del gráfico “Carga de Calefacción Mensual” cuál era la carga en donde predominaba la mayor pérdida de energía en cada edificación.

El contorno del **Edificio de Aulas** está compuesto por hormigón y en algunas zonas con revestimiento de ladrillo, por lo que en su estructura se concentra en tener una conductividad térmica mayor y esto implica un aumento en la pérdida de carga en la envolvente. También se concentra una mayor pérdida de carga sensible por ventilación, ya que hay un gran flujo de personas que transitan por el recinto y las puertas se mantienen abiertas. Por lo que se han propuestos dos posibles soluciones:

- Al aplicar la solución del sistema EIFS, este reducirá la carga energética total del edificio de Aulas en un **9%**, esta solución tiene un costo asociado de **\$6.278.441**, pero dado que la Universidad gasta mensualmente en sistema de caldera **\$889.736**, el gasto total mensual disminuirá a **\$813,677**, logrando un ahorro mensual de **\$76.059**. Dada a estas cifras se estima que la inversión se recuperaría aproximadamente en **28 años**, por lo que se descarta inmediatamente ya que no es considerada eficiente ya que la inversión y tiempo de retorno de dinero es muy extenso.
- Al aplicar la propuesta de instalación de las mamparas, podemos observar que el total del balance térmico corresponde a **-143,031 [kW]** de pérdida de energía, debido a la propuesta de instalación de las dos mamparas, este redujo la carga térmica total en un **52%**, disminuyendo el balance térmico total a **-67,983 [kW]**, esta solución tiene un costo asociado de **\$5.674.603**, pero dado que la Universidad gasta mensualmente en sistema de caldera **\$889.736**, el gasto mensual se reducirá a un total **\$466,840**, logrando un ahorro mensual de **\$422.896**. Dada a estas cifras se estima que la inversión se recuperaría aproximadamente en **4 años**. Con esta implementación se pudo disminuir la demanda de calefacción de **-74,29 [W/m²]** a **-35,31 [W/m²]**. además, según los resultados de la **Tabla N°68**, el proyecto es rentable, debido que el VAN (valor actual neto) es superior a **0**, es decir, los beneficios que se lograron tras la instalación de estas mamparas son superiores a lo invertido, por lo que después de los **4 años** empieza a quedar un saldo positivo. Por otra parte el proyecto tiene un periodo de retorno de **10 años**, el banco como tasa máxima de interés que podría cobrar sería hasta un **10%**, para que este proyecto siga siendo rentable, en caso de que fuera mayor, dejaría de ser rentable.

- Al aplicar ambas soluciones, este reducirá la carga total energética del edificio de Aulas en un **61%**, esta solución tiene un costo asociado de **\$11.953.044**, pero dado que la Universidad gasta mensualmente en un sistema de caldera **\$889.736**, el gasto mensual se reducirá a un total de **\$542.899**, logrando un ahorro mensual de **\$346.837**. dada a estas cifras se estima que la inversión se recuperaría aproximadamente en **8 años**, por lo que se descarta ya que no es considerada eficiente ya que la inversión y tiempo de retorno del dinero es muy extenso.

Por otra parte, la construcción del **Laboratorio de Geología** está compuesta por ladrillos con revestimiento de estuco y en algunas zonas con revestimiento de zincalum. Por lo tanto, su estructura se concentra en tener una conductividad térmica menor (ladrillo), considerando que la cantidad de m² de muros es baja en comparación a la cantidad de m² de piso. Para esto se han propuesto 3 posibles soluciones:

- Al aplicar la solución del sistema EIFS, este reducirá la carga energética total del laboratorio de Geología en un **4%**, esta solución tiene un costo asociado de **\$3.418.517**, pero dado que la Universidad gasta mensualmente en sistema de caldera **\$427.798**, el gasto mensual se reducirá a un total **\$411.725**, logrando un ahorro mensual de **\$76.059**. Dada a estas cifras se estima que la inversión se recuperaría aproximadamente en **72 años**, por lo que se descarta inmediatamente ya que no es considerada eficiente ya que la inversión y tiempo de retorno de dinero es muy extenso.
- Al aplicar la solución de la instalación de la mampara, podemos observar que el total del balance térmico corresponde a **-80,287 [kW]** de pérdida de energía, debido a la solución de instalación de una mampara, este redujo la carga térmica total en un **45%**, disminuyendo el balance térmico total a **-44,102 [kW]**, esta propuesta tiene un costo de **\$2.275.54**, pero dado que la Universidad gasta mensualmente en sistema de caldera **\$427.798**, el gasto mensual se reducirá a un total **\$192.808**, logrando un ahorro mensual de **\$234.990**. Dada a estas cifras se estima que la inversión se recuperaría aproximadamente en **4 años**. Con esta implementación se pudo disminuir la demanda de calefacción de **-85,41 [W/m2]** a **-46,91 [W/m2]**. Además, según los resultados de la **Tabla N°69**, el proyecto es rentable, debido que el VAN (valor actual neto) es superior a **0**, es decir, los beneficios que se lograron tras la instalación de estas mamparas son superiores a lo invertido, por lo que después de los **4 años** empieza a quedar un saldo positivo. Por otra parte el proyecto tiene un periodo de retorno de **10 años**, el banco como tasa máxima de interés que podría cobrar sería hasta un **12%**, para que este proyecto siga siendo rentable, en caso de que fuera mayor, dejaría de ser rentable.
- Al aplicar la solución de la instalación piso parquet, este reducirá la carga energética total del laboratorio de Geología en un **9%**, esta solución tiene un costo asociado de **\$17.959.962**, pero dado que la Universidad gasta mensualmente en sistema de caldera **\$427.798**, el gasto mensual se reducirá a un total **\$388.782**, logrando un ahorro mensual de **\$39.016**. Dada a estas cifras se estima que la inversión se recuperaría aproximadamente en **10 años**, por lo que se descarta inmediatamente ya que no es considerada eficiente ya que la inversión y tiempo de retorno de dinero es muy extenso.
- Al aplicar la combinación del sistema EIFS y la instalación de la mamara, este reducirá la carga energética total del laboratorio de Geología en un **49%**, esta solución tiene un costo asociado de **\$20.235.509**, pero dado que la Universidad gasta mensualmente en sistema de caldera **\$427.798**, el gasto mensual se reducirá a un total **\$208.882**, logrando un ahorro mensual de **\$218.916**. Dada a estas cifras se estima que la inversión se recuperaría aproximadamente en **10 años**, por lo que se descarta ya que no es considerada eficiente ya que la inversión y tiempo de retorno del dinero es muy extenso.
- Al aplicar la combinación del sistema EIFS y la instalación de la mampara, este reducirá la carga energética total del laboratorio de Geología en un **49%**, esta solución tiene un costo asociado de **\$5.694.064**, pero dado

que la Universidad gasta mensualmente en sistema de caldera **\$427.798**, el gasto mensual se reducirá a un total **\$208.882**, logrando un ahorro mensual de **\$218.916**. Dada a estas cifras se estima que la inversión se recuperaría aproximadamente en **10 años**, por lo que se descarta ya que no es considerada eficiente ya que la inversión y tiempo de retorno del dinero es muy extenso.

- Al aplicar la combinación de la instalación de la mampara y piso parquet, este reducirá la carga energética total del laboratorio de Geología en un **54%**, esta solución tiene un costo asociado de **\$20.235.509**, pero dado que la Universidad gasta mensualmente en sistema de caldera **\$427.798**, el gasto mensual se reducirá a un total **\$231.824**, logrando un ahorro mensual de **\$195.974**. Dada a estas cifras se estima que la inversión se recuperaría aproximadamente en **30 años**, por lo que se descarta inmediatamente ya que no es considerada eficiente ya que la inversión y tiempo de retorno del dinero es muy extenso.

Solución eficiente: para edificio Aulas

Dada las 3 posibles soluciones planteadas para disminuir el balance térmico del edificio de Aulas, se da a elegir la implementación de las dos mamparas, ya que es la solución eficiente, debido a que proporciona un porcentaje de reducción de la demanda energética considerable del **52%** y además tiene un costo de **\$5.674.603**

Solución eficiente: para laboratorio de Geología

Dada las 6 posibles soluciones planteadas para disminuir el balance térmico del laboratorio de Geología, se da a elegir la implementación de la mampara, ya que es la solución eficiente, debido a que proporciona un porcentaje de reducción de la demanda energética considerable del **45%** y además tiene un costo de **\$2.275.54**.

14) REFERENCIAS

- ⁴Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social, publicación n°335.
- ⁵NCh 1079 of 2008. Arquitectura y construcción-Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico.
- ⁶Manual de acondicionamiento térmico; una guía para el dueño de casa 2016. Concepción, Chile.
- ⁷Manual de acondicionamiento térmico criterios de intervención.
- ⁸Acondicionamiento térmico de edificios, Buenos Aires (Díaz, 2005)
- ⁹Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes
- ¹⁰Temperatura de confort. Revista Bit N°27, (Rodríguez, 2002)
- ¹¹https://www.meteored.cl/tiempo-en_Concepcion-America+Sur-Chile-Biobio-SCIE-sactual-18576.html
- ¹²<http://www.minenergia.cl/exploradorsolar/>
- ¹³Informe Proyecto de Título, Aldo Vidal Lepe. Concepción, Chile
- ¹⁴Dato obtenido de “Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes”, (Caracas 2004).
- ¹⁵http://www.vivionelectric.com/FileSystems/esp/descarga-de-informacion-tecnica/CATALOGO_GENERAL_VIVION_iluminacion.pdf
- ¹⁶<http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Eolico2/>
- ¹⁷“Estudio de Factibilidad para la implementación de un sistema de climatización con bomba de calor geotérmica en la facultad de ingeniería de la UCSC”, A.Vidal Lepe, 2017.
- NCh 853, (2007) – “Acondicionamiento térmico-Envoltura térmica de edificios-Cálculo de resistencias y transmitancia térmicas”. Instituto nacional de normalización.

ANEXO A

15) Elevaciones de las 4 orientaciones del laboratorio de geología

Dada la arquitectura básica del laboratorio de geología modelado mediante el Software Revit se generaron las 4 orientaciones (Sur, Este, Norte y Oeste).



Figura N°6: Laboratorio Geología, Orientación Sur
Fuente: Elaboración propia

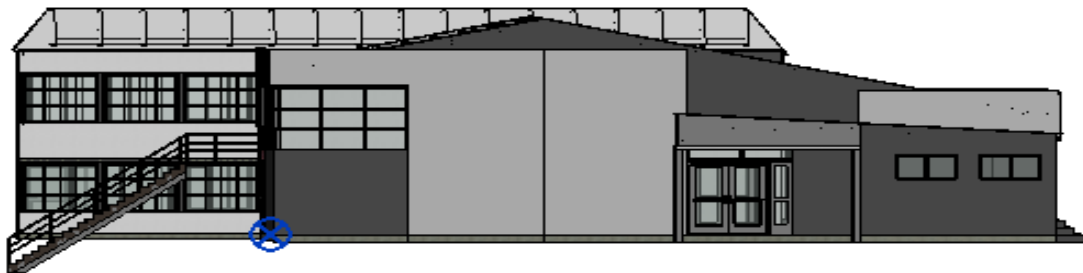


Figura N°7: Laboratorio Geología, Orientación Este
Fuente: Elaboración propia



Figura N°8: Laboratorio Geología, Orientación Norte
Fuente: Elaboración propia

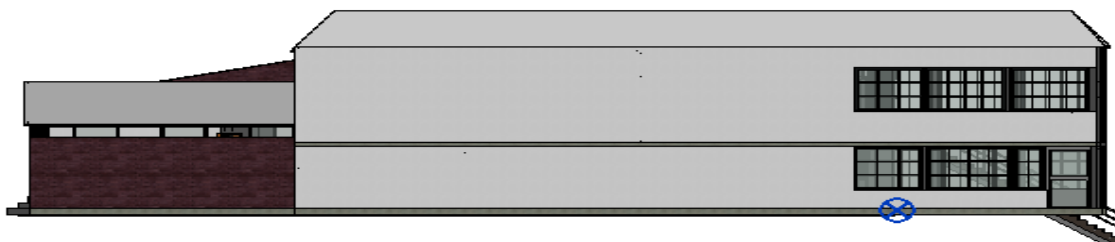


Figura N°9: Laboratorio Geología, Orientación Oeste
Fuente: Elaboración propia

16) Elevaciones de las 4 orientaciones del edificio de aulas

Dada la arquitectura básica del edificio de aulas modelado mediante el Software Revit se generaron las 4 orientaciones (Sur, Este, Norte y Oeste).



Figura N°10: Edificio aulas, Orientación Sur
Fuente: Elaboración propia

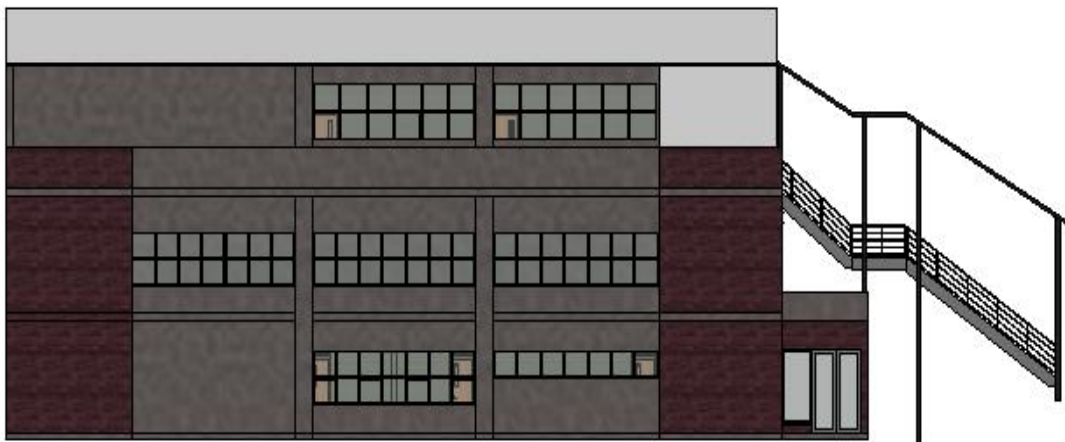


Figura N°11: Edificio aulas, Orientación Este
Fuente: Elaboración propia



Figura N°12: Edificio aulas, Orientación Norte
Fuente: Elaboración propio

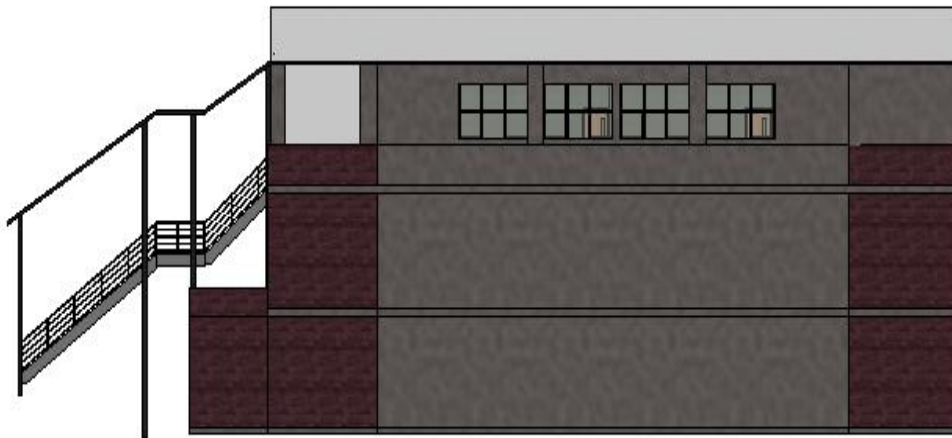


Figura N°13: Edificio aulas, Orientación Oeste
Fuente: Elaboración propio

17) TABLAS Y ECUACIONES

17.1 Cargas sensibles⁸, $\dot{Q}_{sensible}$

Las cargas térmicas sensibles, son las que realizan modificaciones en la temperatura del aire del recinto. Los factores que conforman la sumatoria de cargas sensibles están expresados en la **Ecuación (2)**.

$$\dot{Q}_{sensible} = \dot{Q}_s + \dot{Q}_c + \dot{Q}_{iii} + \dot{Q}_{iid} + \dot{Q}_{ips} + \dot{Q}_{ie} + \dot{Q}_{vs} \quad (2)$$

Dónde:

- \dot{Q}_s : Cargas solares.
- \dot{Q}_c : Cargas de elementos de la envolvente.
- \dot{Q}_{iii} y \dot{Q}_{iid} : Cargas internas de iluminación.
- \dot{Q}_{ips} : Cargas interna sensible por ocupante.
- \dot{Q}_{ie} : Cargas interna por artefacto.
- \dot{Q}_{vs} : Cargas sensible por ventilación.

17.2.1 Balance térmico de cargas solares⁸, \dot{Q}_s

17.2.1.1 Carga solar indirecta (muros y cubiertas), \dot{Q}_{srt}

La carga solar indirecta, corresponde a la carga de transmisión y radiación que se transmite a través de los muros y techos opacos que limitan con el exterior.

Los factores que conforman esta carga están expresados en la **Ecuación (3)**.

$$\dot{Q}_{srt} = U * S * (R * \alpha + R_{So}) \quad (3)$$

Donde:

- U: Transmitancia térmica del elemento [W/m²K].
- S: Superficie opaca expuesta a la diferencia de temperatura [K].
- R: Radiación solar total incidente [W/m²].
- α : Absortancia de la superficie [0-1].
- R_{So} : Resistencia de la película exterior de aire.

17.2.1.2 Carga solar directa (elementos vidriados), \dot{Q}_{sr}

Las ganancias solares directas se presentan a través de las ventanas, tras la radiación solar que atraviesa la superficie translúcida del vidrio e incide en el interior de la edificación, lo cual produce un incremento de la temperatura.

Los factores que conforman esta carga, están expresados en la **Ecuación (4)**.

$$\dot{Q}_{sr} = S * R * \theta \quad (4)$$

Donde:

- S: Superficie acristalada expuesto a la radiación [m²].
- R: Radiación solar que atraviesa la superficie del cristal [W/m²].
- θ : Coeficiente de ganancia solar.

⁸Acondicionamiento térmico de edificios, Buenos Aires (Díaz, 2005).

I. Radiación solar que atraviesa la superficie del cristal (R)

Los datos de la radiación solar incidente en la superficie del cristal de la edificación, fueron proporcionados por el Ministerio de Energía de Chile, en conjunto con la Universidad de Chile, estos fueron extraídos de la página <http://www.minenergia.cl/exploradorsolar/>

II. Coeficiente de ganancia solar o SHGC (θ)

El coeficiente de ganancia solar, expresa las ganancias solares que pasan a través de un acristalamiento, en relación a la radiación solar incidente. Estos datos están expresados en la **Tabla N°1**, el cual muestra el factor coeficiente (θ) para cada tipo de ventana.

Tabla N°1: Coeficiente de ganancia solar (θ).

Fuente: Elaboración propia, Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes⁹.

Ventanas con vidrio	Características S.H.G.C
Simple claro	0,86
Simple bronce/gris	0,73
Doble claro	0,76
Doble claro/gris	0,62
Doble alta tecnología Low E	0,48
Doble alta ganancia solar Low E	0,71
Doble moderada ganancia solar Low E	0,53
Doble baja ganancia solar Low E	0,39
Triple moderada ganancia solar Low E	0,5
Triple baja ganancia solar Low E	0,33

17.2.2 Balance térmico de cargas de los elementos de la envolvente⁸, \dot{Q}_c

La envolvente térmica se obtuvo mediante a los elementos del recinto, que limitan con el exterior (muros, ventanas, puertas, techumbre, piso). Los factores que conforman esta carga están expresados en la **Ecuación (5)**.

$$\dot{Q}_c = U * S * (T_{ext} - T_{int}) \quad (5)$$

Donde:

- U: Transmitancia térmica del elemento [W/m²K].
- S: Superficie expuesta a la diferencia de temperatura [m²].
- T_{ext} : Temperatura de aire expuesto [K].
- T_{int} : Temperatura de aire interior [K].

⁸Acondicionamiento térmico de edificios, Buenos Aires (Díaz, 2005)

⁹Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes

17.2.3 Carga sensible de ventilación⁸, \dot{Q}_{vs}

La carga sensible de ventilación corresponde a la infiltración y ventilación del aire exterior. Los factores que conforman esta carga están expresados en la **Ecuación (6)**.

$$\dot{Q}_{vs} = C_{e,aire} * V_{infil} * \rho * \Delta T \quad (6)$$

Donde:

- $C_{e,aire}$: Calor específico del aire [1012 J/Kg°C].
- V_{infil} : Caudal de aire de ventilación [m³/s].
- ρ : Densidad de aire [1,18 Kg/m³].
- ΔT : Diferencia de temperaturas entre el ambiente exterior e interior [°C].

➤ Caudal de aire de ventilación, V_{infil}

El aire de infiltración se obtiene a través de la orientación y la velocidad del uso de las ventanas y puertas que están ubicadas en el exterior de la edificación.

$$\dot{Q}_{infil} = A * V_{viento} \quad (6.1)$$

Donde

- A: Área de la puerta o ventana [m²].
- V_{viento} : Velocidad del viento [m/s].

17.2.4 Cargas internas de iluminación⁸, \dot{Q}_{ii}

Las cargas internas por iluminación son consideradas como aporte calórico, este calor se emite por convección, radiación y conducción. Los factores que conforman esta carga están expresados mediante las siguientes ecuaciones dependiendo de cada caso (7) y (8).

17.2.4.1 Carga interna sensible de iluminación para lámparas incandescentes⁸, $\dot{Q}_{ii,incandes}$.

$$\dot{Q}_{iii} = n * Pot_{lampara\ incandescente} \quad (7)$$

Donde:

- n: Número de lámparas de cada tipo.
- $Pot_{lampara\ incandescente}$: Potencia de la bombilla, lámparas incandescente [W].

17.2.4.2 Carga interna sensible de iluminación para lámparas de descarga⁵, $\dot{Q}_{ii,descarga}$

$$\dot{Q}_{iid} = 1,25 * n * Pot_{lampara\ descarga} \quad (8)$$

Donde:

- n: Número de lámparas de cada tipo.
- $Pot_{lampara\ incandescente}$: Potencia de la bombilla, lámparas incandescentes [W].

⁸Acondicionamiento térmico de edificios, Buenos Aires (Díaz, 2005)

17.2.4 Carga interna sensible por ocupante⁸, \dot{Q}_{ips}

Las cargas internas sensibles por ocupante, corresponden a las cargas que aporta cada persona a la edificación. Los fenómenos que están involucrados en la ganancia o pérdida de calor son debido a la radiación, convección, conducción, evaporización y respiración.

Los factores que conforman esta carga están expresados en la **Ecuación (9)**.

$$\dot{Q}_{ips} = n * C_{sensible, persona} \quad (9)$$

Donde:

- n: Número de usuarios estimados en el recinto.
- $C_{sensible, persona}$: Calor sensible por persona y actividad que realice [W].

17.2.5 Carga interna por artefacto⁸, \dot{Q}_{ie}

La carga interna por artefacto, corresponde a la suma total de cada una de las potencias de los aparatos eléctricos que se encuentren en el recinto, transformando esta potencia en calor para la edificación.

Los factores que conforman esta carga están expresados en la **Ecuación (10)**.

$$\dot{Q}_{ie} = \sum n * C_{artefacto} \quad (10)$$

Donde:

- n: Número de artefactos en el recinto.
- $C_{artefacto}$: Carga térmica sensible de cada artefacto a considerar [W].

17.3 Carga latentes⁸, $\dot{Q}_{latentes}$

Las cargas térmicas latentes $\dot{Q}_{latentes}$ son las que realizan modificaciones en la humedad absoluta del aire en una edificación. Estas están expresadas en la **Ecuación (11)**.

$$\dot{Q}_{latente} = \dot{Q}_{ipl} + \dot{Q}_{vl} \quad (11)$$

Donde:

- \dot{Q}_{ipl} : Carga latente por ocupante.
- \dot{Q}_{vl} : Carga latente de ventilación.

17.3.1 Carga latente por ocupante⁸, \dot{Q}_{ipl}

La carga latente por ocupante, corresponde al calor latente que aporta cada persona a la edificación. Los factores que conforman esta carga están expresados en la **Ecuación (12)**.

$$\dot{Q}_{ipl} = n * C_{latente, persona} \quad (12)$$

Donde:

- n: Número de personas que ocupan el recinto.
- $C_{latente, persona}$: Carga latente por persona según actividad que realice.

17.3.2 Carga latente por ventilación⁸, \dot{Q}_{vl}

Las cargas latentes por ventilación, corresponden a las pérdidas o ganancias de calor transmitidas por infiltraciones y ventilaciones de aire, que van desde el exterior hasta el interior del recinto, dependiendo de las humedades existentes. Los factores que conforman esta carga están expresados mediante la **Ecuación (13)**.

⁸Acondicionamiento térmico de edificios, Buenos Aires (Díaz, 2005).

$$\dot{Q}_{vl} = V_r * 0,84 * \Delta W \quad (13)$$

Donde:

- V_r : Caudal de aire infiltrado y ventilación [m³/s].
- ΔW : Diferencial de humedad entre el ambiente exterior e interior [$W_{ext} - W_{int}$].

➤ Caudal de aire infiltrado y ventilación⁸:

Una vez determinada la cantidad de aire filtrado, se establecerá de forma global la base de un cierto número de renovaciones requeridas de acuerdo al tipo de recinto⁵. Estas están expresadas en la **Ecuación (13.1)**.

$$V_r = V * R.A.H \quad (13.1)$$

Donde:

- V: Volumen del recinto [m³]
- R.A.H: Número de renovación por hora/segundo el tipo de recinto [$1/h$]

18) CARGA TERMICA DE CALDERA

18.1 Cargas térmicas de caldera para el edificio de Aulas

Tabla N°2: Especificaciones técnicas de la caldera del edificio de Aulas.

Fuente: Elaboración propia, proporcionados por UCSC.

		Modelo
		Fonderie SIME S.p.A
Potencia Térmica	Nominal Max (kW)	147,1
	Nominal min (kW)	-
	Útil (kW)	126,5
Agua Caldera	Capacidad (L)	122
	Presión Max (Bar)	7,5
	Temperatura Max °C	95
	Rendimiento (%)	86
	Alimentación Eléctrica	230V-50Hz-max 3A

Tabla N°3: Especificaciones técnicas de la caldera del edificio Aulas.

Fuente: Elaboración propia, proporcionados por UCSC.

Modelo	Potencia útil a su eficiencia requerida[kW]	Tipo de combustible	Consumo eléctrico [kW]	Consumo de gas [m ³]	Horas de funcionamiento	Consumo en kWh	kWh
Fonderie SIME S.p.A	75,9	Gas	0,16	81,972	12	910,8	1,92

⁸Acondicionamiento térmico de edificios, Buenos Aires (Díaz, 2005).

18.2 Cargas térmicas de caldera para el laboratorio de Geología

Tabla N°4: Especificaciones técnicas de la caldera del laboratorio de Geología.

Fuente: Elaboración propia, proporcionados por UCSC.

		Modelo
		RB 30/36 Lnox FE
Potencia Térmica	Nominal Max (kW)	49,2
	Nominal min (kW)	-
	Útil (kW)	35
Agua Caldera	Capacidad (L)	-
	Presión Max (Bar)	3,5
	Temperatura Max °C	80°
	Rendimiento (%)	71,1
	Alimentación Eléctrica	220 VAC

Tabla N°5: Especificaciones técnicas de la caldera del laboratorio del Geología.

Fuente: Elaboración propia, proporcionados por UCSC.

Modelo	Potencia útil a su eficiencia requerida[kW]	Tipo de combustible	Consumo eléctrico [kW]	Consumo de gas [m3]	Horas de funcionamiento	Consumo en kWh	kWh
RB 30/36 Lnox FE	35,0	Gas	0,16	37,8	12	420	1,92

Tabla N°7: Temperatura y humedad exteriores, de los tres meses más fríos del año.

Fuente: Elaboración propia, proporcionados por UCSC.

	Junio			Julio			Agosto	
	T° mínima	Humedad		T° mínima	Humedad		T° mínima	Humedad
Promedio	8,2	0,8805	Promedio	7,3225	0,853	Promedio	6,354	0,831

19) Absortancia

Tabla N°11: Absortancia (%).

Fuente: Dato obtenido de “Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes”, (Caracas 2004).

Material	Absortancia (%)
ladrillo Rojo	0,88
Madera lisa	0,8
Concreto	0,65
Hoja de aluminio pulido reflectora	0,12
Pintura negra	0,95
Pintura gris Oscura	0,91
Pintura Marrón media	0,84
Pintura verde o gris (clara)	0,84
Pintura blanca semi-brillante	0,57
Pintura blanca brillante	0,25

20) Calor sensible y latente según actividad de la persona

Tabla N°14: Calor sensible y latente según actividad de la persona.

Fuente: Acondicionamiento térmico de edificios.

Calor sensible y latente por ocupante		
Actividad	\dot{Q} sensible [W]	\dot{Q} latente [W]
Sentado haciendo trabajo ligero	72	45
Realizando trabajo moderado de oficina	73	59

21) Carga térmica de elementos eléctricos del edificio Aulas

Tabla N°15: Carga térmica de elementos eléctricos del edificio de Aulas

Fuente: Dato obtenido de “Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes”, (Caracas 2004).

Carga térmica de artefactos eléctricos		
Tipo de artefacto	Carga térmica [kW]	% de funcionamiento del día (12 horas)
Hervidor de agua	0,25	0,416666667
Microonda	0,08	0,416666667
Impresora	0,15	0,416666667
Computador de escritorio	0,2	0,5

Notebook	0,2	0,5
Proyector	3	0,083333333
Radio	0,075	0,333333333

21) Carga térmica de elementos eléctricos laboratorio de Geología

Tabla N°67: Carga térmica de elementos eléctricos del laboratorio de Geología.

Fuente: Dato obtenido de "Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes", (Caracas 2004).

Carga térmica de artefactos		
Tipo de artefacto	Carga térmica [kW]	% de funcionamiento del día
hervidor de agua	0,25	0,416666667
microondas	0,08	0,416666667
impresora	0,15	0,416666667
computador de escritorio	0,2	0,5
notebook	0,2	0,5
proyectores	3	0,083333333
radio	0,075	0,333333333
Televisor	0,3	0,333333333
Variador de frecuencia SIEMENS	1,1	0,091666667
Convertidor PARKED	1	0,083333333
Motor de inducción ABB	0,22	0,018333333
Motor de inducción SIEMENS	0,6	0,05
Motor de corriente continua VASCAT	0,92	0,076666667

22) Rosa de los vientos de los 3 meses más fríos

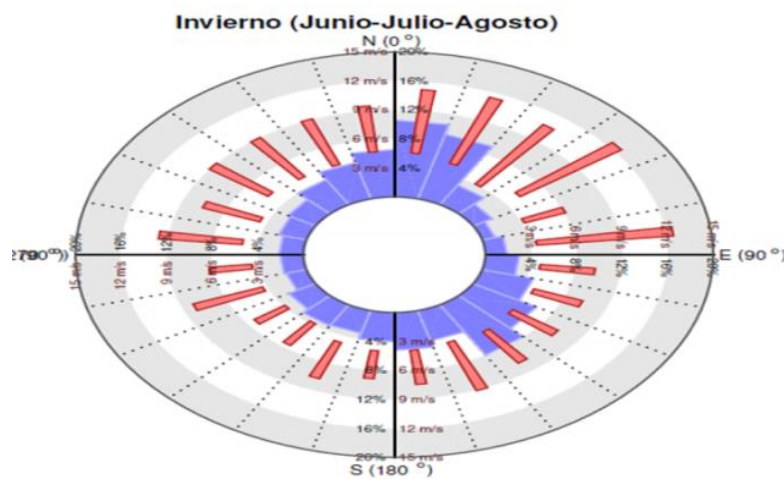


Figura N°14: Rosa de los vientos de los tres meses más fríos.

Fuente: Ministerio de energía en conjunto con la Universidad de Chile¹⁶.

¹⁶<http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Eolico2/>

23) Renovación de aire por hora, para edificio Aulas y laboratorio de Geología

Tabla N°17: Renovación de aire por hora, para el edificio Aulas y laboratorio de Geología.

Fuente: Elaboración propia.

Renovación de aire por hora para el edificio de aulas y laboratorio de geología			
-	R.A.H	[1/h]	[1/s]
Oficinas/aulas/laboratorios/salas	4 a 8	6	0,00167

24) Tabla resumen superficies por orientación para edificio Aulas

Tabla N°18: Tabla resumen superficies por orientación.

Fuente: Elaboración propia.

Área vidriada	Superficie por orientación [m2]			
	Sur	Este	Norte	Oeste
Ventanas	76,328	55,878	60,746	16,32
Puertas de vidrio	9,022	3,887	4,385	0
Total	85,35	59,765	65,131	16,32

25) Transmitancia para cada tramo y superficie para el edificio Aulas

Tabla N°20: Transmitancia para cada tramo y superficie.

Fuente: Elaboración propia.

		Materiales	U[W/m2*k]	Superficie por orientación [m2]			
				Sur	Este	Norte	Oeste
Muros	Tramo 1	ladrillo	0,428	171,184	209	185,039	251,273
		hormigón					
		tablero yeso cartón					
	Tramo 2	hormigón	0,323				
		ladrillo	0,888				
	Tramo 3	hormigón					
		tablero yeso cartón					
		zincalum	2,475				
	Tramo 4	hormigón					
		tablero yeso cartón					
Tramo 5	hormigón	0,781					
	Techo	zincalum	0,698	631,187			
OSB							

		tablero yeso cartón		
		lana de roca		
	Techo balcón	hormigón	3,099	18,093

26) Transmitancia y áreas de ventanas edificio Aulas

Tabla N°22: Transmitancia y áreas de ventanas.

Fuente: Elaboración propia.

Nombre	e [m]	λ [W/m*k]	R [m ² *k°/W]	U [W/m ² *k°]	Área	Área total
Marco de aluminio	0,003	210	0,00001	5,882	3,495	27,155
Vidrio	0,005	1,2	0,004	5,742	23,661	

27) Transmitancia y áreas de puertas edificio Aulas

Tabla N°23: Transmitancia y áreas puertas.

Fuente: Elaboración propia.

Nombre	e [m]	λ [W/m*k]	R [m ² *k°/W]	U [W/m ² *k°]	Área	Área total
Marco de aluminio	0,003	210	0,00001	5,882	1,7464	12,7823
Vidrio	0,005	1,2	0,004	5,742	11,036	

28) Cantidad de ocupantes de carga sensible para edificio Aulas

Tabla N°26: Cantidad de ocupantes.

Fuente: Elaboración propia.

Cantidad de ocupantes					
	Salas	Baños	Espacio auxiliares	Biblioteca	Total
Primer piso	112	4	1	0	117
Tercer piso	133	4	1	0	138
Total	245	8	2	0	255

29) Cantidad de ocupantes de carga latente para edificio Aulas

Tabla N°70: Cantidad de ocupantes.

Fuente: Elaboración propia.

Cantidad de ocupantes	
	Biblioteca
Segundo piso	35
Total	35

30) Cantidad de ocupantes de carga latente para laboratorio de Geología

Tabla N°71: Cantidad de ocupantes.

Fuente: Elaboración propia.

Cantidad de ocupantes	
Oficina	
Total	11

31) Área de infiltración por orientación para edificio Aulas

Tabla N°30: Área de infiltración por orientación.

Fuente: Elaboración propia.

Área total de infiltración por orientación [m ²]				
Elemento	Sur	Este	Norte	Oeste
Ventanas	7,632	5,587	6,074	1,632
Puertas	4,511	3,886	4,384	-

32) Caudal de aire infiltrado en ventanas y puertas para edificio Aulas

Tabla N°31: Caudal de aire infiltrado en ventanas y puertas

Fuente: Elaboración propia

Caudal de aire infiltrado [m ³ /s]				
Elemento	Sur	Este	Norte	Oeste
Ventanas	11,067	11,175	12,452	2,529
Puertas	32,704	38,868	44,941	-

33) Caudal de aire infiltrado y ventilación para edificio Aulas

Tabla N°33: Caudal de aire infiltrado y ventilación (V_r).

Fuente: Elaboración propia.

	Volumen [m ³]	V_r [m ³ /s]
Piso 1	2163,596	3,605
Piso 2	2262,841	3,771
Piso 3	2319,008	3,865
Total edificio Aulas	6745,445	11,241

34) Tabla resumen superficie por orientación para laboratorio Geología

Tabla N°42: Tabla resumen superficies por orientación.

Fuente: Elaboración propia.

Área vidriada	Superficie por orientación [m ²]			
	Sur	Este	Norte	Oeste
Ventanas	75,675	8,037	19,84	2,328
Puertas de vidrio	6,479	5,177	0	0
Total	82,154	13,214	19,84	2,328

35) Transmitancia para cada muro y superficie para laboratorio Geología
Tabla N°44: Transmitancia para cada tramo y superficie.
Fuente: Elaboración propia.

		Materiales	U[W/m2*k]	Superficie por orientación [m2]			
				Sur	Este	Norte	Oeste
Muros	Tramo 1	ladrillo	2,0158	145,577	76,494	138,631	83,736
	Tramo 2	Estuco	2,3635				
		ladrillo					
		Estuco					
	Tramo 3	zincalum	0,3445				
		tablero yeso cartón					
		lana de roca					
		tablero yeso cartón					
		Estuco					
		ladrillo					
	Tramo 4	Estuco	2,3634				
		zincalum					
		Estuco					
ladrillo							
Techo	Cubierta	zincalum	0,386	923,488			
		osb					
	Cielo	tablero yeso cartón					
		lana de roca					

36) Transmitancia y áreas de ventanas para laboratorio Geología
Tabla N°46: Transmitancia y áreas de ventanas.
Fuente: Elaboración propia.

Nombre	e [m]	λ [W/m*k]	R [m2*k°/W]	U [W/m2*k°]	Área	Área total
Marco de aluminio	0,003	210	0,00001	5,882	2,088	13,726
Vidrio	0,005	1,2	0,004	5,742	11,638	

37) Transmitancia y áreas de puertas para laboratorio Geología
Tabla N°47: Transmitancia y áreas puertas.

Fuente: Elaboración propia.

Nombre	e [m]	λ [W/m*k]	R [m2*k°/W]	U [W/m2*k°]	Área	Área total
Marco de aluminio	0,003	210	0,00001	5,882	7,465	10,788
Vidrio	0,005	1,2	0,004	5,742	3,323	

Nombre	e [m]	λ [W/m*k]	R [m2*k°/W]	U [W/m2*k°]	Área	Área total
Acero	0,0045	58	0,00008	5,88	7,79	7,79

38) Área de infiltración por orientación para laboratorio Geología

Tabla N°54: Área de infiltración por orientación.

Fuente: Elaboración propia

Área total de infiltración por orientación [m2]				
Elemento	Sur	Este	Norte	Oeste
Ventanas	7,567476	0,8037	1,984	0,2328
Puertas	6,45405	5,1765	13,68	0

39) Caudal de aire infiltrado en puertas y ventanas para laboratorio Geología

Tabla N°55: Caudal de aire infiltrado en ventanas y puertas

Fuente: Elaboración propia

caudal de aire infiltrado m3/s				
Elemento	Sur	Este	Norte	Oeste
Ventanas	5,4864201	0,8	2,0336	0,18042
Puertas	46,7918625	51,765	140,22	-

40) Caudal de aire infiltrado y ventilación para laboratorio de Geología

Tabla N°57: Caudal de aire infiltrado y ventilación (V_r).

Fuente: Elaboración propia.

Caudal de aire infiltrado y ventilación		
	Volumen [m3]	Vr [m3/s]
Total edificio Geología	3178,087	5,297

41) ANÁLISIS DE RENTABILIDAD

Para evaluar y obtener la recuperación de la inversión se tiene que realizar un análisis de presupuesto en donde las variables que están interactuando son el VAN (valor actual neto) y el TIR (tasa de interés de retorno), el cual representan el beneficio o pérdida total del proyecto. Mediante la siguiente (**Ecuación N°14**) se realiza el cálculo del VAN.

$$VAN = Inversión + \sum_{t=1}^{t=T} \frac{FCt}{(1+r)^t} \quad (14)$$

Donde:

- t: Tiempo estimado (se consideró para el edificio Aulas y laboratorio Geología, t=10 años)

- r: Tasa de descuento al año (8%)¹⁷
- FCt: Son los flujos de caja netos de cada año.

¹⁷“Estudio de Factibilidad para la implementación de un sistema de climatización con bomba de calor geotérmica en la facultad de ingeniería de la UCSC”, A.Vidal Lepe, 2017.

41.1 Recuperación de inversión para edificio Aulas

Tabla N°68: Recuperación de la inversión de la solución
Fuente: Elaboración propia.

Interés del banco al año		0,08	
Flujo efectivo neto Mampara		Ahorro acumulado	
AÑO	Ahorro anual	\$	
1	\$ 1.400.520	\$	-5.674.603
2	\$ 1.400.520	\$	-4.274.082
3	\$ 1.400.520	\$	-2.873.562
4	\$ 1.400.520	\$	-1.473.041
5	\$ 1.400.520	\$	-72.521
6	\$ 1.400.520	\$	1.327.999
7	\$ 1.400.520	\$	2.728.520
8	\$ 1.400.520	\$	4.129.040
9	\$ 1.400.520	\$	5.529.561
10	\$ 1.400.520	\$	6.930.081
VAN		\$1.876.890	
TIR		10%	

- Debido a que el VAN es superior a **0**, esto indica que al décimo año la instalación de las mamparas empieza a ser rentable y dado a un periodo de retorno de **10 años**, el banco como tasa máxima de interés que podría cobrar sería hasta un **10%**, para que este proyecto siga siendo rentable, en caso de que fuera mayor, dejaría de ser rentable.

41.2 Recuperación de inversión para laboratorio de Geología

Tabla N°69: Recuperación de la inversión de la solución

Fuente: Elaboración propia

Interés del banco al año	0,08
--------------------------	------

Flujo efectivo neto Mampara		Ahorro acumulado	
AÑO	Ahorro anual	\$	
			-2.275.547
1	\$ 578.425	\$	-1.697.122
2	\$ 578.425	\$	-1.118.697
3	\$ 578.425	\$	-540.272
4	\$ 578.425	\$	38.153
5	\$ 578.425	\$	616.578
6	\$ 578.425	\$	1.195.003
7	\$ 578.425	\$	1.773.428
8	\$ 578.425	\$	2.351.853
9	\$ 578.425	\$	2.930.278
10	\$ 578.425	\$	3.508.702

VAN	\$1.261.364
TIR	12%

- Debido a que el VAN es superior a **0**, esto indica que al décimo año la instalación de la mamparas empieza a ser rentable y dado a un periodo de retorno de **10 años**, el banco como tasa máxima de interés que podría cobrar sería hasta un **12%**, para que este proyecto siga siendo rentable, en caso de que fuera mayor, dejaría de ser rentable.

42) ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU) PARA EDIFICIO AULAS

Nombre	Instalacion nueva Mampara de acceso zona Sur								
Unidad	\$/m2								
Fecha	oct-19								
Cantidad	12,9088								
Item	Unidad	R.U	Unidad	R.C	Unidad	Precio unitario	Unidad	Precio total	unidad
Mano de obra									
Maestro	día	3	m2/dia	8	m2/dia	25000	\$/dia	3125	\$/m2
Ayudante	día	2	m2/dia	8	m2/dia	18000	\$/dia	2250	
Maestro electricista	día	3	m2/dia	8	m2/dia	25000	\$/dia	3125	\$/m2
					Leyes sociales	29%		2465	\$/m2
								Total mano de obra	10965 \$/m2
Materiales									
Puerta corredera automática, c	Unidad	1	m2/und	1	und/m2	408.216	\$/galon	408216	\$/m2
								Subtotal	408.216
								5% Perdidas	20.411 \$/m ²
								Total materiales	428627 \$/m2
								Total APU	439592 \$/m2
								COSTO	5.674.603 \$



Nombre	Recubrimiento Sistema EIFS en exterior								
Unidad	\$/m2								
Fecha	oct-19								
Cantidad	816,254								
Item	Unidad	R.U	Unidad	R.C	Unidad	Precio unitario	Unidad	Precio total	unidad
Mano de obra									
Maestro	dia	30	m2/dia	40	m2/dia	30000	\$/dia	750	\$/m2
Ayudante	dia	10	m2/dia	40	m2/dia	20000	\$/dia	500	\$/m2
					Leyes sociales	29%		363	\$/m2
					Total mano de obra			1613	\$/m2
Materiales									
Recubrimiento elastometrico tipo Profinish	galón	3	m ² /galón			9.190	\$/galon	3063	\$/m2
poliestireno expandido 30 mm d 25kg/m3	Un	10	m ² /un			13.000	\$/un	1300	\$/m2
Mortero polimerico 25 kg	kg	16,6	m ² /kg			9.720	\$/kg	586	\$/m2
Malla fibra de vidrio 0,97x45,7m	Un	44	m ² /un			37.000	\$/un	841	\$/m2
						Subtotal		5.790	
						5% Perdidas		289	\$/m ²
					Total materiales			6079	\$/m2
					Total APU			7692	\$/m2
								COSTO	6.278.441
									\$

43) ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU) PARA LABORATORIO DE GEOLOGÍA

Nombre	Instalacion nueva Mampara de acceso zona Sur								
Unidad	\$/m2								
Fecha	oct-19								
Cantidad	5,1765								
Item	Unidad	R.U	Unidad	R.C	Unidad	Precio unitario	Unidad	Precio total	unidad
Mano de obra									
Maestro	dia	3	m2/dia	8	m2/dia	25000	\$/dia	3125	\$/m2
Ayudante	dia	2	m2/dia	8	m2/dia	18000	\$/dia	2250	\$/m2
Maestro electricista	dia	3	m2/dia	8	m2/dia	25000	\$/dia	3125	\$/m2
					Leyes sociales	29%		2465	\$/m2
					Total mano de obra			10965	\$/m2
Materiales									
Puerta corredera automatica de al	Unidad	1	m2/und	1	und/m2	408.216	\$/galon	408216	\$/m2
Puerta corredera automática, de alumminio y vidrio, con dos hojas deslizantes y dos hojas fijas						Subtotal		408.216	
						5% Perdidas		20.411	\$/m ²
					Total materiales			428627	\$/m2
					Total APU			439592	\$/m2
								COSTO	2.275.547
									\$



Nombre	Recubrimiento Sistema EIFS en exterior								
Unidad	\$/m2								
Fecha	oct-19								
Cantidad	444,438								
Item	Unidad	R.U	Unidad	R.C	Unidad	Precio unitario	Unidad	Precio total	unidad
Mano de obra									
Maestro	dia	30	m2/dia	40	m2/dia	30000	\$/dia	750	\$/m2
Ayudante	dia	10	m2/dia	40	m2/dia	20000	\$/dia	500	\$/m2
					Leyes sociales	29%		363	\$/m2
					Total mano de obra			1613	\$/m2
Materiales									
Recubrimiento elastometrico tipo Profinish	galón	3	m ² /galón			9.190	\$/galon	3063	\$/m2
poliestireno expandido 30 mm d 25kg/m3	Un	10	m ² /un			13.000	\$/un	1300	\$/m2
Mortero polimerico 25 kg	kg	16,6	m ² /kg			9.720	\$/kg	586	\$/m2
Malla fibra de vidrio 0,97x45,7m	Un	44	m ² /un			37.000	\$/un	841	\$/m2
						Subtotal		5.790	
						5% Perdidas		289	\$/m ²
						Total materiales		6079	\$/m2
						Total APU		7692	\$/m2
							COSTO	3.418.517	\$

Nombre	Instalacion de piso Parquet								
Unidad	\$/m2								
Fecha	oct-19								
Cantidad	899,122								
Item	Unidad	R.U	Unidad	R.C	Unidad	Precio unitario	Unidad	Precio total	unidad
Mano de obra									
Maestro	dia	20	m2/dia	60	m2/dia	20000	\$/dia	333	\$/m2
Ayudante	dia	20	m2/dia	60	m2/dia	15000	\$/dia	250	\$/m3
Ayudante	dia	20	m2/dia	60	m2/dia	15000	\$/dia	250	\$/m4
					Leyes sociales	29%		242	\$/m2
					Total mano de obra			1075	\$/m2
Materiales									
Piso parquet	m2	1	m2/m2	1	m2/m2	18.000	\$/un	18000	\$/m2
						Subtotal		18.000	
						5% Perdidas		900	\$/m ²
						Total materiales		18900	\$/m2
						Total APU		19975	\$/m2
							COSTO	17.959.962	\$



UCSC

Simposio de Habilitación Profesional
Departamento de Ingeniería Civil
Diciembre 2019