



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA



DETERMINACIÓN DE LA CARGA TÉRMICA Y DISEÑO DE UN
SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO EN EL AUDITORIO DE
LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA, PUNO 2023

TESIS

PRESENTADA POR:

YORDY FLORES BUSTAMANTE

DORIAN CHAGUA ISIDRO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PUNO – PERÚ

2023



NOMBRE DEL TRABAJO

DETERMINACIÓN DE LA CARGA TÉRMICA Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO EN EL AUDITORIO DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, PUNO 2023

AUTOR

YORDY/DORIAN FLORES BUSTAMANTE /CHAGUA ISIDRO

RECuento DE PALABRAS

25096 Words

RECuento DE CARACTERES

135434 Characters

RECuento DE PÁGINAS

116 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

1.8MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 21, 2023 1:30 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 21, 2023 1:32 PM GMT-5

● **17% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 16% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)

 
Dr. Fredy Bernardo Coylla Apaza
CIP: 166054
Vº Bº
SUB DIRECTOR (E) DE INVESTIGACIÓN
EPIME

 
Dr. Fredy Bernardo Coylla Apaza
CIP: 166054
ASESOR DE TESIS

Resumen



DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el proceso.

A Mi Madre, (luz m. Bustamante A.) A quien tanto quiero, por darme la vida y brindarme comprensión, aliento y cariño. Por el apoyo ilimitado e incondicional que siempre me has dado, por tener siempre la fortaleza de salir adelante sin importar los obstáculos no hay palabras en este mundo para agradecerte, mamá.

A Mi Padre, (Juan J. Flores C.) Mi gran amigo, por ser una persona de digno respeto junto a sus sabios consejos, sacrificio, empeño y perseverancia en cada momento de mi existencia lo cual determinó a ser una gran persona y profesional.

A Mi Hermana, Con todo mi cariño este informe te lo dedico, que siempre estuviste listo para brindarme todo tu apoyo, ahora me toca regresar un poquito de todo lo inmenso que me has otorgado.

Yordy Flores Bustamante



DEDICATORIA

A mis padres German, Nolberta. por concederme la vida, brindarme valiosas enseñanzas día a día, por aconsejarme en malos momentos y apoyarme durante mis estudios, son mi fuerza para seguir adelante. A mi familia por su paciencia y comprensión demostrarme que nada es imposible. A mis dos hijos Jessie y Miguel.

Dorian Chagua Isidro



AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a la universidad del Nacional del Altiplano por haberme aceptado ser parte de ella y abierto sus puertas para estudiar mi carrera, así como también los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante. Agradezco con todo mi corazón a mi madre, pues sin ella no lo hubiera logrado. Tu bendición a diario a lo largo de la vida me protege y me lleva por el camino del bien. A mi padre Pedro, por comprender mis decisiones y apoyarme a pesar de todo. A mis compañeros de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica por su amistad y confianza durante los cinco años de estudio.

Yordy Flores Bustamante

Dorian Chagua Isidro



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

RESUMEN 10

ABSTRACT..... 11

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 16

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 19

1.2.1. Problema general 19

1.2.1. Problemas específicos 19

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO 19

1.3.1. Justificación económica 19

1.3.2. Justificación ambiental 20

1.3.3. Justificación social 20

1.3.4. Justificación práctica 20

1.4. OBJETIVOS..... 20

1.4.1. Objetivo General 20

1.4.2. Objetivos Específicos 20

1.5. HIPÓTESIS..... 21

1.5.1. Hipótesis General 21

1.5.2. Hipótesis Específicas 21

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN..... 22

2.1.1. A nivel internacional..... 22



2.1.2. A nivel nacional	25
2.1.3. A nivel local.....	28
2.2. MARCO TEÓRICO	29
2.2.1. Carga térmica.....	29
2.2.2. Tipos de carga térmica.....	33
2.2.3. Sistemas	34
2.2.4. Clasificación según tipo de acondicionamiento.....	35
2.2.5. Clasificación según equipo de aire acondicionado	38
2.2.6. Instalación centralizada.....	39
2.2.7. Clasificación según método de refrigeración.....	40
2.2.8. Evaluación de la propuesta	42
CAPITULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1. DISEÑO Y TIPOS DE INVESTIGACIÓN.....	44
3.1.1. Tipo de la investigación	44
3.1.2. Diseño de la investigación	44
3.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	45
3.2.1. Variables	45
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	46
3.3.1. La población	46
3.3.2. La muestra.....	46
3.3.3. Muestreo	47
3.4. RECOLECCIÓN DE DATOS CON TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	47
3.4.1. Técnica de Recolección de datos	47
3.4.2. Instrumentos de recolección de datos	47
3.4.3. Procedimientos.....	47
3.4.4. El lugar de estudio	48
3.4.5. Materiales.....	48



CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS	50
4.1.1. Descripción del entorno	50
4.1.2. Ubicación	50
4.1.3. Equipamiento y usos del auditorio.....	51
4.1.4. Dimensiones del auditorio	52
4.1.5. Requerimientos del auditorio.....	52
4.1.6. Cálculo de cargas térmicas	55
4.1.7. Transmisión de calor a través de las superficies externas del edificio	70
4.1.8. Ventilación e infiltración	76
4.1.9. Cálculo de la carga de enfriamiento total	81
4.1.10. Diseño de la instalación	83
4.1.11. Selección de equipos.....	85
4.1.12. Difusores	87
4.1.13. Ductos	91
4.1.14. Unidad evaporada	95
4.1.15. Unidad condensadora.....	95
4.1.16. Controles	96
4.1.17. Equipos seleccionados	96
4.1.18. Evaluación técnico-económica	96
4.1.19. Costo de los equipos	97
4.1.20. Costo del sistema de distribución	99
4.1.21. Costo del servicio de instalación	100
4.1.22. Comparación con el sistema actual.....	100
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS GENERAL	101
CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	102
Hipótesis específica 1	102



Hipótesis específica 2	103
Hipótesis específica 3	104
4.3. DISCUSIÓN	105
V. CONCLUSIONES.....	107
VI. RECOMENDACIONES	109
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	110
ANEXOS.....	115

Área: Mecánica

Línea: diseño de un sistema de aire acondicionado

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 25 de agosto de 2023



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cargas Térmicas.....	31
Figura 2: Sistemas Todo - Agua.....	36
Figura 3: Ubicación de la Universidad Nacional del Altiplano.	50
Figura 4: Ubicación de la Escuela Profesional de Mecánica Eléctrica.	51
Figura 5: Pared del auditorio.	55
Figura 6: Área de ventanas por ambiente y orientación	63
Figura 7: Ángulos solares	66
Figura 8: Esquema de un sistema de mezcla de aire exterior con aire de retorno.....	83



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Cargas térmicas interiores del Auditorio	54
Tabla 2:	Cálculo de cargas térmicas internas	56
Tabla 3:	Calor aportado por las personas	59
Tabla 4:	Calor aportado por las luminarias	60
Tabla 5:	Área de ventanas por ambiente y orientación	61
Tabla 6:	Orientación de superficie y acimut, medidos al sur	64
Tabla 7:	Coefficiente de ganancia de calor (SHGC) para vidrio simple transparente	70
Tabla 8:	Área de las estructuras del edificio	74
Tabla 9:	Carga termica paredes	75
Tabla 10:	Resumen de Carga termina	76
Tabla 11:	Consideraciones para la selección de equipos	85
Tabla 12:	Cálculo de las rutas	93
Tabla 13:	Características de los equipos que se utilizan	96
Tabla 14:	Capacidades mínimas requeridas de equipos.....	97
Tabla 15:	Precio de equipos dipo split York	98
Tabla 16:	Longitudes de tubos de cobre en milímetros	98
Tabla 17:	Extractores	99
Tabla 18:	Extractores	99
Tabla 19:	Planchas galvanizadas necesarias	100
Tabla 20:	Correlación de la variable carga térmica y sistema de aire acondicionado.	101
Tabla 21:	Correlación de la variable carga térmica y conductividad térmica.....	102
Tabla 22:	Correlación de la variable carga térmica y presurización del ambiente. ...	103
Tabla 23:	Correlación de la variable carga térmica y eficiencia y efectividad del sistema de aire acondicionado.	104



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

C°	: Grados centígrados
kW	: Kilowatt
BT6	: Medición de una potencia activa (1P)
RITE	: Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios
ASHRAE	: Sociedad Americana de Aire Acondicionado, Refrigeración y Calefacción
BTU	: British Thermal Unit
UTA	: Unidad de tratamiento de aire
HPHE	: High-Performance Heat Exchanger
RTS	: Radiant Time Series



RESUMEN

El aire acondicionado ha sido de los inventos de la humanidad que busca la comodidad del individuo. La presente investigación tuvo como objetivo determinar la carga térmica y diseñar un sistema de aire acondicionado en el auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica UNA PUNO, teniendo en cuenta que la carga térmica significa un conjunto de parámetros que involucran la calidad de calor que debe ser sustraída del lugar con el fin de refrigerar el ambiente o en todo caso mantener la temperatura que se desea, la refrigeración es un conjunto de procesos mediante los cuales se sustrae el calor y se posibilita mantener una temperatura inferior al entorno circundante. La metodología utilizada implica un estudio de acción en la medida en que se enfocó en la solución del problema de incorporación de aire acondicionado al ambiente del auditorio de la Escuela Profesional de Mecánica Eléctrica de la Universidad Nacional del Altiplano, este diseño se le conoce como propuesta de mejora donde no se ejecuta la solución, sino se propone. La muestra se entiende como los ambiente, en este caso al ambiente del Auditorio del pabellón nuevo de la mencionada Escuela Profesional. La investigación se enfocará en determinar la carga térmica y diseñar un sistema de aire acondicionado para el auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la UNA PUNO como solución a la comodidad de estudiantes y docentes que usan el auditorio. Este auditorio se encuentra ubicado en la ciudad de Puno, Perú, en la sede central de la Universidad Nacional del Altiplano (UNA PUNO). Se obtuvo una documentación sólida acerca de la conductividad y carga térmica como la presurización del aire acondicionado. Se recomienda ejecutar el sistema de aire acondicionado mediante un proyecto basándose en este estudio.

Palabras Clave: Aire acondicionado, Auditorio, Carga térmica, Climatización, Confort.



ABSTRACT

Air conditioning has been one of the inventions of mankind that seeks the comfort of the individual. This research aimed to determine the thermal load and design an air conditioning system in the auditorium of the Professional School of Electrical Mechanical Engineering UNA PUNO, taking into account that the thermal load means a set of parameters that involve the quality of heat that must be subtracted from the place in order to cool the environment or in any case maintain the desired temperature, cooling is a set of processes by which heat is subtracted and it is possible to maintain a lower temperature to the surrounding environment. The methodology used involves a study of action to the extent that focused on the solution to the problem of incorporating air conditioning to the auditorium environment of the Professional School of Electrical Mechanics of the National University of the Altiplano, this design is known as a proposal for improvement where the solution is not executed, but is proposed. The sample is understood as the environment, in this case the environment of the Auditorium of the new pavilion of the mentioned Professional School. The research will focus on determining the thermal load and designing an air conditioning system for the auditorium of the Professional School of Mechanical and Electrical Engineering of the UNA PUNO as a solution to the comfort of students and teachers who use the auditorium. This auditorium is located in the city of Puno, Peru, in the main campus of the Universidad Nacional del Altiplano (UNA PUNO). Solid documentation was obtained about the conductivity and thermal load as the pressurization of the air conditioning. It is recommended to implement the air conditioning system through a project based on this study.

Keywords: Air conditioning, Auditorium, Thermal load, Air conditioning, Comfort.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Entendiéndose que la carga térmica significa un conjunto de parámetros que involucran la calidad de calor que debe ser sustraída del lugar con el fin de refrigerar el ambiente o en todo caso mantener la temperatura que se desea, la refrigeración es un conjunto de procesos mediante los cuales se sustrae el calor y se posibilita mantener una temperatura inferior al entorno circundante. Una de las aplicaciones más significativas de la refrigeración, consiste en obtener estados y características de confort y comodidad agradables en auditorios de modo que se garantice la calidad necesaria en los procesos de aprendizaje, por cuanto la falta de un confort térmico adecuado puede generar falta de motivación y desinterés del aprendizaje (Carro Pérez et al., 2018). En tal sentido, se hace necesario invertir en la adquisición de equipos de climatización con el propósito de garantizar las condiciones de confort térmico y optimizar el desempeño y la atención de los estudiantes universitarios en los cursos de actualización y capacitación de los últimos avances científicos, de modo que el auditorio debe mantener el ambiente entre los parámetros de 18 y 24 °C, porque los usuarios se sentirán cómodos en la medida en que experimentarán una saludable neutralidad térmica.

Conviene subrayar que un sistema de aire acondicionado diseñado con las especificaciones técnicas y científicas tienen un impacto positivo en cualquier entorno que se instale, lo que implica un desafío para la Ingeniería en tanto se haría posible asegurar un entorno con requisitos controlados para la comodidad de los usuarios además de proveer entornos más limpios porque será posible controlar la higiene y el nivel de humedad de manera sostenible.



El suministro de energía es una categoría importante para la industria y en tal sentido los modelos de calefacción, circulación del aire y ventilación requieren cumplir con ciertos parámetros con el fin de regular la temperatura de los ambientes. Asimismo, la identificación de las cargas térmicas es relevante como fase inicial para proponer modelos de aire acondicionado en el interior de los ambientes, iniciando con la estimación de las cargas térmicas, las dimensiones de los entornos y las dificultades implicadas. La formación en la línea de ventilación, aire acondicionado y refrigeración es importante dentro de la formación de un Ingeniero Mecánico o Mecánica Electricista debido al rápido crecimiento de la industria, por lo que, la determinación de la carga térmica y diseño de un sistema de aire acondicionado en el auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Nacional del Altiplano, implica la intervención del Ingeniero Mecánico-Eléctrico en base a sus conocimientos teóricos y prácticos que permita alcanzar un alto nivel de confort a los usuarios del Auditorio de la mencionada Facultad.

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En los países desarrollados como los Estados Unidos de Norteamérica, Rusia, China y los países europeos, los sistemas de aire acondicionado se utilizan en todos los ambientes que los requieran en la medida en que las temperaturas son extremas y no permiten desarrollar las actividades del ser humano. Cuando se ejecuta un modelo de aire acondicionado generalmente, el aire circula, se enfría y se limpia, además del control del contenido de humedad en ambientes cerrados.

Se conoce por historia que el aire acondicionado se originó en 1842 por los trabajos y experimentos de Lord Kelvin, quien buscó la creación de entornos agradables mediante la absorción del calor haciendo uso de gases refrigerantes. En esa misma línea,



Willis Haviland Carrier realizó experimentos sucesivos sobre los sistemas de refrigeración desarrollando procesos orientados a solucionar problemas generados por la excesiva humidificación de aire que se enfriaba, lo que le permitió diseñar mecanismos e instrumentos con alta capacidad de control sobre la humedad y la temperatura del ambiente mediante el uso de tubos enfriados.

Si un ambiente cerrado de cualquier dimensión no posee un sistema de aire acondicionado es muy probable que las condiciones laborales sean deficientes e incómodas tanto para los usuarios como para quien permanece en tales ambientes por motivos de trabajo. En tal medida, una de las aplicaciones más significativas de la refrigeración, consiste en obtener estados y características de confort y comodidad agradables en auditorios de modo que se garantice la calidad necesaria en los procesos de aprendizaje, por cuanto la falta de un confort térmico adecuado puede generar falta de motivación y desinterés del aprendizaje. En tal sentido, se hace necesario invertir en la adquisición de equipos de climatización con el propósito de garantizar las condiciones de confort térmico y optimizar el desempeño y la atención de los estudiantes universitarios en los cursos de actualización y capacitación de los últimos avances científicos, de modo que el auditorio debe mantener el ambiente entre los parámetros de 18 y 24 °C, porque los usuarios se sentirán cómodos en la medida en que experimentarán una saludable neutralidad térmica.

Conviene subrayar que un sistema de aire acondicionado diseñado con las especificaciones técnicas y científicas tienen un impacto positivo en cualquier entorno que se instale, lo que implica un desafío para la Ingeniería en tanto permitiría trabajar en entornos interiores con temperaturas controladas en beneficio de los usuarios además de proveer entornos más limpios porque será posible controlar el nivel de aire y el grado de



humedad de manera sostenible. Para ser reiterativos, un sistema de aire acondicionado en un ambiente determinado tiene una alta capacidad para controlar la humedad y la temperatura y el polvo lo cual implica alcanzar un efecto positivo en el confort y rendimiento humano.

En el Perú, la Universidad Nacional del Altiplano Puno, la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el principal problema que existe es la aglomeración de personas en ambientes cerrados como aulas, auditorios, bibliotecas, oficinas, laboratorios, baños entre otros ambientes, no cuentan la circulación de aire fresco, lo cual implica la generación de malos olores y excesivo calor. En esa medida la distribución del aire interior de los ambientes debe ser la adecuada para evitar problemas que causen molestias por las condiciones climáticas interiores no adecuadas para los usuarios. El sistema de presurización, cuando no está correctamente aplicado puede generar suciedad en los ambientes del auditorio causando incomodidades para los usuarios porque no corresponden a los requerimientos climatológicos de lugar, permitiendo alcanzar las condiciones térmicas que se requiere generando malestar de salud en lugares públicos aglomerados. Por tal razón la determinación de la carga térmica y el diseño de un sistema de aire acondicionado en el auditorio de la escuela profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica permitirá alcanzar la refrigeración adecuada con tecnología nueva de climatización que cumplen con las especificaciones técnicas requeridas por el área usuaria.



1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

- ¿Cómo determinar la carga térmica y diseñar un sistema de aire acondicionado en el auditorio de la escuela profesional de ingeniería Mecánica Eléctrica UNA PUNO?

1.2.1. Problemas específicos

- ¿Cómo determinar la conductividad térmica de los materiales dentro del auditorio?
- ¿Cómo determinar el caudal de aire exterior que ingresa al auditorio?
- ¿Cómo determinar la presurización del ambiente asumiendo la permanencia de personas en el auditorio?
- ¿Cómo determinar la selección de equipos y ubicación con los elementos de control?

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1.3.1. Justificación económica

La investigación se justifica porque permitirá ahorrar energía y acondicionar variables de climatización adecuadas a un bajo costo, para optimizar el desempeño del aprendizaje en el área de Ingeniería Mecánica Eléctrica a partir de la aplicación de procesos y sistemas de aire acondicionado dirigidos a lograr un alto confort térmico que beneficie a los estudiantes, y usuarios. Se debe enfatizar que se busca fundamentalmente niveles de eficiencia y eficacia de manera sostenible con el fin de proporcionar condiciones de habitabilidad vinculadas con un alto nivel de confort térmico.



1.3.2. Justificación ambiental

La ejecución del proyecto no tendrá ningún efecto negativo sobre el medio ambiente y menos sobre los ecosistemas locales en la medida en que se emplearán energías limpias que no afecten la salud del ser humano.

1.3.3. Justificación social

Desde el punto de vista social, los beneficiarios directos con la ejecución de esta investigación serán los docentes y estudiantes de la Escuela Profesional de Mecánica Eléctrica, además de los usuarios externos, en tanto tendrán la posibilidad de atender las clases y talleres de aprendizaje sin ningún tipo de molestia e incomodidad generadas por el excesivo frío o el incremento del calor dentro del ambiente.

1.3.4. Justificación práctica

Desde el punto de vista práctico, la investigación está orientada a utilizar las últimas tecnologías vinculadas con los sistemas de aire acondicionado para mejorar la calidad y condiciones ambientales internas del auditorio de la Escuela Profesional de Mecánica Eléctrica de manera que se brinde a los usuarios de la mencionada escuela, óptimas condiciones de calidad ambiental y confort térmico.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

- Determinar la carga térmica y diseñar un sistema de aire acondicionado en el auditorio de la escuela profesional de ingeniería Mecánica Eléctrica UNA PUNO.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar la conductividad térmica de los materiales dentro del auditorio.
- Determinar el caudal de aire exterior que ingresa al auditorio.



- Determinar la presurización del ambiente asumiendo la permanencia de personas en el auditorio.
- Determinar la selección de equipos y ubicación con los elementos de control.

1.5. HIPÓTESIS

1.5.1. Hipótesis General

- Existe una relación significativa entre la carga térmica del auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica en la UNA Puno y el diseño adecuado de un sistema de aire acondicionado.

1.5.2. Hipótesis Específicas

- Existe variabilidad significativa en la conductividad térmica de los materiales presentes en el auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica en la UNA Puno.
- La presurización del ambiente en el auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica en la UNA Puno es afectada por la presencia y movimiento de personas, así como por las condiciones de ventilación del espacio.
- La selección adecuada de equipos de aire acondicionado y su ubicación estratégica en el auditorio, junto con los elementos de control correspondientes, influyen en la eficiencia y efectividad del sistema de aire acondicionado.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Para lograr los objetivos es necesario realizar una extensa revisión bibliográfica para el desarrollo de este tema de tesis:

2.1.1. A nivel internacional

García (2020), elaboró una investigación con el propósito de proporcionar mejores niveles de refrigeración a los productos médicos que existen en los almacenes del Hospital Mogrovejo, por lo que se propone un sistema climatizado dentro del almacén de medicamentos. Con la finalidad de mantener en un entorno de temperatura regulado para la concentración de los productos médicos y los jarabes. Para la implementación se tomó en cuenta la temperatura proporcionada por el Ministerio de Salud. Se estimó la carga térmica identificando las dimensiones de los elementos, los equipos con los estándares normalizados de ubicación. Se concluyó que aplicando el mencionado modelo climatizado se conservan las medicinas de manera eficiente.

López (2020), elaboró una investigación titulada “*Evaluación técnico-económica de un sistema de producción de ACS y climatización para un edificio*”, con el objetivo de la generación de varias propuestas de producción de ACS y climatización evaluando cómo óptima aquella más energéticamente sostenible para el nuevo uso de las instalaciones se utilizó el programa informático Vp Clima creado en la Universidad Politécnica de Valencia para calcular con mayor precisión la carga térmica del edificio. con las condiciones internas y externas del local, la composición de la pantalla climática, la carga de equipos para cada ubicación, iluminación, empleo, etc. Con todos estos datos, se puede encontrar la carga de calefacción total. Los resultados de la carga de calor de



enfriamiento es un sistema de climatización y ventilación es un sistema híbrido independiente, de la climatización y ventilación se realizará en dos circuitos independientes. Concluyendo que Cumpliendo con los requisitos de buena calidad ambiental en los edificios destinados realizar una actividad laboral es una parte esencial del diseño de cualquier espacio.

Carro et al., (2018), en su investigación titulada *“Energía geotérmica de baja entalpía en suelos loésicos: cálculo y diseño para caso de estudio”*, el objetivo de este trabajo fue poner de manifiesto la utilización de la energía geotérmica de baja entalpía como una opción económica y ecológicamente amigable para la colaboración en la climatización de ambientes. Mediante el uso de energía geotérmica de baja entalpía como una opción económica y respetuosa con el medio ambiente para la cooperación climática ambiental. Los cálculos y el diseño se basan en propiedades térmicas entre parámetros, incluidos el suelo y el clima local y los materiales en el escudo climático. El análisis energético y económico resultante del uso de un sistema geotérmico de baja entalpía se determinó mediante el software libre BT6 heat balance de Dilasoft. Concluyendo que los resultados satisfactorios, ya que la implementación de este tipo de sistemas proporciona una solución económica y eficiente, ya que el uso de energía geotérmica de baja entalpía por medio de un sistema de tubos enterrados puede utilizarse en cualquier lugar del mundo, solo hay que conocer algunas características del lugar de emplazamiento y las características del suelo.

Acosta & Ricaurte (2020), desarrollaron el estudio *“Diseño de un sistema de aire acondicionado para la procuraduría general de la nación sede judicial de Ibagué”*, con la finalidad de proporcionar un entorno confortable para los usuarios de esta institución. Se consideraron los factores climáticos, la humedad relativa y otros factores internos. Se



aplicaron métodos de enfriamiento para el acondicionamiento del ambiente en el aspecto climático, comparándolas con las instalaciones térmicas de edificios y la información registrada. Por otra parte, se identificaron los objetivos y limitaciones del sistema para optimizar el control del funcionamiento de acuerdo a la normativa RITE. En tal sentido se proponen soluciones adecuadas a los sistemas de climatización, ventilación, flujo de agua a partir de un análisis matricial. Se concluyó que los niveles de humedad y temperatura presentan un estado de no conformidad.

Barrantes (2019), en su investigación titulada “*Diseño de sistema de refrigeración auto sostenible para un edificio de boxes*”, buscó el propósito de analizar y diseñar el sistema de climatización autosuficiente del edificio Parcmotor Castellolí, debido que las condiciones de temperatura en la estación de verano alcanzan niveles muy altos e incomodan a los trabajadores. La investigación inició analizando los ambientes del edificio para implementar el sistema de aire acondicionado. Los resultados indican que se requieren 14 unidades de aire con una capacidad frigorífica de 20 kW y un consumo eléctrico de 7,85 kW por unidad. La inversión inicial necesaria para ello es de 47.746,16 euros. Se concluyó que se necesita utilizar 46 lonas solares con una potencia de 144W.

Sánchez (2018), presentó un trabajo con el propósito de determinar las condiciones técnicas y legales de la implementación de un sistema de climatización de un auditorio para la localidad de Salamanca. La investigación fue básica de tipo proyectivo, nivel descriptivo y diseño no experimental correlacional. Las técnicas utilizadas fueron la revisión documental de los diversos diseños de climatización que se implementaron en ambientes de oficina de instituciones públicas y privadas, así como el presupuesto asignado para la ejecución del proyecto de diseño. Se concluyó que es factible ejecutar el diseño propuesto con un costo de 706.429,74€.



Murillo (2020), desarrolló un estudio con el objetivo de diseñar un sistema de acondicionamiento de aire en el bloque A en la Universidad Antonio Nariño de Colombia en base a la normal ASHRAE, el diseño inició con la determinación de áreas construidas con el fin de estimar las cargas térmicas interiores y exteriores. La técnica utilizada fue la revisión documental de la carta psicrométrica en cada uno de los equipos para definir el nivel de idoneidad requerido y las dimensiones de los ductos según las Normas Técnicas. Se propuso un sistema de condensación del refrigerante mediante agua, con los correspondientes planos tectónicos de los ductos de suministro y retorno para precisar el trasado de la trayectoria óptima que permita la operación correcta, en las velocidades y decibeles en relación con la selección de equipos e insumos.

2.1.2. A nivel nacional

Murillo y López (2020), En su investigación titulada *“Diseño e implementación de infraestructura de aire acondicionado para mejorar el rendimiento del centro de datos del Laboratorio de Hardware Profesional de Ingeniería de Computadoras y Redes”*, tiene como objetivo implementar una infraestructura de climatización bajo la norma TIA-942 con la finalidad de mejorar el rendimiento del centro de datos del Laboratorio de Hardware de la Carrera de Ingeniería en Computación y Redes, ya que actualmente no cuenta con infraestructura de aire acondicionado, su diseño e implementación es muy importante, para que los estudiantes y profesores puedan usar y realizar clases y practicar en la zona de confort del laboratorio de hardware. La investigación fue empírica cualitativa y cuantitativa con métodos analíticos descriptivos, deducción hipotética y estadística, utilizando métodos de encuesta y entrevista. Concluyó que contando con los equipos requeridos es posible cumplir con las especificaciones técnicas de los procesos de climatización.



Rodas (2018), en la investigación titulada *“Diseño de un sistema de aire acondicionado de bajo costo de operación para las oficinas administrativas del cuarto piso del edificio de ingeniería USAT – Chiclayo”*, tiene como objetivo diseñar un sistema de aire acondicionado de bajo costo de operación para las oficinas administrativas del cuarto piso del edificio de ingeniería USAT – Chiclayo. La metodología que siguió fue identificando el local, donde se presentó, problemas de confort térmico y excesivo gasto de energía se creó definiciones relacionadas con el sistema de climatización, luego describa el proyecto, evalúelas condiciones climáticas del sitio, así como la orientación del edificio, la configuración ambiental y otros aspectos técnicos descritos en este artículo, así como la importancia del proyecto También se seleccionaron opciones de regulación de la circulación de aire y la temperatura ambiente y se comparó con el sistema convencional, incluyendo los precios estimados de compra, operación y mantenimiento. Se concluyó que para regular la temperatura en ambientes se requiere precisar las características del entorno para ejecutar el proyecto.

Mitma (2021), en su investigación titulada *“Diseño de un sistema de aire acondicionado de 14 kw por absorción y fuente solar para reducir costos de operación en el centro de cómputo del tercer nivel de la FIME-UNAC”*, tiene como objetivo diseñar un sistema de aire acondicionado de 14KW por absorción y fuente solar para disminuir costos de operación en el centro de cómputo del tercer nivel de la FIME-UNAC. La presente investigación es de tipo tecnológica y diseño descriptivo simple, el método aplicado es analítico lógico deductivo con un enfoque sistémico. En una población de Sistema de Aire acondicionado por absorción y fuente solar, con muestra de Sistema de Aire acondicionado por absorción y fuente solar mediante la recolección de base de datos se usó la técnica documental, fichas bibliográficas, reportes de temperatura y radiación, manual de fundamentos (Ashrae, 2017), fichas técnicas -textos. Primero en el centro de



cómputo del colegio se calculó y verificó la carga térmica de la tercera etapa con el software HAP, y luego se realizó el diseño termodinámico de la selección de los componentes necesarios del equipo de absorción y del sistema de aire acondicionado. Para la selección de los colectores solares se realizaron cálculos y elecciones en base a los requerimientos del sistema ASHRAE y el Informe de Radiación Solar 2017 en la región Callao. Además, se compararon los costos de operación de los equipos convencionales y el sistema propuesto. De la investigación realizada se concluyó que el ambiente de estudio se puede acondicionar utilizando un enfriador de absorción de H₂O-LiBr de simple acción instalando un área de colectores solares de 32 m² utilizando colectores de tubos de vacío.

Santos (2022), presentó un estudio con el fin de estimar la carga térmica y los parámetros de selección de un sistema de aire acondicionado para el auditorio del museo Nacional del Perú ubicado en la ciudad de Lima. Se precisaron los niveles de humedad y temperatura en las diferentes épocas del año, el diseño de planos de arquitectura que permitieron ejecutar los cálculos. Asimismo, se determinaron las áreas de cada ambiente, el calor térmico, las cargas térmicas y la selección de los parámetros de aire acondicionado con los elementos y componentes intervinientes.

García (2018), desarrolló una investigación con el fin de determinar las cargas térmicas de acuerdo con el método CLTD/CLF, los diferenciales de carga térmica, el nivel de humedad y temperatura, los factores de enfriamiento, la variación de las cargas térmicas en los ambientes internos y externos, entre otros. Se concluyó que la carga debido a factores de enfriamiento (CLF) varían desde 6053 BTU/h en invierno, hasta 6408 BTU/h, en verano.



2.1.3. A nivel local

Gutierrez (2018), desarrolló una investigación con el fin de analizar la factibilidad de la implementación de la energía geotérmica de baja temperatura para la calefacción de viviendas con fuente inagotable de energía suministrada por la tierra mediante un sistema de bombes calentados internamente aprovechando su alto nivel de inercia. Se propuso la utilización del seguimiento y control de las temperaturas de la tierra, y simulacros ejecutados utilizando programas informáticos especializados para estimar indicativos y valores técnicos requeridos para la factibilidad de la implementación. Como condiciones determinantes será necesario calcular la potencia necesaria para la bomba de calor, el empleo del calor extraído, la integración del sistema mediante una bomba de calor y el sistema de distribución interna de la vivienda necesario para brindar condiciones térmicas adecuadas en la vivienda. Asimismo, se seleccionará la bomba de calor geotérmica de acuerdo con criterios energéticos de rendimiento y dimensionamiento.

Chambi y Cahui (2022), presentaron una investigación “*Diseño de un sistema de calefacción eficiente con radiadores para un volumen de 159.03 m³ que se implementara en el laboratorio de ingeniería mecánica eléctrica Una – Puno 2021*”, con la finalidad de diseñar un sistema de calefacción haciendo uso de radiadores de aluminio para mejorar las condiciones de confort térmico en los interiores de los ambientes. El estudio fue básico, de nivel descriptivo y diseño aplicativo, descriptivo y experimental. Se instalaron 3 radiadores de aluminio de 60 cm x 40 cm, 40 cm x 40 cm y 40 cm x 30 cm, conectados utilizando tuberías tipo hidro para que circule un caudal de 0.000441 m³/min, impulsado por una electrobomba de 372.85 Watts conectado al tanque térmico de 0.06 m³ de capacidad, calentado mediante una resistencia eléctrica de 1000 Watts de potencia controlado por el controlador lógico programable. En cada radiador se hizo el acoplamiento de sensores de temperatura con control automatizado. El sistema nos



permitirá controlar la información durante 5 días mediante SoMachine V4.3 que permite registrar y graficar la variación de la temperatura de los sensores instalados. Se concluyó que el nivel de factibilidad de la ejecución del sistema es alto.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Carga térmica

También nombrada como carga de enfriamiento, es la cantidad de energía que se requiere vencer en un área para mantener determinadas condiciones de temperatura y humedad para una aplicación específica. Es la cantidad de calor que se retira de un espacio definido, se expresa en BTU, la unidad utilizada comercialmente relaciona unidad de tiempo, Btu/hr.

Cuando la energía solar golpea las paredes y el techo del edificio, esta energía es absorbida o reflejada por las superficies exteriores del edificio. Esta absorción contribuye a que aumente la temperatura de la superficie exterior y parte de ella se transfiere por convección al ambiente exterior. El aumento de temperatura en la superficie externa del edificio aumenta la transferencia de calor conductivo en las paredes del edificio. La fracción de energía solar que ingresa al espacio estudiado depende de las ventanas, la dirección hacia la que se orientan, si se utilizan cortinas u otros dispositivos que proporcionen sombra. Antes de realizar el cálculo de la carga de enfriamiento se debe tomar en consideración el calor que aportan los elementos involucrados en el espacio a refrigerar. Por último, se considera la tasa de ocupación humana, las personas aportan energía sensible y latente (humedad) al espacio. Además, si existen fuentes que permitan la ventilación con aire exterior, la energía que se debe eliminar de este aire cuando entra al edificio representa una parte importante de la carga de enfriamiento total (Nguyen, Nguyen, & Le, 2015)



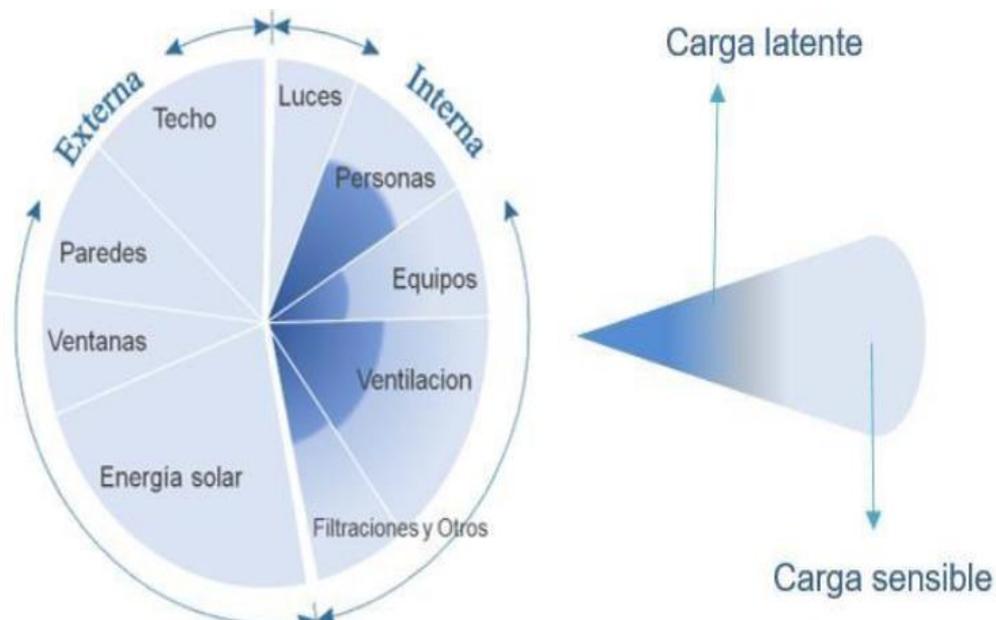
2.2.1.1. Componentes de la carga térmica

- **Carga térmica sensible:** Esta es la carga asociada con el cambio de temperatura sensible en el espacio. Se refiere al calor transmitido a través de las paredes, techos, pisos y ventanas, así como al calor generado por las fuentes de calor internas, como las luces y los equipos eléctricos. Este tipo de carga térmica puede calcularse utilizando coeficientes de transferencia de calor y diferenciales de temperatura.
- **Carga térmica latente:** Esta es la carga asociada con el cambio de humedad en el espacio. Incluye el calor necesario para evaporar o condensar la humedad en el aire. Por ejemplo, la carga térmica latente se produce cuando hay infiltración de aire húmedo desde el exterior o cuando hay una fuente de humedad interna, como las personas o los equipos de humidificación.
- **Carga térmica interna:** Esta carga se genera dentro del espacio debido a las fuentes de calor internas, como la ocupación humana, los equipos eléctricos (computadoras, luces, maquinaria, etc.) y la iluminación artificial. La carga térmica interna depende del número de personas presentes, la potencia de los equipos eléctricos utilizados y la cantidad y tipo de iluminación.
- **Carga térmica solar:** Esta carga se produce debido a la radiación solar que ingresa al espacio a través de ventanas, paredes u otras aberturas. La cantidad de carga térmica solar depende de factores como la ubicación geográfica, la orientación del espacio, las características de los materiales

de construcción y las propiedades de las ventanas (transmitancia térmica, factor solar, sombreado, etc.).

- **Carga térmica del aire de ventilación:** Esta carga se produce debido al flujo de aire de ventilación necesario para mantener la calidad del aire interior. El aire de ventilación puede introducir calor sensible y latente al espacio dependiendo de su temperatura y humedad relativa.

Figura 1: Cargas Térmicas.



Fuente: Instituto de Tecnologías Educativas

2.2.1.2. Métodos de cálculo de la carga térmica

- **Método de la ASHRAE:** La ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) proporciona métodos y tablas para calcular la carga térmica sensible y latente de un espacio. Estos métodos tienen en cuenta factores como la ubicación geográfica, las condiciones climáticas, las características del edificio y las fuentes internas de calor.



- **Método del balance de energía:** Este método se basa en el principio del balance de energía, que establece que la cantidad de energía que entra en un espacio debe ser igual a la cantidad de energía que sale. Este método tiene en cuenta todas las fuentes de calor y frío, así como las pérdidas y ganancias de calor a través de las superficies del edificio.
- **Método del grado-día:** Este método se utiliza para calcular la carga térmica en función de los datos históricos de temperatura exterior. Se utilizan los grados-día, que representan la diferencia entre una temperatura de referencia y la temperatura exterior promedio durante un período de tiempo específico. Este método es útil para estimar la carga térmica a lo largo del tiempo, considerando las fluctuaciones estacionales de temperatura.
- **Método de las superficies equivalentes:** Este método divide el espacio en diferentes áreas o superficies con características térmicas similares. Cada superficie se trata como una fuente de calor o frío independiente, y se calcula la carga térmica de cada una por separado. Luego, se suman las cargas térmicas individuales para obtener la carga térmica total del espacio.
- **Diferencia de temperatura de la carga de enfriamiento (CLTD)/Factores de enfriamiento (CLF)**

fue presentado por primera vez en el manual ASHRAE en 1977. El CLTD se utiliza para calcular la carga de refrigeración sensible para la pared exterior y los techos. Y el CLF se utiliza para calcular las cargas de refrigeración internas sensibles. Este método puede emplear el CLTD o el



CLF únicamente, o una combinación de ambos aplicado a cada componente del espacio refrigerado para obtener una mayor precisión. (Martin Dominguez & Alarcón Herrera, 2004). Con este procedimiento es posible estimar la carga hora a hora y sirve para evaluar la carga térmica de un local con mayor exactitud y al introducir el factor de carga de enfriamiento solar (SCL, por sus siglas en inglés) se obtiene la carga por radiación en vidrios (fenestración); que representa el producto de la ganancia de calor solar a la hora estudiada y la fracción del efecto de almacenamiento de calor debido a varios tipos de construcción de salas y revestimientos de pisos. Este método es aplicable para varios tipos de construcciones siempre que se tengan sus especificaciones. (Vallejo Coral, 2017).

2.2.2. Tipos de carga térmica

2.2.2.1. Carga térmica latente

Esta es la carga asociada con el cambio de humedad en el espacio. Incluye el calor necesario para evaporar o condensar la humedad en el aire. Por ejemplo, la carga térmica latente se produce cuando hay infiltración de aire húmedo desde el exterior o cuando hay una fuente de humedad interna, como las personas o los equipos de humidificación.

2.2.2.2. Carga térmica interna

Esta carga se genera dentro del espacio debido a las fuentes de calor internas, como la ocupación humana, los equipos eléctricos (computadoras, luces, maquinaria, etc.) y la iluminación artificial. La carga térmica interna depende del número de personas presentes, la potencia de los equipos eléctricos utilizados y la cantidad y tipo de iluminación.

2.2.2.3. Carga térmica solar

Esta carga se produce debido a la radiación solar que ingresa al espacio a través de ventanas, paredes u otras aberturas. La cantidad de carga térmica solar depende de factores como la ubicación geográfica, la orientación del espacio, las características de los materiales de construcción y las propiedades de las ventanas (transmitancia térmica, factor solar, sombreado, etc.).

2.2.2.4. Carga térmica del aire de ventilación

Esta carga se produce debido al flujo de aire de ventilación necesario para mantener la calidad del aire interior. El aire de ventilación puede introducir calor sensible y latente al espacio dependiendo de su temperatura y humedad relativa.

2.2.3. Sistemas

El sistema de aire acondicionado comprende varios componentes que se combinan para controlar la temperatura, la humedad y la calidad del aire interior.

Algunos de los componentes comunes en un sistema de aire acondicionado son:

- Unidad de tratamiento de aire (UTA): Es el componente principal del sistema y se encarga de acondicionar el aire antes de distribuirlo al espacio. La UTA suele incluir un ventilador, una bobina de enfriamiento y una bobina de calentamiento, así como filtros de aire para mejorar la calidad del aire.
- Ductos: Son los conductos por los cuales el aire acondicionado se distribuye desde la UTA hacia las diferentes áreas del espacio. Los ductos deben estar correctamente diseñados y dimensionados para garantizar una distribución eficiente y uniforme del aire.



- Salidas y retornos de aire: Son las aberturas en las paredes, techos o pisos a través de las cuales el aire acondicionado entra o sale de las áreas acondicionadas. Estas aberturas suelen estar equipadas con difusores que ayudan a dirigir y distribuir el aire de manera adecuada.
- Sistemas de enfriamiento y calefacción: Pueden incluir equipos como acondicionadores de aire, bombas de calor, calderas, radiadores, entre otros, que se utilizan para controlar la temperatura del aire suministrado al espacio.
- Controladores y termostatos: Son dispositivos utilizados para monitorear y regular el funcionamiento del sistema de aire acondicionado. Permiten ajustar la temperatura, la velocidad del ventilador y otras variables para mantener las condiciones de confort deseadas.

2.2.3.1. Tipos de sistemas

- Según el tipo de acondicionamiento.
- Por el método de refrigeración del aire.

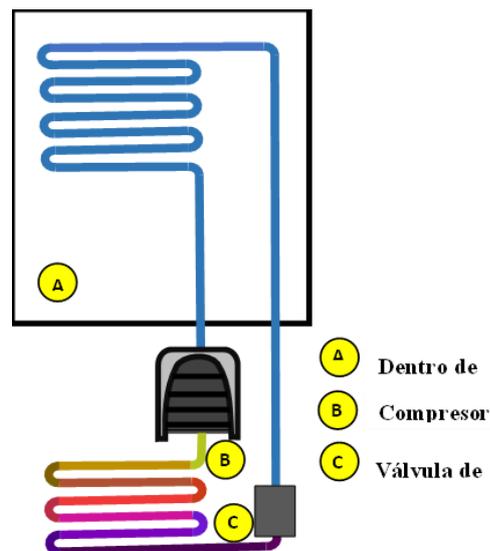
2.2.4. Clasificación según tipo de acondicionamiento

2.2.4.1. Expansión directa

De acuerdo con este tipo, se observa correspondencias entre el aire y el calor controlados por sistema automatizada. Este sistema es muy útil para ambientes pequeños y en el caso de que se adapte a habitaciones más grandes, agregando conductos y baterías de precalentamiento, se disminuye su nivel de eficiencia. Para ejecutar este sistema se requiere que la unidad enfriadora contenga todos los componentes necesarios para la funcionalidad del sistema. El instrumento que hace posible el enfriamiento, es el refrigerante que está supeditado a un ciclo de refrigeración. Para que se realice el proceso

de acondicionamiento se requiere de un ventilador que impulse al aire frío ubicado alrededor del evaporador a la habitación. Es necesario que el evaporador tiene que estar dentro de la habitación o cerca de ella. Si se incluye una batería de calefacción, el acondicionamiento puede mantenerse durante todo el año.

Figura 2: Sistemas Todo - Agua



Elaborado por el equipo de trabajo

En este caso, el refrigerante es suministrado desde una fuente alejada de modo que utilizando dispositivos para impulsar el agua mediante tuberías pueda generarse la circulación del agua. Es decir, es un sistema fan - coil que hace uso del agua como elemento refrigerante; reciben agua caliente o fría desde un dispositivo que enfría y lo hace circular utilizando tubos o serpentines, de modo que el aire es impulsado y pasa por los tubos donde circula el agua ocurriendo el proceso de termo transferencia. Por lo general, este sistema se aplica en entornos que permiten controlar la temperatura prescindiendo de la ventilación que en caso contrario sería muy costoso.

Este tipo de sistemas, admite dos subtipos:



- Con tubería simple: Donde se realiza el ingreso de agua fría y la salida correspondiente.
- Con varias tuberías: En este caso, cada unidad tiene una entrada de agua fría y otra de agua caliente y una tubería de retorno con tres tuberías y dos tuberías de retorno con cuatro tuberías.

2.2.4.2. Sistema de tubería simple

En este sistema se controla la temperatura ajustando la velocidad del ventilador y monitoreando el caudal de agua. Si se desea optimizar el rendimiento pueden utilizarse resistencias eléctricas de calefacción cuando el clima es muy frío. En conjunto, este sistema combina la regulación de la velocidad del ventilador, el monitoreo del caudal de agua y la utilización de resistencias eléctricas para ofrecer un control preciso y eficiente de la temperatura, garantizando así un entorno confortable en todas las circunstancias (Montoya y Montoya, 2012)

Características:

- La temperatura de los ambientes puede ser controlada de manera individual.
- La circulación del aire puede restringirse a un solo ambiente.
- Se economizan los procesos operativos.
- Se disminuyen significativamente las obras de albañilería.
- El aire puede ser distribuido debajo de las ventanas.

2.2.4.3. Sistema de varias tuberías

La distribución de agua fría o caliente se hace a través de varias tuberías. Hay una válvula de control para seleccionar el agua según los requerimientos del ambiente o local.

Este sistema se caracteriza por:

- La óptima capacidad de respuesta a los requerimientos del termostato.



- El local no está subdividido.
- Disminuye las dificultades en los cambios de estación.
- La temperatura es controlada todo el año.

2.2.4.4. Sistema todo – aire

Este sistema se utiliza en ambientes en los cuales no cambian las condiciones de temperatura y humedad, pero pueden emplearse con determinadas condiciones variables. Hace posible correlacionar el volumen constante y la variación de temperatura.

Se caracteriza por:

- Bajos costo.
- El manejo es simple.
- La operatividad es sencilla de modo que se economiza su funcionamiento.
- El funcionamiento no es ruidoso.
- El mantenimiento es centralizado.

2.2.4.5. Sistema aire – agua

Mediante este sistema es posible disminuir el ingreso de aire exterior a las unidades individuales.

2.2.5. Clasificación según equipo de aire acondicionado

2.2.5.1. Equipo de ventana

Como su nombre lo indica se ubican en las ventanas, balcones o muros del ambiente para enfriar el área próxima y poder cambiarlo de ambiente. Equivale a un tipo de sistema que se instala en los lugares mencionados.

2.2.5.2. Unidades paquete

Se les llama así porque sus componentes integran un solo equipo interior y exterior y que pueden ser enfriados por agua y aire. Cuando la condensación es mediante agua



solo se requiere la conexión de las tuberías a la red principal con el fin que el suministro y retorno de aire pueda ser ubicados a nivel de la superficie del suelo, en el subsuelo o sótano. Así mismo, puede colocarse en el techo o en una pared exterior.

2.2.5.3. Sistema dividido

Posee un evaporador y un componente condensador exterior que equivale a un compresor, que tienen conexión por conductos refrigerantes.

2.2.6. Instalación centralizada

En este tipo de instalación se juntan los sistemas frigoríficos y caloríficos. En el primer caso se genera agua y en el otro se produce calor, de manera que el aire puede ser enfriado a calentado de acuerdo a lo requerido. El incremento o disminución de calor frío y diferencias de humedad se ejecuta por el aire. Sus componentes son:

- Enfriador de agua.
- Caldera de agua.
- Componente gestor de aire.
- Dispositivo economizador de agua.
- Sistema de control.

2.2.6.1. Sistema de volumen de refrigerante variable (VRV)

Tiene la capacidad de enviar refrigerante a los evaporadores en función de los requerimientos del ambiente que puede tratarse de calefacción, enfriamiento o ambos de manera que sea posible trabajar con diversas cargas en distintos locales.



2.2.7. Clasificación según método de refrigeración

2.2.7.1. Por compresión

Este modelo consiste en comprimir el refrigerante cambiando de estado gaseoso a líquido y a la inversa, donde se visualiza la expansión del refrigerante a temperaturas mínimas.

2.2.7.2. Absorción

Su funcionamiento es similar al sistema por compresión, pero no utilizan compresor para elevar la presión del gas. Se hace uso de una técnica que requiere calor y no posee partes móviles: Absolvedor, separador y generador. Para su funcionamiento se emplea amoníaco líquido que ingresa al evaporador donde hay hidrogeno. El hidrogeno reduce la presión parcial del amoníaco con el fin de alterar el punto de ebullición del mismo para generar evaporación, y producirse el enfriamiento. En la zona de arriba queda solo hidrógeno que retorna al evaporador y en la parte inferior el amoníaco gaseoso con el agua para al generador donde se agrega calor. Se forman burbujas conformadas por amoníaco, pero cuyo componente principal es el agua. Dichas burbujas pasan por tubos doblados de modo que el paso de las mismas se obstaculiza hasta que las burbujas revienten y el gas sigue su curso mientras el agua cae. Por último, el amoníaco gaseoso caliente fluye hasta el condensador para enfriarse y retornar al estado líquido con el fin de repetir el proceso nuevamente (Vereda, 2015).

2.2.7.3. Evaporativo

En lugar de utilizar refrigerantes, los climatizadores evaporativos hacen uso de los refrigerante vaporizadores del agua, pero sin consumir energía de modo que es complicado su mantenimiento. De modo distinto a los aparatos de aire acondicionado estándar, éste requiere que las ventanas permanezcan abiertas mientras funciona, ya que



introduce mucho aire en el espacio. Existen enfriadores evaporativos directos e indirectos. En el caso de los enfriadores directos el ventilador ingresa aire a través de una alfombra húmeda impermeable, de modo que con el paso del aire se enfría progresivamente filtrando y humedeciendo para luego ingresar luego al ambiente. Posteriormente un enfriador indirecto hace ingresar al frío y húmedo a un dispositivo que intercambia el calor con el fin de enfriar la habitación (Marchioli et al., 1997).

2.2.7.4. Sistema con hielo

Con este modelo se genera aire durante la noche cuando la temperatura exterior es más baja lo que implica ahorro de energía de congelamiento. En este caso hay una relación directa las temperaturas diurnas y nocturnas y el ahorro de energía. En las horas diurnas el hielo se derrite progresivamente y activan los ventiladores para enviar aire frío al sistema lo que implica enfriar el local o ambiente. Finalizado el día el agua se almacena en tanques que durante la noche deben congelarse. Es posible utilizar los bloques de hielo simultáneamente con un sistema tradicional de aire acondicionado. Con respecto al costo – beneficio no conviene porque la inversión es alta.

2.2.7.5. Por ciclo de aire

El proceso consiste en que se ingresa aire del ambiente mediante un compresor de modo que el enfriamiento del aire se realiza por un ventilador que lo hace circular intercambiando calor. Una vez que se haya comprimido el aire una turbina lo recibe, mueve el ventilador y se expande de forma adiabática, por lo que la mencionada expansión enfría el aire a un estado máximo para luego retornar a la cabina donde se requiere aire.



2.2.7.6. Magnético

Funciona mediante la aplicación de un campo magnético dirigido al refrigerante de modo que se presiona para que los dipolos magnéticos se ubiquen en una misma línea con el fin de disminuir su entropía. Posteriormente un recipiente de calor absorbe el calor disipado por el refrigerante a causa de la reducción de la entropía, seguidamente el sistema es aislado y el campo magnético se apaga.

2.2.8. Evaluación de la propuesta

El auditorio que se necesita climatizar o distribuir el aire acondicionado es mediano con doce metros por dieciséis metros y tres metros de altura de manera que el espacio necesita de gran capacidad de adaptación del aire acondicionado. Conviene mencionar también que las zonas, es decir se ven variaciones en las horas diurnas pero el ciclo se repite semanalmente. Para ser reiterativos, no conviene el desgaste de energía en ambientes donde no hay usuarios y en tal sentido, lo más correcto aplicar un sistema con unidades individuales por áreas.

2.2.8.1. Metodologías de análisis térmico

En este apartado se hace el tratamiento de los métodos utilizados para el análisis térmico, con los cálculos relativos a las cargas de enfriamiento que el sistema de aire acondicionado necesita disminuir. El incremento del calor es la relación mediante la cual el calor se genera en un ambiente y aumenta gradualmente por las paredes y techos y el propio calor generado internamente por los usuarios, por iluminarias o por infiltración, considerando también si es latente o sensible. Si el calor es sensible se agrega de forma directa al espacio mientras que cuando es latente se agrega a la humedad. En el caso de la carga del enfriamiento implica la relación a través de la cual el calor debe ser eliminado



del local con el fin de mantener una temperatura adecuada, así, el incremento del calor y la carga de enfriamiento no van a ser las mismas por el retraso de la transmisión del calor.



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DISEÑO Y TIPOS DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de la investigación

La naturaleza de esta investigación se clasifica como tecnológica aplicada, ya que tiene como objetivo implementar una mejora en la instalación del sistema de aire acondicionado en el Auditorio de Mecánica Eléctrica (pabellón nuevo) de la Universidad Nacional del Altiplano. Esta mejora se basa en los conocimientos adquiridos previamente.

De enfoque cuantitativo por que se utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente, y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población (Sampieri, 2003).

Según su inferencia de tipo hipotético deductivo por que plantea hipótesis para luego darles respectiva respuesta postulándose inicialmente como verdaderas (Gianella, 1995).

3.1.2. Diseño de la investigación

En esta investigación su diseño explicativo ya que, mediante la propuesta de un sistema de aire acondicionado, este diseño como su nombre lo dice es la propuesta de solución a un problema, una solución que muestra la solución en papel pero que no se aplica (Martinez, 2020). Este diseño se clasifica como no experimental, dado que no se realizaron manipulaciones en las variables. En cuanto a su alcance, se considera descriptivo, ya que se propuso medir la carga térmica y el consumo eléctrico de un sistema



de aire acondicionado específico para el Auditorio del pabellón nuevo de la Escuela profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

3.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método de investigación para este estudio es de acción, que es una metodología de investigación participativa. Esta metodología se enfoca en la solución de problemas y en la mejora de la práctica y la acción en situaciones específicas. En el método de investigación-acción, el investigador trabajan para identificar un problema y diseñar e implementar una intervención para resolverlo en el futuro.

3.2.1. Variables

Variable 1: Carga térmica.

X1: Estructura del edificio

X2: Potencia eléctrica de iluminación

X3: Aforo

X4: Características de los ambientes

X2 Variable 2: Diseño de un sistema de aire acondicionado.

Y1: Capacidad de equipo

Y2: Caudal de aire fresco

Y3: Factor de sensibilidad



3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. La población

La población es la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Nacional del Altiplano (UNA PUNO). La Universidad Nacional del Altiplano (UNA PUNO) se encuentra ubicada en la ciudad de Puno, Perú, en la región del altiplano andino a una altitud de más de 3,800 metros sobre el nivel del mar. La universidad fue fundada en 1856 y es una de las universidades más antiguas y prestigiosas del país. La Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica fue creada en 1969, como respuesta a la necesidad de formar profesionales capacitados para el diseño y gestión de sistemas eléctricos y mecánicos en la región. Desde entonces, la carrera ha evolucionado y actualizado su plan de estudios para adaptarse a los cambios tecnológicos y a las necesidades del mercado laboral.

3.3.2. La muestra

El ambiente del Auditorio del pabellón nuevo de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la UNA PUNO. La investigación se enfocará en determinar la carga térmica y diseñar un sistema de aire acondicionado para el auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la UNA PUNO. Este auditorio se encuentra ubicado en la ciudad de Puno, Perú, en la sede central de la Universidad Nacional del Altiplano (UNA PUNO). El edificio que alberga a la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica cuenta con una infraestructura moderna y adecuada para el desarrollo de actividades académicas y administrativas. Sin embargo, uno de los principales desafíos que enfrenta el edificio es el clima frío y seco que predomina en la región durante gran parte del año, lo que hace necesario el uso de sistemas de calefacción y aire acondicionado para garantizar el confort térmico para las diferentes actividades que se realiza en el auditorio.



3.3.3. Muestreo

No probabilístico por conveniencia.

3.4. RECOLECCIÓN DE DATOS CON TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

3.4.1. Técnica de Recolección de datos

En la presente investigación la técnica que se aplicó es el análisis documental como técnica de recolección de datos.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Para el análisis documental se utilizó una ficha de revisión documental.

3.4.3. Procedimientos

La investigación se inició recopilando información física del personal administrativo de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica. En la siguiente etapa, correspondiente al desarrollo del proyecto, se realizaron cálculos de diseño utilizando los datos recolectados. Se consideraron dos sistemas de aire acondicionado: uno convencional y otro que incorporaba un intercambiador de calor de alta eficiencia llamado HPHE (High-Performance Heat Exchanger). Este sistema utiliza un intercambiador de calor para transferir eficientemente el calor entre el aire y el fluido refrigerante utilizado para enfriar el ambiente.

Se establecieron parámetros como la temperatura, la humedad relativa y la cantidad de renovaciones de aire, de acuerdo con las normativas internacionales vigentes, para el interior del auditorio de la facultad. También se tomaron en cuenta los datos de temperatura media exterior del entorno a climatizar. A continuación, se realizó un análisis comparativo del consumo de carga térmica para cada uno de los sistemas.



3.4.4. El lugar de estudio

Escuela Profesional de Mecánica Eléctrica, es parte de la Facultad de Ingeniería Mecánica, Eléctrica y Electrónica de la UNA PUNO, que tiene como objetivo formar profesionales capaces de diseñar, desarrollar y gestionar sistemas eléctricos y mecánicos, así como de utilizar tecnologías modernas para la solución de problemas relacionados con la energía y los procesos industriales, en donde incluye asignaturas teóricas y prácticas en áreas como la electricidad, la electrónica, la mecánica, la termodinámica, la automatización, entre otras. Además, los estudiantes tienen la oportunidad de realizar prácticas pre-profesionales en empresas del sector energético y mecánico.

Se encuentra ubicada en la ciudad de Puno, Perú, en la región del altiplano andino a una altitud de más de 3,800 metros sobre el nivel del mar. La universidad fue fundada en 1856 y es una de las universidades más antiguas y prestigiosas del país. Fue creada en 1969, como respuesta a la necesidad de formar profesionales capacitados para el diseño y gestión de sistemas eléctricos y mecánicos en la región. Desde entonces, la carrera ha evolucionado y actualizado su plan de estudios para adaptarse a los cambios tecnológicos y a las necesidades del mercado laboral destacando por su compromiso con la educación de calidad y la formación de profesionales líderes en diversas áreas del conocimiento. La universidad cuenta con una amplia oferta de carreras de pregrado y postgrado, así como con una destacada labor en investigación y extensión universitaria.

3.4.5. Materiales

- Termómetros de máxima y mínima
- Psicrómetro (termómetro bulbo seco y bulbo húmedo)
- Termohigrógrafo.
- Barómetro



- Pluviómetro.
- Actinógrafo.
- Heliógrafo.

3.4.5.1. Materiales para el estudio

Los datos se procesarán mediante cálculos, los recursos necesarios para este apartado es lo siguiente:

- Computadora
- Software Excel
- Libro ASHRAE HANDBOOK 2005
- Manuales
- Catálogos
- Internet.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Descripción del entorno

La Universidad Nacional del Altiplano de Puno es una universidad pública ubicada en la ciudad de Puno. Fue fundada en 1856 a petición de los pobladores del mencionado departamento, actualmente cuenta con 37 escuelas profesionales. La altitud de la región Puno alcanza los 3810 m.s.n.m., con un clima cuyos extremos son: máxima 21°C y mínima -22 °C.

Figura 3: Ubicación de la Universidad Nacional del Altiplano.



Fuente: Obtenido de Google Maps

4.1.2. Ubicación

El auditorio de la Escuela Profesional de Mecánica Eléctrica, se encuentra ubicada en el pabellón de la Escuela Profesional de Mecánica Eléctrica, dentro de la Universidad Nacional del Altiplano de la ciudad de Puno.

Figura 4: Ubicación de la Escuela Profesional de Mecánica Eléctrica.



Fuente: Obtenido de Google Maps

4.1.3. Equipamiento y usos del auditorio

- Escritorios
- Sillas
- Camerinos
- Pódium
- Pizarra eléctrica
- Proyector
- Parlantes



4.1.4. Dimensiones del auditorio

Se considera 9 metros de ancho con 7 metros de largo y 3.5 metros de altura. El auditorio está ubicado en el pabellón nuevo de la escuela profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

4.1.5. Requerimientos del auditorio

El auditorio en mención requiere de una óptima ventilación y acondicionamiento para incorporar componentes climáticos correctos para las charlas y clases, lo cual permitirá a los estudiantes y docentes desempeñarse en las mejores condiciones climáticas, garantizando a la vez la conservación de los equipos y evitando la fatiga de los usuarios que se encuentran dentro del ambiente.

Según Carnicer, la temperatura promedio deseable en ambientes cerrados que equivale a la zona de confort implica parámetros de 22° C y 27 ° C además de 40% a 60% de humedad relativa. Es necesario mencionar que existen relaciones directas entre las variables: confort, clima interior, niveles de humedad, entre otros.

En todo auditorio, se requiere una adecuada renovación del aire, porque en el interior se encuentran los usuarios que consumen oxígeno, por lo que debe tenerse en cuenta que a pesar de que exista una temperatura agradable, es muy probable que los usuarios se duerman y no atiendan las exposiciones, precisamente por la falta de la renovación del aire lo cual obliga a renovar el aire de ventilación por persona entre 10 a 15 pies cúbicos por minuto.

Lo que se busca con la ejecución de este proyecto es integrar de manera óptima las condiciones de circulación de aire con los parámetros adecuados para un ambiente agradable del auditorio, con una temperatura permanente promedio de 18° C, con una humedad relativa menor al 60%.



4.1.5.1. Parámetros para cálculo de carga térmico

- Grados de latitud de la ubicación del edificio: 18°
- Temperatura exterior (Máxima promedio): 10°C
- Humedad relativa exterior: 40%
- Temperatura en auditorio: 15°C
- Humedad en auditorio: 20%
- Temperatura a las 15 horas: 20°C
- Variación de temperatura en 24h: 8°C
- Coeficiente de color de cara exterior de la pared: 0.78

4.1.5.2. Cargas térmicas

Con el fin de realizar la estimación correspondiente se requiere utilizar ecuaciones de transferencia de calor.

Respecto, se presenta la ecuación global de transferencia de calor.

$$Q = U.A.\Delta T \dots \text{Ec. 1}$$

Donde:

Q: es el calor transferido

U: es el coeficiente global de transferencia de calor

A: es el área superficial externa

ΔT : es la diferencia de temperaturas entre el exterior y el interior del aula.

Sin embargo, en función al tipo de transferencia de calor, el parámetro U puede variar por la presencia de diversas consideraciones como por ejemplo las propiedades de los insumos, el desplazamiento del fluido, la densidad, entre otros.

En cuanto a la radiación, la expresión matemática es similar donde U es sustituida por HR que depende de la constante de Stefan Boltzmann, la temperatura, el factor de forma y la superficie donde impacta el radiador.

Estos procesos se emplean para determinar las diferentes cargas térmicas, teniendo en cuenta que los mencionados procesos son a los que se aplican Handbook – Fundamentals de ASHRAE.

ASHRAE corresponde a un manual en el cual se sugieren varias técnicas y metodologías para la estimación de las cargas de enfriamiento del ambiente que se quiere acondicionar. Las diferencias de los métodos se visualizan el cálculo de los elementos de la ecuación de transferencia de calor. En el presente estudio se utilizará el método de Radiant Time Series (RTS) o Series de Tiempo Radiante, que está sustentando por el método de balance Térmico.

Tabla 1: Cargas térmicas interiores del Auditorio

N.º	Carga Térmica	Cantidad
1	Equipos de Cómputo	3
2	Aforo (Número de personas)	80
3	Pizarra eléctrica	1
4	Parlantes	2
5	Escritorio Melanina	6
6	Proyector	1
7	Armario Metálico	4
8	Luminarias	24
9	TV 32"	1

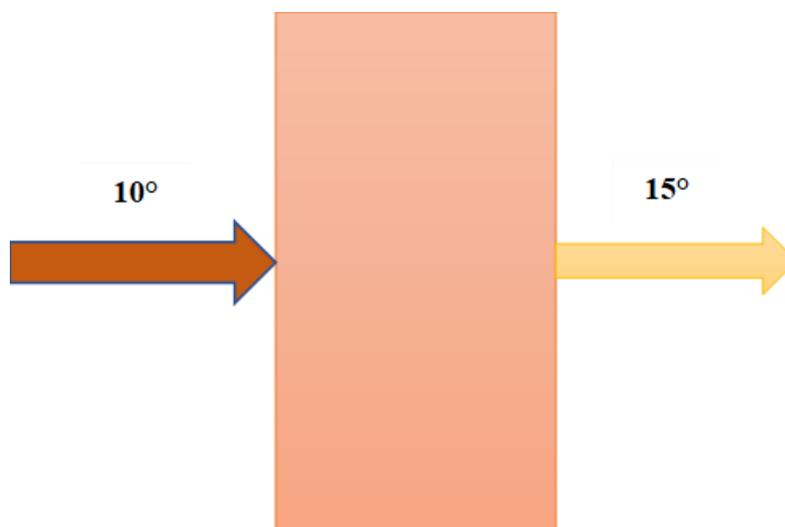
Elaborado por el equipo de trabajo

Las cargas térmicas exteriores, son el flujo de calor por medio de pisos, paredes, ventanas y puertas, desde el exterior del auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica hasta el interior.

4.1.6. Cálculo de cargas térmicas

4.1.6.1. Flujo de calor en pisos, paredes del auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica

Figura 5: Pared del auditorio.



Elaborado por el equipo de trabajo

Las paredes del auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica presentan una temperatura promedio de 15°C que es óptima para desarrollar los eventos.

4.1.6.2. Cálculo del calor interno en el auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica

En el interior del auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, se encuentran las siguientes cargas térmicas: Luminarias: se tiene luminarias de 60 watt de potencia cada una, el cual irradia un calor de 21 Watt de calor sensible.

Ocupantes: El auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica tiene un aforo total de 80 personas, está en promedio una persona irradia un calor sensible de 75 Watt.

Los escritorios tienen un calor sensible de 24 Watt cada uno, el armario metálico de 18 watt, el TV 32” un calor sensible de 45 Watt, el equipo de cómputo con 54 watt de calor sensible, resumiendo se tiene:

Tabla 2: Cálculo de cargas térmicas internas

N.º	Carga Térmica	Cantidad	Calor sensible	Total (Watt)
1	Equipos de Cómputo	3	54	162
2	Aforo (Número de personas)	160	75	6000
3	Escritorio Melanina	6	24	144
4	Armario Metálico	4	18	72
5	Pizarra eléctrica	1	30	30
6	Proyector	1	45	45
7	Parlantes	2	20	40
8	Luminarias	24	21	504
9	TV 32”	1	45	45
Total				7042

Elaborado por el equipo de trabajo

4.1.6.3. Método de balance térmico (ASHRAE)

Mediante este método es posible aproximar las cargas que enfrían el ambiente donde se necesita estimar el equilibrio térmico conductivo, convectivo y radiactivo entre superficies, para cada zona del ambiente y un balance térmico convectivo para la circulación del aire de la habitación, con lo que el problema se resuelve de forma directa. Como los cálculos son muy rigurosos se requieren el uso de computadores.



En este caso se debe considerar:

- La temperatura debe ser homogénea con respecto al aire del ambiente a calcular.
- En el caso de las superficies las temperaturas deben ser uniformes.
- Las radiaciones de onda larga y corta también deben ser uniformes.
- Las superficies radiantes deben ser difusas.
- Para la conducción del calor, el espacio debe ser unidimensional.

Al aplicar este método obligatoriamente deben tenerse en cuenta los siguientes procesos:

- Balance térmico en las zonas exteriores.
- Conductividad a través de la pared.
- Balance térmico interior.
- Balance térmico del aire.

4.1.6.4. Método de tiempo radiante (RTS)

Consiste en la ejecución de un proceso preciso que no requiere de estimaciones repetidas de modo que no pueda cuantificarse cada contribución de los elementos configurados para enfriamiento. Esta técnica hace posible el análisis y comparación de los coeficientes que deben emplearse para cada tipo de construcción y áreas en donde se determinen el efecto relativo en cada resultado, por lo que se facilita la aplicación de un análisis de ingeniería mediante los procedimientos de estimación de las cargas de enfriamiento (Ashrae, 2005), se utiliza debido a los principios asumidos para el cálculo de la energía anual. Se supone que el diseño de las cargas de enfriamiento se realiza en condiciones constantes y fiables de forma regular. Se observa dos impactos de retardo uno para ganar calor por conducción y otro, el retardo en la conversión de enfriamiento del calor absorbido por radiación. El componente radiactivo debe absorberse primero a través de las superficies internas antes de transferirse por convección desde esa superficie



al aire circundante. El método RTS puede utilizarse para calcular cargas máximas, pero no debería ser.

En los temas en que se diferencian, y por lo que se requiere:

- Carga térmica por conducción.
- División de las cargas térmicas en carga convectiva y carga radiante.
- Conversión de las cargas radiantes en cargas de enfriamiento.

Los retrasos anteriormente descritos debidos a la conducción y la radiación se tienen en cuenta al replicar las cargas horarias en un tiempo de 24 horas por lo que el procedimiento consiste en dispersar la carga térmica.

Para el diseño se considera:

- La estimación del perfil de 24 horas en las cargas térmicas.
- Distribución de las cargas conductivas y radiantes.
- Aplicar de forma adecuada series de tiempo respecto de las cargas térmicas para tener en cuenta el retraso del tiempo en el proceso de enfriamiento.
- Hacer la sumatoria de los componentes radiativos y retrasados de las cargas térmicas con el fin de determinar la carga de cada hora.

Una vez calculadas las cargas de cada elemento se hace la sumatoria total para determinar la hora punta. Este mismo proceso se repite con las habitaciones orientada hacia la puesta del sol.

4.1.6.5. Cargas internas

Se trata de todas y cada una de las cargas que se localizan en el interior del aula. Pueden ser las personas del espacio o equipos que produce calor (motores, lámparas, ordenadores). Para simplificar el cálculo, se determina la transferencia de calor en función de sus componentes para realizar la sumatoria correspondiente. Para ello se tienen en cuenta numerosos factores, como la conductividad térmica y el coeficiente de convección, entre otros.

4.1.6.6. Usuarios

Tabla 3: Calor aportado por las personas

Ambiente	Personas	Calor sensible (W)	Calor Latente (W)	Total, calor sensible (W)	Total, calor latente (W)	Calor sensible radiante (%)	Calor sensible radiante (W)	Calor convectivo (W)
Auditorio								
Actividad moderada	10	75	55	750	550	0.48	360	940
Caminando/parado	6	75	70	450	420	0.48	216	654

Elaborado por el equipo de trabajo

Para la división de la carga radiante, se supuso que la velocidad del aire de la zona era moderada. (0.2 m/s aprox.)

4.1.6.7. Iluminación

La siguiente ecuación (ASHRAE, 2005) determina la ganancia de calor por iluminación.

$$q_{el} = W F_{ul} F_{sa} \dots \text{Ec. 2}$$

Donde:

Q_{el}: Calor ganado [W].



W: Potencia de la iluminación.

Fut: Factor de uso de luz.

Fsa: Factor especial de balastro (special allowed factor).

Se utilizan focos fluorescentes T8 de 1200 mm y 36 W. El modelo de fluorescente para ellos es TL-D 36W/54-765 1SL. Dado que las lámparas se utilizan constantemente a lo largo del día, se considera que el factor de utilización (Full) es 1. Debido a las características del balastro (eléctrico) y de la configuración (dos fluorescentes por lámpara), se considera que existe un factor de balastro particular (Fsa) de 0,94. (anexo A.6). En la tabla 2.2 se pueden ver los valores de las cargas relacionadas con la iluminación. Según el anexo A.7, se tienen en cuenta los porcentajes de calor radiante (67%) y de calor convectivo (33%).

Tabla 4: Calor aportado por las luminarias

Ambiente	Lámparas	Calor total (W)	Calor radiante (W)	Calor convectivo (W)
Auditorio	2	67.68	45.35	22.33

Elaborado por el equipo de trabajo

4.1.6.8. Cargas externas

Se consideran cargas externas todos los aportes que llegan del exterior. El calor irradiado por el sol y un ambiente exterior más caluroso son dos de los ejemplos más notables. Los cálculos se llevan a cabo empleando las ecuaciones de transferencia de calor, interior y exterior, ventanas, paredes y suelo. De forma similar al cálculo de las cargas internas, se establece el calor transferido desde cada uno de estos componentes y, a continuación, se suma el calor total.

4.1.6.9. Radiación solar a través de las ventanas (Cálculo de fenestración)

La latitud del auditorio es -15.824 , tiene ventanas en la parte trasera, lo que permite que entren los rayos del sol entre las ventanas. Los vasos tienen marcos de aluminio que, gracias a la alta conductividad térmica, permiten una rápida transferencia de la energía absorbida; por lo que la radiación que entra por las ventanas implica considerar que fuera de vidrio y la orientación de las paredes y ventanas están alineadas con la entrada del sol.

Según (Parsons y Thomas, 2005), dice que la fenestración es un término arquitectónico que se refiere a la ubicación, proporción y diseño de las ventanas, tragaluces y puertas de un edificio. Los componentes son materiales de cristal o plástico como los marcos, tabiques parasoles, entre otros. La ventana actúa como un soporte físico y/o visual que crea una conexión con el entorno a la vez que es un soporte que permite el paso de la radiación solar. Este último aporta la luz natural y la carga térmica de la estancia. La carpintería de ventanas tiene un impacto respecto del consumo de energía de una edificación especialmente por la transferencia de calor, las fugas de aire, entre otros.

Tabla 5: Área de ventanas por ambiente y orientación

Ambiente	Sur	Este	Norte	Total
Auditorio	2	0	0	2
Total	2	0	0	2

Elaborado por el equipo de trabajo

Para calcular la fenestración, primero es necesario determinar algunas variables relacionadas con el sol (López, L. M., Santigosa) y los materiales involucrados.

Asimismo, el autor indica que el tiempo solar se basa en el movimiento aparente del sol a través del horizonte local. La diferencia entre el tiempo solar verdadero y medio



proporciona la ecuación del tiempo. Esta diferencia puede ser de hasta 16 minutos antes y 14 minutos después, según el día.

La hora estándar local es la hora local que varía según la ubicación dentro de una zona horaria, sin tener en cuenta las correcciones de conservación de energía, también conocida como horario de verano. La hora estándar y la hora local se relacionan en dos etapas: la ecuación del tiempo se agrega a la hora estándar local y luego se agrega a la corrección de longitud que alcanza 4 minutos por grado de diferencia entre la longitud de la ubicación y la longitud del meridiano estándar local. En el caso de Puno, la longitud del meridiano estándar local es 70° ya que estamos a las -05:00 GMT según la zona horaria. Para determinar la hora solar verdadera, usamos la siguiente fórmula

$$AST = LST + \frac{ET}{60} + \frac{LSM-LON}{15} \dots \text{Ec. 3}$$

LST: hora estándar local (hora estándar local) [horas decimales]

ET: ecuación del tiempo [minutos decimales]

LSM: meridiano de hora estándar local [grados]

LON: longitud local (longitud local) [grados]

Teniendo un ejemplo para mayo 21 a las 3 de la tarde.

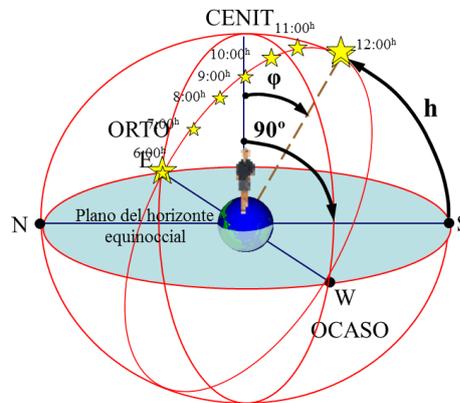
$$AST = 15 + \frac{3.3}{60} + \frac{75 - 77.081}{15} = 14.92$$

Esto significa que cuando el reloj marca las 3:00 p. m. y cuenta 55 minutos y 11 segundos, en realidad son las 2:00 p. m. en la longitud especificada. Los ángulos negativos (ángulos al este del meridiano) indican el tiempo restante para llegar al meridiano, y los ángulos positivos (ángulos al oeste del meridiano) indican el tiempo transcurrido desde que se cruzó el meridiano 24 horas equivalen a 360° (ITE, 2020), por lo que una hora equivale a 15° . Los ángulos horarios para las diferentes horas diurnas se obtienen utilizando la ecuación siguiente:

$$H = 15(AST - 12) \dots \text{Ec. 4}$$

H: es el ángulo horario [grados]

Figura 6: Área de ventanas por ambiente y orientación



Fuente: Instituto de Tecnologías Educativas

De acuerdo al ejemplo anterior podemos calcular H.

$$H = 15(14.92 - 12) = 43.74$$

El ángulo horario de 43, 74° (nótese que es positivo) significa que el sol cruzó el meridiano hace poco menos de tres horas. Habiendo determinado la posición del sol con respecto al meridiano, se puede calcular la altura y azimut. La altitud proporciona la elevación sobre la horizontal en grados y el acimut de la proyección de elevación medido en grados desde el norte.

Podemos calcular los ángulos de esta manera:

$$\text{sen}\beta = \text{cos}L \cdot \text{cos}\delta \cdot \text{cos}H - \text{sen}L \cdot \text{sen}\delta \dots \text{Ec. 5}$$

$$\text{cos}\phi = \left(\frac{\text{sen}\beta \cdot \text{sen}L - \text{sen}\delta}{\text{cos}\beta \cdot \text{cos}L} \right) \dots \text{Ec. 6}$$

Sin embargo, dado que el coseno siempre es positivo, los valores de Φ deben interpretarse como el ángulo que falta para alcanzar los 180° (para valores de H negativos, am) o como el ángulo por el que pasan los 180° (para valores de H positivos, en las tardes).

Entonces:

$$\phi = 180^\circ - \text{arc cos} \left(\frac{\text{sen}\beta \cdot \text{sen}(\text{Lat}) - \text{sen}\delta}{\text{cos}\beta \cdot \text{cos}(\text{Lat})} \right) \dots \text{Ec. 7}$$

$$\text{Si } H > 0 \quad \phi = \text{arc cos} \left(\frac{\text{sen}\beta \cdot \text{sen}(\text{Lat}) - \text{sen}\delta}{\text{cos}\beta \cdot \text{cos}(\text{Lat})} \right) - 180^\circ$$

Donde:

β : altitud solar

Φ : acimut solar

δ : declinación solar

Lat.: latitud

H: ángulo horario

Para obtener la hora se obtiene así:

$$\text{sen}\beta = \cos(12.072) \cdot \cos(20) \cdot \cos(43.74) - \text{sen}(12.07) \cdot \text{sen}(20)$$

$$\beta = 36.32^\circ$$

$$\text{cos}\phi = \frac{\text{sen}(36,32) \cdot \text{sen}(12.072) - \text{sen}(20)}{\text{cos}(36,32) \cdot \text{cos}(12.072)}$$

$$\phi = 126.25$$

Como son las 15:00 h, $H=43,74^\circ > 0$, el acimut es $-53-75^\circ$

Como la tierra muestra una inclinación al plano de la órbita solar alrededor del sol, existen diferencias en los intervalos de luz en los días del año, es decir que la declinación del sol y la línea ecuatorial de la tierra presentan variaciones de un día al otro.

Tabla 6: Orientación de superficie y acimut, medidos al sur

Orientación	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Acimut de superficie	0°	45°	90°	135°	180°	-135°	-90°	-45°

Elaborado por el equipo de trabajo

El acimut de la superficie del sol viene dado por la fórmula

$$g = f - y \dots \text{Ec. 8}$$



Donde:

γ : acimut solar de superficie [grados]

Φ : acimut [grados]

ψ : acimut de superficie [grados]

Si γ es mayor a 90° o menor a -90° , la superficie está en sombra.

Continuando con el ejemplo para calcular el acimut de la superficie del sol por el lado sur, tenemos:

$$g = f - y = -53.75^\circ - 180^\circ = -233,75^\circ = 126,25^\circ$$

Resulta que $\gamma = 126,25^\circ > 90$, entonces este muro estará en la sombra a las 3:00 AM. M. de 21 de mayo.

En cambio, el ángulo de incidencia está determinado por el ángulo entre los rayos del sol y la normal a la superficie incidente.

$$\theta = \cos\beta \cdot \cos\gamma \cdot \text{sen}\Sigma + \text{sen}\beta \cdot \cos\Sigma \quad \dots \text{Ec. 9}$$

Donde:

θ : ángulo de incidencia [grados]

Σ : inclinación de la superficie a la horizontal [grados]

Para superficies verticales $\Sigma=90^\circ$, es decir, $\cos \Sigma=0$ y $\text{sen} \Sigma=1$, queda:

$$\cos\theta_v = \cos\beta \cdot \cos\gamma$$

Del mismo para para las superficies horizontales donde $\Sigma=0^\circ$

$$\cos\theta_u = \text{sen}\beta$$

Por ejemplo, tomemos la fórmula para superficies verticales ya que el muro sur es completamente vertical.

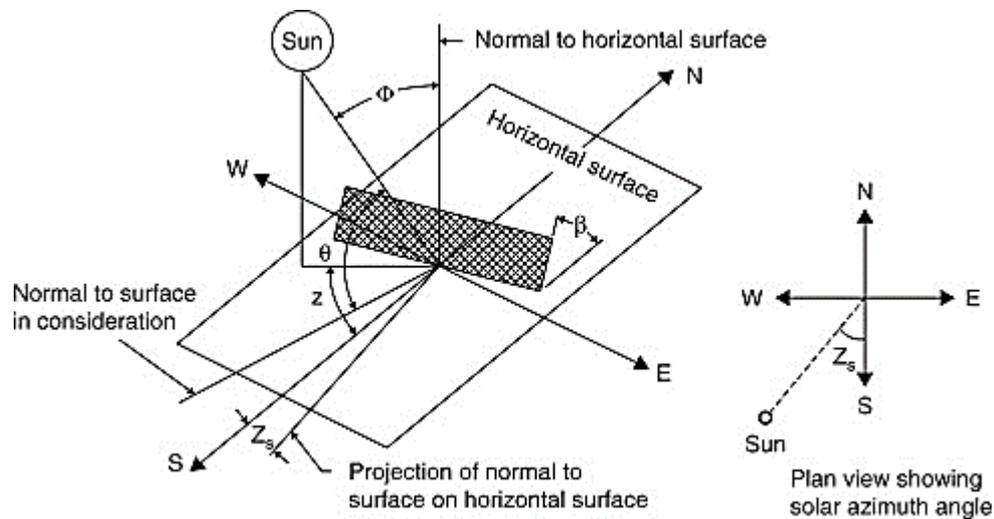
$$\cos\theta_v = \cos\beta \cdot \cos\gamma = \cos(36,32) \cdot \cos(126,25^\circ)$$

$$\theta_V = 118,45^\circ$$

Este resultado muestra que el muro está en sombra en este punto porque cuando el ángulo de incidencia vertical es mayor a 90° , el sol está detrás del muro exterior del muro sur y proyecta una sombra.

La imagen muestra diferentes ángulos del sol en el hemisferio norte (norte y sur y este y oeste están invertidos en el hemisferio sur).

Figura 7: Ángulos solares



Fuente: (Parsons y Thomas, 2005)

En el área de Resultados encontrará todos los resultados de los cálculos explicados en este capítulo para el día 21 de cada mes en diferentes momentos. Los resultados se muestran en varias tablas. Se eligió el día 21 de cada mes porque coincide con los solsticios y equinoccios del año intensidad de radiación o radiación normal directa viene dada por la siguiente fórmula:

$$E_{DN} = \left[\frac{X}{\exp(Z/\sin\beta)} \right] CN \quad \dots \text{Ec. 10}$$

Donde:

EDN: radiación directa normal [W/m²]



X: radiación solar aparente [W/m²]

Z: coeficiente de extinción atmosférica [adimensional]

CN: número de factura

Si $\beta > 0$ se aplica a la fórmula anterior, caso contrario se considera que EDN=0.

En este ejemplo, dado que el sol todavía está en su posición normal donde se genera radiación directa definida por el factor EDN.

$$E_{DN} = \left[\frac{X}{\exp(Y/\sin\beta)} \right] CN = \left[\frac{1106^W/m^2}{\exp(0,177/\sin(36,32^\circ))} \right] \cdot 1 = 820,31 \frac{W}{m^2}$$

Los valores de X, Y y CN son constantes para el día en cuestión (21 de mayo).

Cuando está turbio $CN < 1$. Se asume $CN=1,05$ para el verano y $CN=0,95$ para el invierno.

Estos valores de CN son para el noroeste de EE. UU. (Costa del Pacífico Norte). Se tomaron estos valores en base a la región de Puno que es un promedio de 10 horas por día versus un promedio de 4 horas por día), excepto que los días de verano estén despejados mientras que cuando llegue el invierno los días son muy fríos y muy secos.

Radiación Normal Directa (DND), hace referencia a la cantidad de radiación recibida por unidad de área. La iluminación directa está conformada por la iluminación directa normal a la superficie y viene dada por:

$$E_D = E_{DN} \cos\theta \quad \dots \text{Ec. 11}$$

Si $\cos\theta > 0$, caso contrario ED es 0

De acuerdo al ejemplo propuesto, debido a que $\cos\theta < 0$ ($\cos\theta = -0,48$), entonces el valor de ED = 0.

Este valor de 0 (cero) significa que el área dada no está directamente iluminada, por lo que es evidente pues está en la sombra.



Con el fin de precisar la dispersión de la radiación y su reflejo desde el suelo, primero determine la relación Y entre la radiación del cielo dispersada en la superficie vertical y la radiación del cielo dispersada en la superficie horizontal.

$$\text{Si } \cos\theta > 0,2 \quad Y = 0,55 + 0,437\cos\theta + 0,31\cos^2\theta$$

$$\text{Si } \cos\theta < 0,2 \quad Y = 0,45$$

Ejemplo:

El valor de $\cos\theta = -0,48 < 0,2$, por lo cual $Y = 0,45$

La irradiancia difusa de E_d con respecto a las superficies verticales podemos calcular mediante:

$$E_d = CYE_{DN} \quad \dots \text{ Ec. 12}$$

Donde:

C : factor de cielo difuso [adimensional]

La radiación difusa se denomina radiación indirecta porque es energía que se propaga por radiación pero que no incide directamente sobre la superficie sino a través de la atmósfera o el espacio circundante. Para caras horizontales, este valor es 0.

En el ejemplo:

$$E_d = CYE_{DN} = 0,13 \cdot 0,45 \cdot 829,31 \frac{W}{m^2} = 47,99 \frac{W}{m^2}$$

La irradiancia por reflejo del suelo E_r para todo tipo de superficies está dada por:

$$E_r = E_{DN}(C + \text{sen}\beta)P_g \frac{1-\cos\Sigma}{2} \quad \dots \text{ Ec. 13}$$

Donde la variable P_g viene a ser la reflectividad del suelo que mayormente se puede tomar en 0.2 para combinación típica de superficies del suelo.

Esta radiación es la que proviene de varias otras superficies que hay alrededor.

$$E_r = E_{DN}(C + \text{sen}\beta)P_g \frac{1 - \cos\Sigma}{2}$$
$$= 829,31 \frac{W}{m^2} (0,13 + \text{sen}(36,32^\circ)) 0,2 \frac{1 - \cos(90)}{2} = 57,04 \frac{W}{m^2}$$

La ganancia de calor a través de las ventanas se calcula calculando la ganancia de calor solar por radiación directa q_b , la ganancia de calor solar difusa q_d y la ganancia térmica por conducción q_c ; la suma de estos valores da la ganancia total de calor por ventana Q .

$$q_b = AE_D SHGC(\theta) IAC \quad \dots \text{Ec. 14}$$

$$q_d = A(E_d + E_r) \langle SHGC \rangle_D IAC \quad \dots \text{Ec. 15}$$

$$q_e = UA(T_{ext} - T_{int}) \quad \dots \text{Ec. 16}$$

$$Q = q_b + q_d + q_c \quad \dots \text{Ec. 17}$$

Donde:

A: área por ventana [m^2]

SHGC(θ): Coeficiente de aportación directa de calor que se expresa de acuerdo con el ángulo de incidencia y se obtiene interpolando datos.

SHGCD: Coeficiente de ganancia de calor difuso conocido como SHGC hemisférico.

Text: temperatura exterior [$^\circ\text{C}$].

Tint: temperatura interior [$^\circ\text{C}$], 20°C de acuerdo a las consideraciones del proyecto.

U: transmitancia térmica [$W/(m^2 \cdot K)$], $U = 7,24 W/(m^2 \cdot K)$ para vidrio simple

IAC: coeficiente de atenuación por sombra interior.

IAC=0.82 para cortinas oscuras opacas,

IAC=0.40 para cortinas translúcidas,

IAC=1 sin cortinas.

$$q_b = q_{b,sur} + q_{b,norte} + q_{b,este} + q_{b,oeste} \dots \text{Ec. 18}$$

De igual manera para los demás calores.

Tabla 7: Coeficiente de ganancia de calor (SHGC) para vidrio simple transparente

Grosor (mm)	Ángulos de incidencia θ (°)						<SHGC> _D
	0	40	50	60	70	80	
3	0,86	0,84	0,82	0,78	0,67	0,42	Difuso 0,78

Elaborado por el equipo de trabajo

Continuando con el cálculo del ejemplo propuesto:

$$q_b = q_{b,sur} + q_{b,norte} + q_{b,este} + q_{b,oeste} = 0$$

$$q_d = q_{d,sur} + q_{d,norte} + q_{d,este} + q_{d,oeste} = 1789,16W$$

$$q_c = q_{c,sur} + q_{c,norte} + q_{c,este} + q_{c,oeste} = 2316,80W$$

$$Q = q_b + q_d + q_c = 4105,96W$$

4.1.7. Transmisión de calor a través de las superficies externas del edificio

La ganancia de calor exterior (pared y techo) se calcula cuando el flujo de calor es máximo y se debe no solo a la diferencia de temperatura entre el aire que envuelve las superficies exterior e interior, sino también al calor solar absorbido desde el exterior (Pérez, 2010). En tal sentido se empleó la noción de "diferencia equivalente de temperatura". Se define como la diferencia entre la temperatura del aire interior y exterior resultante del flujo de calor total a través de la estructura causado por la insolación variable y la temperatura exterior (CACC, 1980).



La descripción anterior de Carrier de "diferencia de temperatura equivalente" es casi idéntica a la definición de temperatura solar y del aire de ASHRAE (Parsons y Thomas, 2005), por lo que tratamos los dos términos como sinónimos.

Flujo de calor en superficies soleadas externas.

$$\frac{q}{A} = \alpha E_t + h_o(t_e + t_s) - \varepsilon \Delta R \quad \dots \text{Ec. 19}$$

Donde,

α : capacidad de absorción de calor por radiación solar expresado en porcentajes

E_t : radiación solar en la superficie [$W/(m^2 \cdot K)$]

h_o : valor de coeficiente de calor transferida por onda larga [$W/(m^2 \cdot K)$]

t_o : temperatura registrada en el exterior [$^{\circ}C$]

t_s : temperatura en la superficie [$^{\circ}C$]

ε : emisividad

ΔR : Es la diferencia entre la radiación de onda larga que incide sobre una superficie y la radiación emitida por un cuerpo negro a temperatura ambiente [W/m^2].

Estos elementos permiten considerar la ecuación de transferencia de calor en términos de temperatura, del aire y del sol:

$$\frac{q}{A} = h_o(t_e + t_s)$$

Juntando ambas ecuaciones tenemos que:

$$t_e = t_o + \frac{\alpha E_t}{h_o} - \frac{\varepsilon \Delta R}{h_o}$$

Entonces podemos asumir que en zonas horizontales donde incide la luz, el incremento adecuado sería de $63 W/m^2$, de manera que si $\varepsilon = 1$ y $h_o = 17 W/m^2 K$, vendría a ser la corrección de ondas largas $\varepsilon \Delta R/h_o$, que sería más o menos en $4K$. Para

superficies verticales, el valor exacto de ΔR es difícil de estimar porque reciben radiación del suelo y sus alrededores, así como del cielo. Durante la intensa radiación solar, las superficies de los objetos en el suelo son generalmente más calientes que el aire, por lo que su nivel alto radiactivo balancea la baja emisión del sol. Por lo tanto, a menudo decimos que $\varepsilon\Delta R=0$ para superficies perpendiculares. La relación α/h_0 es 0,052, valor que de 0.052 para el cociente $\alpha/h_0 / h_0$, este valor corresponde a superficies oscuras.

Para calcular la temperatura solar con dirección al sur se utiliza:

$$t_e = t_o + \frac{\alpha E_t}{h_o} - \frac{\varepsilon \Delta R}{h_o} = 28^\circ C + 0,052 \frac{m^2 K}{W} \cdot 137,15 \frac{W}{m^2} - 0 = 35,13^\circ C$$

Como ya se mencionó, la temperatura del aire y del sol es diferente en cada superficie. Los valores coincidentes se enumeran con otros resultados.

La serie de tiempo de conducción (CTS) se utiliza para calcular la ganancia de calor por conducción en el método RTS. Pero primero, la ganancia de calor a lo largo del tiempo se calcula utilizando la fórmula general de transferencia de calor:

$$q_{i,q-n} = UA(t_{e,q-n} - t_{rc}) \dots \text{Ec. 20}$$

Donde:

$q_{i,q-n}$: es el valor por conducción de calor hace n horas previas [W]

U: coeficiente de transferencia de superficie [W/m² K]

A: Expresado en m² del área de superficie

$t_{e,q-n}$: Temperatura en °C del sol aire hace n horas

t_{rc} : temperatura del lugar de la habitación en °C

A una hora de la tarde determinada si se desea estimar el calor por conducción en la pared de un ambiente, con vista al sol sería:



$$q_{i,q-n} = UA(t_{e,q-n} - t_{rc}) = 0.702 \frac{W}{m^2K} \cdot 17,87m^2 \cdot (35,13 - 20)K = 189,82W$$

Este valor refleja la acumulación de calor a las 3:00 p. m., pero solo se disipa después de un tiempo debido al retraso relacionado con el material. Los beneficios de conducción se pueden calcular a partir de la hora actual y las últimas 23 horas y series de tiempo de conducción, por la ecuación:

$$q_q = c_0q_{i,q} + c_1q_{i,q-1} + c_2q_{i,q-2} + \dots + c_{23}q_{i,q-23} \dots \text{Ec. 21}$$

Donde:

q_q : es la ganancia horaria de calor de conducción en la superficie, medido en [W]

$q_{i,q}$: Calor en una hora puntual, medido en [W]

$q_{i,q-n}$: Calor calculado hace n horas, medido en [W]

c_n : Factores de conducción

Basado en la serie de tiempo de conducción, se definen los parámetros reales del incremento de calor en un tiempo “n”. Si son las 3:00 p.m., entonces:

$$q_q = c_0q_{i,q} + c_1q_{i,q-1} + c_2q_{i,q-2} + \dots + c_{23}q_{i,q-23}$$

$$= 0,01 \cdot 189,82W + 0,11 \cdot 201,54W + 0,21 \cdot 200,12W + \dots + 0 \cdot 135,42 = 161,26W$$

El calor ganado es el calor cedido al medio ambiente en un período de tiempo determinado. El techo es de tejas, concreto y los muros con ladrillos pandereta, teniendo en cuenta que el espesor de la loza es de 25 cm con un peso específico de aproximadamente 483 kg/m²; para un muro de 11 cm de espesor y un peso específico de 98 kg/m². Al igual que con las paredes, la ganancia de línea se calcula utilizando factores CTS. La serie temporal de conducción representa el retraso que se produce en la transferencia del calor desde el exterior al interior.

Tabla 8: Área de las estructuras del edificio

Orientación	Área	Área madera (puertas)	Auditorio		Pasillo	
			Pared	Madera	Pared	Madera
Norte	34.80	8.99	20.21	4.41		4.58
Sur	25.9		17.87		14.61	
Este	25.9					
Oeste	34.80		35.88		5.925	
Techo	161.1		106.2		9.06	

Elaborado por el equipo de trabajo

Pared de Concreto soleado

Espesor = 150 mm

$$\text{Area} = \text{Longitud} \times \text{altura} = 3.41 \times 0.7 = 25.9 \text{ m}^2$$

Densidad superficial del muro.

$$= 1856 + \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} 0.02\text{m} + 1856 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 0.15\text{m} + 1856 \text{ Kg m}^3 \times 0.02\text{m}$$

Densidad superficial del muro = 352.64 kg/m²**Pared de Concreto Interno**

Espesor = 150 mm

$$\text{Area} = \text{Longitud} \times \text{altura} = 3.41 \times 0.7 = 25.9\text{m}^2$$

Densidad superficial del muro



$$= 1856 + \frac{Kg}{m^3} 0.02m + 1856 \frac{Kg}{m^3} x 0.15m + 1856 Kg m^3 x 0.02m$$

Densidad superficial del muro = 352.64 kg/m²

Para las variaciones de la temperatura en 24 h = 8°C y la temperatura exterior a las 3 pm (10°C) menos la temperatura del interior que es de (15°C) = 5°C.

De la tabla proporcionada del coeficiente de la cara exterior de las paredes que definimos en los parámetros de diseño para una pared exterior término medio equivalente a 0.78.

$$X2 = \frac{(Rs \times b)}{rm} = \frac{(346 \times 0.78)}{339} = 0.798$$

$$X1 = 1 - X2 = 0.202$$

Transmisión de calor en pared

Para determinar el calor ganado:

$$q = UxAx\Delta te \dots Ec. 22$$

Área (m²) = 25.9 m²

Tabla 9: Carga termica paredes

Carga termina externas				
Paredes	Carga térmica de paredes	área m ²	Calor ganado	%
	Norte	34.80	5.3	56%
	Sur	25.9	20.48	15%
	Este	34.80	5.2	14%
	Oeste	25.9	5.1	14%
	Techo	56	0.3	1%
	Total		36.38	100%

Elaborado por el equipo de trabajo

Carga Térmica total = Cargas Externas + Cargas Internas

Tabla 10: Resumen de Carga termina

	Carga Térmica	Cantidad	Calor sensible	Total (Watt)	%
Equipos internos	Equipos de computo	3	54	162	2.30%
	Aforo (núm. Personas)	80	75	6000	85.20%
	Escritorio Melamina	6	24	144	2.04%
	Armario metálico	4	18	72	1.02%
	Pizarra eléctrica	1	30	30	0.43%
	Proyector	1	45	45	0.64%
	Parlantes	2	20	40	0.57%
	Luminarias	24	21	504	7.16%
	TV 32	1	45	45	0.64%
		Total			7042

Elaborado por el equipo de trabajo

En la tabla 10 se muestran datos de la carga calculada para cada uno de los componentes dentro del auditorio de la escuela profesional de ingeniería Mecánica Eléctrica con sus respectivos porcentajes que esta aportada sobre la carga total calculada.

4.1.8. Ventilación e infiltración

El intercambio de aire en los entornos interiores y exteriores de una edificación se clasifican como ventilación o infiltración. En el primer caso se emplea para brindar un

parámetro aceptable del aire interior. La calidad del aire interior se garantiza mediante el uso del aire de ventilación, el cual puede ser proporcionado a través de diferentes métodos, como la ventilación natural o forzada, la infiltración, el aire recirculado o una combinación adecuada de estos. La ventilación consiste en la introducción controlada de aire exterior en un espacio cerrado, ya sea de manera natural o forzada. En el caso de la ventilación natural, se refiere al flujo de aire que se genera a



través de aberturas como ventanas, puertas, rejillas u otras aperturas diseñadas específicamente en los edificios. Es el resultado de variaciones en la presión, naturales o artificiales. La ventilación forzada, también conocida como ventilación mecánica, es el movimiento intencionado de aire entre el interior y el exterior mediante ventiladores o extractores como lo menciona en el libro ASHRAE (Parsons y Thomas, 2005). Según (Carnicer, 1991) “La finalidad de la ventilación es sustituir el aire contaminado (con un elevado ingrediente de polvo, humo, bacterias y olores) por otro aire, limpio, mucho más conveniente para la respiración, y su contribución al bienestar puede ser tan importante como la que proporciona la temperatura y humedad”. El principal medio de eliminar el dióxido de carbono y suministrar oxígeno en La ventilación o renovación del aire en oficinas y aulas es fundamental para mantener una calidad adecuada del ambiente interior. Este proceso implica la introducción de aire fresco y la extracción de aire viciado, permitiendo así la circulación y renovación del aire en estos espacios. La ventilación garantiza un suministro constante de oxígeno, ayuda a eliminar contaminantes y mejora la salud y el bienestar de las personas que ocupan dichas áreas. Por otro lado, la infiltración se refiere a la entrada incontrolada de aire exterior en el interior del edificio. El aire entra a través de rejillas y otros espacios no previstos (como marcos de ventanas y puertas), así como por el uso de puertas que se abren y cierran para permitir el tránsito de personas. El término "infiltración" también se refiere al aire que se filtra al interior de un edificio. La exfiltración, a diferencia de la infiltración, es el movimiento del aire desde el interior de un edificio hacia el exterior. Al igual que ocurre con la ventilación, las diferencias de presión son las causantes de la infiltración y la exfiltración que dice el libro ASHRAE (Parsons y Thomas, 2005).



4.1.8.1. Ventilación

Según Pita (2000), al añadir aire exterior al edificio, hay que acondicionarlo con el fin de mantener las condiciones constantes establecidas. En primer lugar, el aire debe calentarse o enfriarse, en función de su temperatura interior y exterior. La transferencia de calor causada por la ventilación no se considera dentro de las cargas térmicas del recinto, sino que se trata como una carga de refrigeración, ya que el exceso de calor generalmente se elimina a través del sistema de refrigeración.

Las cargas térmicas del recinto se refieren a las cargas térmicas internas y externas que están presentes en el ambiente debido a diversos factores. La carga de refrigeración, también conocida como carga de ventilación, se refiere a la carga de calor que se elimina del aire exterior antes de introducirlo en el ambiente refrigerado. Además, el movimiento del aire puede aumentar la cantidad de calor transferido a través de las paredes del recinto. Este efecto del aire es difícil de medir, pero debe tenerse en cuenta a la hora de diseñar el sistema de climatización. (Ashrae , 1997).

Primero, la ratio de intercambio de aire compara el flujo de aire con el volumen representado como:

$$I = \frac{V}{Vol} \dots\dots \text{Ec. 23}$$

I: Ratio de intercambio de aire.

V: Flujo o caudal de aire que se introduce, m³/s.

Vol: Volumen interior del espacio, m³.

La unidad es 1/tiempo, por lo puede estar interpretado en segundos, minutos, horas y días. (Ashrae, 2005).



Es esencial mantener una adecuada ratio de intercambio de aire, dado que el aire proveniente del exterior tiene un impacto significativo en la carga térmica total del edificio. Esta carga térmica engloba tanto las cargas internas como externas, así como la ventilación y las infiltraciones. En general, el intercambio de aire representa entre el 20% y el 50% de la carga total. El cambio de aire puede afectar la carga térmica del edificio de tres maneras distintas, tal como se menciona en Ashrae (2005).

Primero, el aire debe ser calentado o enfriado, lo cual requiere una cantidad de energía significativa debido a las diferencias de temperatura entre el aire exterior y el interior.

$$q_s = V * p * c_p * \Delta t = 1200 * V * \Delta t \dots \text{Ec. 24}$$

Donde:

q_s : Carga térmica sensible [W]

V : Flujo másico de aire [m³ / s]

p : Densidad del aire [kg/m³] aprox. 1.2

c_p : Calor específico del aire [J/kg*K] aprox. 1000

Δt : Diferencia de temperatura entre el interior y el exterior [K]

Segundo, Dentro del entorno, la cantidad de humedad en el aire cambia.

$$q_1 = Q \cdot \rho \cdot \Delta W (2501 + 1.805T) \dots \text{Ec. 25}$$

Donde:

q_1 : Carga térmica latente [kW]

ΔW : Diferencia e la humedad entre el aire interior y exterior
[kgagua / kgaire seco]

T : Promedio de las temperaturas del interior y exterior [°C]



Finalmente, el intercambio de aire puede tener un impacto en la carga térmica al afectar el desempeño del sistema de aislamiento del edificio. Existe una diferencia de temperatura entre el aire que se infiltra o exfiltra y el aislamiento. Además, el movimiento del aire tanto en el interior como en el exterior de las paredes del edificio puede influir en la temperatura de la carga térmica. Al mismo tiempo, el flujo de aire a través del sistema de climatización del edificio puede causar una reducción en su rendimiento debido a la condensación de humedad, tanto en el sistema de climatización como en su entorno.

Para determinar la cantidad de aire exterior de renovación necesaria para el espacio en cuestión, se siguen las recomendaciones de la ASHRAE, detalladas en la Norma 62.1 de la ASHRAE. La Sección 6 (Procedimientos), en su apartado 6.2.2.1, establece que el valor mínimo de ventilación en la zona de respiración (V_{bz}) se calcula según la Ecuación 26.

$$V_{bz} = R_p \cdot P_z + R_a \cdot A_z \dots \text{Ec. 26}$$

Donde:

A_z : Área del espacio ocupado [m²]

P_z : Cantidad de personas en la zona de ventilación [personas]

R_p : Flujo de aire exterior requerido por persona [1/s por persona]

R_a : Flujo de aire exterior requerido por unidad de área [1/s por m²]

Para el auditorio se utilizará la siguiente fórmula:

$$V_{bz} = R_p \cdot P_z + R_a \cdot A_z = 5 \frac{l}{s \cdot persona} \cdot 40 \text{ personas} + 0,6 \frac{l}{s \cdot m^2} \cdot 103,5 \text{ m}^2$$

$$V_{bz} = 262,1 \frac{l}{s} = 0,2621 \frac{m^3}{s} = 555,36 \text{ cfm}$$

Este flujo de ventilación es para cuando el aforo está al máximo. Dado que la ocupación diaria varía, los cálculos se realizan para varias horas del día.



4.1.8.2. Infiltración

Existe una metodología fundamental para calcular las cargas de infiltración. (Ashrae, 2005). Este modelo se basa en el modelo del LBNL de Sherman y Grimsrud.

$$V = \frac{A_L}{1000} \sqrt{C_s \Delta t + C_w V^2} \dots \text{Ec. 27}$$

Donde:

V: Flujo de aire, m³/s

AL: Area efectiva de infiltración, cm²

CS: Coeficiente de estancamiento, (L/s)² / (cm⁴ * K)

Δt: Diferencia de temperatura promedio para el intervalo de cálculo, K

CW: Coeficiente del aire (L/s)² / [cm⁴ * (m/s)²]

V: Velocidad promedio del aire para el intervalo de cálculo m/s

4.1.9. Cálculo de la carga de enfriamiento total

Una vez que se han calculado todas las cargas térmicas, se procede a determinar la carga de enfriamiento, es decir, la cantidad de calor que el sistema de aire acondicionado debe absorber en la zona. Cada una de las fuentes de ganancia de calor se divide en componentes radiantes y convectivos. En este proceso, se realizan estimaciones sobre la distribución de los valores de carga. La porción convectiva se convierte de manera inmediata en carga de enfriamiento. Sin embargo, la porción radiante experimenta un retardo debido a las propiedades del material utilizado, como su conductividad y capacidad térmica. Esto significa que el calor radiante se transfiere de manera más lenta al sistema de enfriamiento.

El retraso se debe a que los componentes del interior del espacio climatizado absorben calor radiante antes de liberarlo en forma de calor convectivo. Una vez

transferido por convección, el aumento de calor radiactivo se convierte en una carga de enfriamiento. (Ashrae, 2005).

Se implementa un horario de ocupación y uso de equipos para todas las áreas con el propósito de estimar la cantidad de calor que debe ser extraída por hora en relación a las cargas internas. En cuanto a las cargas externas, se debe determinar con precisión la cantidad de calor en cada hora. Posteriormente, se realiza la suma de los valores correspondientes a la parte convectiva y la parte radiativa. Para calcular la carga de enfriamiento generada por la parte radiativa, se emplean las series temporales radiantes.

$$Q_{r,\theta} = r_0 q_{ri,\theta} + r_1 q_{r,\theta-1} + r_2 q_{r,\theta-2} + \dots + r_{23} q_{r,\theta-23} \quad \dots \text{Ec. 28}$$

Donde:

$Q_{r,\theta}$: Ganancia horaria de calor en la superficie por radiación [W]

$q_{r,\theta}$: Calor para la hora actual [W]

$q_{r,\theta-n}$: Calor hace n horas [W]

r_n : Factores de tiempo de radiación

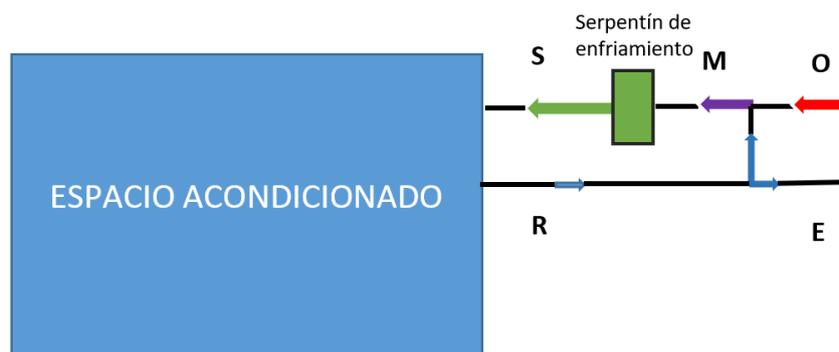
Se utilizan dos tipos diferentes de series temporales radiantes: solar y no solar. Solar se utiliza para la ganancia de calor solar directa (cuando la energía radiante se distribuye únicamente al edificio y su mobiliario), como cuando las cortinas están abiertas y los rayos del sol entran directamente en la zona que se va a calentar. El término "no solar" se emplea para hacer referencia a todos los demás tipos de ganancia de calor, es decir, aquellos en los que la energía radiante se distribuye de manera uniforme en todas las superficies interiores. Los coeficientes de transferencia radiante no solar se aplican a las fuentes de calor radiante provenientes de personas, luces, equipos, paredes, suelos y otros elementos. Es importante utilizar los coeficientes de transferencia radiante no solar tanto para la ganancia de calor difusa como para la ganancia de calor solar directa a través

de una estructura que cuenta con sombreado interior. Por último, se determina una ganancia de calor horaria sumando las ganancias por RTS y convección. El valor máximo equivale al peso máximo.

4.1.10. Diseño de la instalación

Se considerará la implementación de un sistema que combine tanto el aire exterior como el aire de retorno. La elección de este sistema se basa en el hecho de que, si se utilizara únicamente el 100% de aire exterior, se incrementaría de manera significativa la carga térmica del serpentín de enfriamiento.

Figura 8: Esquema de un sistema de mezcla de aire exterior con aire de retorno.



Elaborado por el equipo de trabajo

El cálculo de la capacidad de enfriamiento del serpentín se lleva a cabo considerando el día de mayor temperatura. Para determinar los valores restantes relacionados con las condiciones del aire en el punto específico, se pueden ingresar dos parámetros en el gráfico psicrométrico. La carta psicrométrica proporciona información valiosa, como:

- Temperatura de bulbo seco (TSB)
- Temperatura de bulbo húmedo (TBH)
- Entalpía (h)



- Volumen específico (v)
- Humedad absoluta (w)

Se estableció que el caudal de aire durante el cálculo fue de 262.1 litros por segundo. Para determinar el valor del caudal másico, se emplea la siguiente fórmula:

$$m = \frac{V}{U} \dots \text{Ec. 29}$$

El proceso para localizar los restantes puntos del diagrama es el siguiente:

- Se establecen las condiciones del aire exterior y del entorno deseado.
- Se hace la unión con una recta los puntos interior y exterior.
- Se encuentra el factor de calor sensible, lo que se expresa matemáticamente de la siguiente manera.

$$FCS = \frac{Q_{sensible}}{Q_{total}} \dots \text{Ec. 30}$$

- Generalmente las cartas psicrométricas están vinculadas con un transportador que tiene distintos parámetros de FCS, se hace el trazado de una línea en el transportador iniciando con el parámetro FCS hasta el origen. Se traza una línea paralela que inicia desde el punto R hasta la curva de HR que significa el punto a la salida del evaporador.
- El punto M se puede encontrar de dos maneras: Analíticamente y gráficamente.

En el primer caso, se aplican las siguientes ecuaciones:

$$m_s = \frac{Q_{aula}}{h_R - h_s} \dots \text{Ec. 31}$$

$$[m_s = m_R + m_o] \dots \text{Ec. 32}$$

$$h_M = \frac{m_R h_R + m_o h_o}{m_s} \dots \text{Ec. 33}$$

- El método grafico consiste en hallar el FCS total considerando la ventilación y utilizando el trasportador para hallar la línea de FCS de tal modo que se pueda extraer la cantidad del calor del aire exterior.
- Cuando se haya obtenido todos los puntos se estima la capacidad del serpentín utilizando la ecuación anterior. Los requisitos para seleccionar un sistema de aire acondicionado, se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 11: Consideraciones para la selección de equipos

Capacidad	22.374kW	76343.26 BTU/h
Caudal de aire	1337.92 l/s	2834.89 cfm

Elaborado por el equipo de trabajo

4.1.11. Selección de equipos

Al seleccionar el adecuado sistema de aire acondicionado, es importante tener en cuenta las consideraciones mencionadas en los capítulos anteriores, así como las condiciones deseadas para lograr un ambiente confortable. Además, se deben considerar otros factores que justifiquen la importancia de contar con un entorno cómodo, como la mejora de los procesos y la calidad de vida. No basta con que el dispositivo sea el más eficiente o el más económico de instalar, sino que debe cumplir con el requisito de mantener el aire dentro de los parámetros de diseño y ser instalado correctamente.

Dado las características de los espacios, tales como sus dimensiones y carga térmica, un sistema de refrigeración descentralizado resulta más apropiado. Esto se debe a que es más fácilmente adaptable a un edificio que ya ha sido construido y no fue originalmente diseñado para este tipo de sistemas. Existen varios tipos de sistemas descentralizados disponibles, algunos de los cuales se describen en el Capítulo I.

- Equipo de ventana



- Unidad de paquete exterior
- Sistema split
- Unidad paquete múltiple
- Bomba de calor
- Unidad paquete interior

Para simplificar, los juegos de ventanas y las molduras interiores están fuera de discusión. Esta elección se basa en la proximidad del equipo al aula o en su cercanía, lo que provoca principalmente inconvenientes debido al ruido generado por el compresor y al riesgo de condensación de agua que podría dañar el equipo. Por esta razón, se opta por utilizar unidades de aire acondicionado masivas o divididas en las aulas.

Estas unidades son ensambladas en fábrica y generalmente incluyen un evaporador o serpentín de enfriamiento, así como una combinación de compresor y condensador. Algunas unidades también pueden contar con calentadores adicionales. Cuando el equipo se compone de varios componentes independientes, se denomina sistema dividido. Estos dispositivos se clasifican en tres grupos principales según su aplicación: residencial, comercial ligero y comercial.

Las unidades residenciales tienen una capacidad de refrigeración de hasta 19 kW y, como su nombre lo indica, están diseñadas para uso en hogares. Por otro lado, los dispositivos comerciales ligeros tienen una potencia de refrigeración de hasta 40 kW y se utilizan en pequeñas empresas.

Los dispositivos disponibles comercialmente se utilizan a partir de 40 kW y se utilizan en grandes edificios o estructuras (Parsons y Thomas, 2005).

Las configuraciones que ofrecen estos dispositivos se enumeran a continuación:



- Volumen fijo en un área; Consiste en una sala controlada con un termostato que controla y mantiene una consigna.

Sistema de volumen constante multizona: Este sistema consta de múltiples espacios controlados que son atendidos por una sola unidad. Esta unidad suministra aire a diferentes temperaturas a cada área, según sea necesario.

- Sistema de volumen variable multizona: En este sistema, se utilizan varias zonas controladas que son alimentadas por el equipo. El aire distribuido mantiene una temperatura constante, pero la cantidad de aire suministrado a cada habitación varía según las necesidades específicas.
- Sistema multisplit: En este sistema, múltiples salas controladas son alimentadas por varios dispositivos interiores o terminales. Todos estos dispositivos están conectados a una unidad condensadora externa. Cuando cada unidad interior ajusta el flujo de refrigerante de acuerdo con la demanda de refrigeración o calefacción, el sistema se conoce como flujo de refrigerante variable (VRF), también llamado volumen de refrigerante variable (VRV).

La carga de enfriamiento y el intercambio de aire determinan el rendimiento de la unidad, mientras que la disponibilidad y el costo del combustible determinan la fuente de energía. La carga de refrigeración se calcula en el Capítulo II, el intercambio de aire está determinado por el número de personas en la habitación y las condiciones deseadas. La solución más simple, rápida y económica en términos de disponibilidad y costo de combustible es usar electricidad.

4.1.12. Difusores

Es importante destacar la importancia de crear un entorno confortable en el aula. Para lograr esto, se utilizan difusores que ayudan a distribuir el aire acondicionado de



manera uniforme en toda la habitación. Es fundamental que el aire se distribuya de manera homogénea, evitando cualquier tipo de estancamiento. Sin embargo, es necesario controlar la velocidad del aire para garantizar el confort de las personas.

Las velocidades del aire no deben superar los 0,25 m/s, ya que valores más altos pueden generar sensaciones de confusión. Por otro lado, velocidades demasiado bajas pueden resultar incómodas. Es importante medir la velocidad del aire una vez que alcanza la zona de ocupación para asegurarse de que se encuentre dentro de los límites de confort.

Además, es necesario tener en cuenta el impacto del ruido en la habitación. Las velocidades más altas del aire pueden generar ruido, el cual puede causar incomodidad dependiendo del contexto. Por ejemplo, en entornos industriales, el ruido del aire no suele ser una preocupación importante, pero en lugares como teatros o bibliotecas, puede ser perjudicial y debe ser considerado cuidadosamente. Luego se evalúa la geometría de la zona. El número de altavoces utilizados se determina arbitrariamente. Para ello, la zona de acondicionamiento se divide en subzonas homogéneas.

En este caso, se procede a la selección del difusor adecuado. Estoy buscando uno que proporcione un alcance $T0.25/L$ con un ADPI aceptable (Índice de Eficiencia de Difusión del Aire). Cuanto más cercano al 100%, mejor será el ADPI. Este indicador se basa en la velocidad del aire y una combinación de cambios en la temperatura ambiente. La velocidad de flujo del chorro indica la distancia a la cual la velocidad del aire alcanza los 0,25 m/s. El Apéndice A.16 detalla los rangos para diferentes tipos de difusores.

A continuación, se presenta el procedimiento para estimar los difusores para el Auditorio del nuevo Pabellón de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica. Es importante instalar los difusores de manera uniforme y simétrica, lo cual se logra a través de la experiencia práctica. La superficie total de la sala es de 150,0 m², por lo tanto, se



utilizan 6 difusores en total: cuatro difusores de 4 vías y dos difusores de 3 vías. Todo aire Zona 1, desde aproximadamente 80 m hasta 3,60 m x 4,80 m. Menos difusores pueden cubrir la carga de enfriamiento requerida, pero se usan más para una mejor distribución del aire (diferencias de temperatura ambiente más pequeñas) y velocidades más bajas como lo sugiere (Parsons y Thomas, 2005), Eso significa más comodidad y menos ruido. Debido a consideraciones estructurales, como la presencia de una viga central en el aula y las vigas que sostienen el techo, la ubicación y el ancho de los altavoces se ven afectados. Esto se debe a que no coinciden con el ancho de las piedras del techo (30 cm o 12 pulgadas), lo cual puede superar el espacio entre las vigas del techo que no se pueden cortar.

El caudal total requerido que se espera es de (1,3379 m³/s o 2834,85 cfm de aire de admisión, punto S) se divide por 6 a medida que lo suministran los 6 difusores seleccionados. Por lo tanto, cada emisor debe proporcionar 0.1672 m³/s o 354,36 cfm de aire. La densidad térmica (16,44 kW es la carga total en el laboratorio) es de 158,84 W/m².

Se consideran altavoces de techo y un ADPI de al menos el 90%. El rango para la salida de aire seleccionada (techo de rejilla y techo perforado) está entre 1,4 y 2,7 T_{0.25}/L me da el ADPI requerido. La densidad de calor está en el rango donde se mantiene esta relación (35-160 W/m²). La longitud característica L para salidas de techo es la distancia desde la pared más cercana o plano de simetría entre las salidas. En este caso tengo L es de 1,8m de un lado y 2,4m del otro lado.

$$T_{0.25} = \left(\frac{T_{0.25}}{L} \right) L \quad \dots \text{Ec. 34}$$

Donde:

T_{0.25}: viene a ser la velocidad de aire en el tiro para tener 0.25 m/s



(T_{0.25}/L): Rango de tiro aproximadamente entre 1.4 a 2.7 para un ADPI mayor del 90%, esto es adimensional.

L: Que viene a ser la longitud de la pared entre los difusores cercanos, medido en metros.

$$T_{0.25} = (1.4)1.8 \wedge (2.7)1.8 = 2.52m \wedge 4.86 = 8.27ft \wedge 15.95ft$$

$$T_{0.25} = (1.4)2.4 \wedge (2.7)2.4 = 3.36m \wedge 6.48 = 11.02ft \wedge 21.26ft$$

Necesita un difusor que le brinde de 11 a 16 pies de cobertura y entregue aproximadamente 354.36 cfm de aire continuo. Para evitar ruidos molestos, la velocidad en el núcleo es de un máximo de 400 pies por minuto (pies por minuto) o 2,03 m/s. Se confirmó que el difusor de 12" x 14" cumplía con los requisitos (aire de 350 cfm, velocidad central de 340 fpm y radio de 16"). Se seleccionó un difusor lateral de 12" porque ese sería el tamaño de las piedras de remate.

$$V = A * Vol \dots Ec. 35$$

Para calcular las rejillas de aire de retorno, se deben tomar 1377,2 l/s o 2918,1 cfm10 de la habitación. 1337,9 l/s (2834,9 cfm) para mantener una ligera presión positiva en la habitación. De los 1123,8 l/s (2381,2 cfm) extraídos, 253,4 l/s o 536 deben regresar al sistema. Se extraen 9 cfm fuera del aula por succión o ventilación por gravedad (este es el flujo de aire que se renueva). El extractor se selecciona en función del caudal a extraer. Se pueden usar dos rejillas de aire de retorno para recircular el aire, cada una con un consumo de 1190,6 cfm; Sin embargo, eso requeriría parrillas de 12 x 36 pulgadas, lo cual no es muy factible. Debido a esto, se seleccionan más puntadas. Se seleccionó una cuadrícula de 24" x 12" del Anexo A.18. Se utilizan cuatro mallas, con los valores interpolados, y dependiendo de la potencia de los dispositivos a los que están conectados, cada uno devolverá aproximadamente 595,3 cfm, lo que me da una velocidad de 321,78 fpm (1.635 m/s) en la entrada de cada puerta. Recomendaciones para la colocación de las



rejillas de aire de retorno: (1) colóquelas cerca de fuentes de calor para que no entre más calor del que debe entrar al espacio acondicionado, y (2) coloque las rejillas en un punto bajo y fácilmente visible (por razones estéticas).

El nivel de ruido en los conductos depende de la turbulencia y de la velocidad del aire que circula por ellos. Para el auditorio, se recomienda que el nivel de ruido esté entre 25 y 30 RC(N), método Room Criteria (método para determinar el nivel de ruido). Según esta tabla, las velocidades máximas están entre 1,8 y 2,2 m/s. Los difusores proyectan aire a una velocidad de 2 m/s y cumplen así este criterio.

4.1.13. Ductos

Para el diseño de ductos seguiremos la propuesta de (Parsons y Thomas, 2005) del Método de Fricción Equivalente Este método consiste en dimensionar los conductos de acuerdo a una caída de presión constante por unidad de longitud. Con una caída de presión ($\Delta p_f/L$) de 0,08 en agua/100 pies y el caudal requerido (356 cfm). Por comodidad, optamos por seleccionar el punto de proximidad más cercano. En dicho punto, la velocidad del aire alcanza los 700 pies por minuto, la caída de presión es de 0.08 pulgadas de agua por cada 100 pies, el diámetro hidráulico (D_h) corresponde a 10 pulgadas y el caudal es de 393.75 pies cúbicos por minuto.

El diámetro hidráulico se define como el diámetro circular equivalente para una sección transversal rectangular dada, calculado mediante la siguiente fórmula:

$$D_h = \frac{1.30(ab)^{0.625}}{(a+b)^{0.25}} \dots \text{Ec. 36}$$

Donde:

a: distancia de un lado del ducto

b: distancia del lado adyacente al ducto



Tanto a y b pueden estar en pulgadas o centímetros, sólo que en los dos casos sean la misma unidad de medida.

Dado que diferentes dimensiones de canal pueden producir el mismo diámetro hidráulico, hemos decidido diseñar el canal con una forma lo más cuadrada posible, ya que esto nos permite ahorrar material. Utilizando este valor, calculamos un nuevo caudal que debe pasar a través del canal. Sin embargo, es importante que la velocidad del aire en los altavoces sea de aproximadamente 350 pies por minuto. Por lo tanto, consideramos la velocidad del aire y el flujo requerido para determinar los valores de caída de presión y diámetro hidráulico. Obtenemos los siguientes resultados: un diámetro hidráulico de 13.5 pulgadas y una caída de presión de 0.015 pulgadas de agua por cada 100 pies. Dado que la lectura del gráfico puede no ser muy precisa, podemos verificar estos resultados utilizando las siguientes ecuaciones:

$$\Delta p_f = \frac{12fL}{D_h} \rho \left(\frac{V}{1097} \right)^2 \quad \dots \text{Ec. 37}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{12\varepsilon^2}{3.7D_h} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right)$$

$$Re = 8.5D_hV$$

El valor del número de Reynolds (Re) se basa en condiciones atmosféricas estándar entre 4 y 38 °C. La rugosidad ε' es 0,0003 pies, la velocidad está en pies por minuto (fpm) y la densidad del aire ρ es 0,075 lb/ft³. L es la longitud del canal. Y para determinar la caída de presión por cada 100 pies, considere L=100 pies. Dado que el valor de f no se puede determinar directamente como lo indica (Parsons y Thomas, 2005), que utilizan métodos iterativos. En nuestro caso utilizamos la expresión de (Kavanaugh, 2006).

$$f' = 0.11 \left(\frac{12\varepsilon'}{D_h} + \frac{68}{Re} \right)^{0.25} \quad \dots \text{Ec. 38}$$



Donde:

$$f = f' \text{ si } f' \geq 0.018; f = 0.85 * f' + 0.0028 \text{ si } f' < 0.018$$

La rugosidad está en pies, el diámetro hidráulico en pulgadas y la velocidad para determinar el número de Reynolds en pies por minuto.

La rugosidad se expresa en unidades de longitud, el diámetro hidráulico se mide en pulgadas y la velocidad se representa mediante el número de Reynolds en pies por minuto. Al verificar las dos ecuaciones finales y considerando un flujo de aire inicial de 354.36 cfm y un diámetro hidráulico de 13 pulgadas, obtenemos un valor de $\Delta p_f/L$ igual a 0.018 pulgadas de agua por cada 100 pies. La velocidad del aire en el canal sería aproximadamente de 365 pies por minuto.

Posteriormente, se realiza el cálculo del tramo que presenta una mayor pérdida de presión. Este valor de presión se tiene en cuenta al seleccionar el ventilador del evaporador.

Tabla 12: Cálculo de las rutas

Ruta 1		Ruta 2		Ruta 3		Ruta 4		Ruta 5	
1	0.0195	1	0.0195	1	0.0195	1	0.0195	1	0.0195
2	0.0485	2	0.0485	2	0.0485	2	0.0485	2	0.0485
3	0.0139	3	0.0139	3	0.0139	3	0.0139	3	0.0139
4	0.0001	4	0.0001	4	0.0001	4	0.0001	4	0.0001
5	0.0145	5	0.0145	5	0.0145	5	0.0145	5	0.0145
6	0.0451	6	0.0451	6	0.0464	6	0.0464	6	0.0464
7	0.0022	7	0.0022	7	0.0197	7	0.0197	7	0.0044
9	0.0313	9	0.0313	9	0.0233	9	0.0233	9	0.0290
Total	0.1751	Total	0.1751	Total	0.1859	Total	0.1859	Total	0.1763

Ruta 6		Ruta 7		Ruta 8		Ruta 9		Ruta 10	
3	0.0120	3	0.120	3	0.0120	3	0.0120	3	0.0120
4	0.0139	4	0.0139	4	0.0139	4	0.0139	4	0.0139
5	0.0001	5	0.0001	5	0.0001	5	0.0001	5	0.0001
6	0.0145	6	0.0145	6	0.0145	6	0.0145	6	0.0145
7	0.0451	7	0.0451	7	0.0464	7	0.0464	7	0.0464
8	0.0022	8	0.0022	8	0.0197	8	0.0197	8	0.0044
9	0.0313	9	0.0313	9	0.0233	9	0.0233	9	0.0290
Total	0.1191	Total	0.1191	Total	0.1299	Total	0.1298	Total	0.1202

Elaborado por el equipo de trabajo

La figura anterior ilustra los diez recorridos alternativos que sigue el flujo de aire, desde la entrada a través de los conductos de recirculación hasta su salida a través de los difusores para acondicionar el ambiente. La ruta 3 presenta la mayor caída de presión, por lo que se le presta especial atención. Para el aislamiento de los conductos de aire, se utilizan materiales comúnmente conocidos como lana de vidrio y poliestireno.

Dependiendo de las especificaciones del laboratorio, resulta más conveniente instalar el equipo en el techo en lugar de construir un falso techo y colocar los conductos entre ambos. Por esta razón, los conductos se ubican en el exterior. Sin embargo, debido a su exposición a las condiciones climáticas, el aislamiento de lana de vidrio no sería adecuado. Para protegerlo, se suele cubrir con algún tipo de panel, pero con el tiempo este panel puede deteriorarse debido al sol y al clima, lo que compromete su capacidad aislante. Por otro lado, si se aplica un revestimiento, la lana de vidrio puede arrugarse y perder sus propiedades aislantes. Para superar estos desafíos, se opta por utilizar poliestireno.

Además, el poliestireno está disponible en láminas de espesor específico, lo cual facilita su instalación en conductos de forma rectangular. El poliestireno se cubre con una rejilla de metal estirado (una malla de alambre con ondulaciones), sobre la cual se aplica



una capa de mezcla de cemento y concreto. Todo este sistema de aislamiento evita la transferencia de calor hacia los conductos, lo que minimiza la ganancia térmica. Dado que las distancias recorridas por los conductos son relativamente cortas, esta solución resulta económicamente viable. Otra opción para proteger los conductos externos es recubrirlos con tocuyo y pintura látex.

4.1.14. Unidad evaporada

Los criterios para elegir el conjunto de evaporadores se detallan en la Sección 2. A partir de esta información, se consultan los catálogos para seleccionar dispositivos que se ajusten a la capacidad de carga requerida y puedan proporcionar el intercambio de aire necesario. De no cumplirse ambos requisitos, el ambiente se volverá incómodo. Si no se extrae el calor adecuado, la temperatura se elevará y generará sensación de calor excesivo. Por otro lado, si el aire no se renueva de manera adecuada, las personas pueden experimentar sensación de sofocación, dificultad para respirar.

Para asegurar el intercambio de aire en el ambiente, se ubican campanas estratégicamente. Estas campanas se encargan de extraer el aire viciado de la habitación y expulsarlo al exterior. La selección de estos conjuntos de campanas se basa en la cantidad de aire que se debe eliminar. Además, contribuyen a mantener la homogeneidad del aire ambiente, ya que el aire fresco que ingresa no se mezcla con el aire viciado que se extrae a través de los conductos.

4.1.15. Unidad condensadora

Aquí se encuentran el compresor y el condensador, encargados de dirigir el refrigerante hacia el evaporador. El ventilador se encarga de enfriar el refrigerante que circula por el condensador. Por lo general, se incluye también un evaporador en el sistema. La fuente de energía puede ser de tipo monofásico o trifásico.

4.1.16. Controles

Los sistemas de control electrónico son empleados para operar el equipo. Estos controles permiten encender y apagar el sistema, así como ajustar la temperatura apropiada según la carga de calor actual. El termostato se utiliza para regular las condiciones ambientales. Un termostato tiene la capacidad de controlar dispositivos de diversas capacidades (esto tiene poco impacto en la elección), por lo que su selección se basa en la conveniencia.

4.1.17. Equipos seleccionados

Tabla 13: Características de los equipos que se utilizan

Tipo	Auditorio
Difusores	Ocho difusores de 14"x12", cuatro de 3 vías y cuatro de 4 vías
Ductos	Cuatro rejillas de retorno de 24"x12" y dos rejillas de extracción de 10"x10".
Unidad evaporadora	Ductos de acero galvanizado
Unidad condensadora	Capacidad mínima de 22.37kW
Extractores	Capacidad mínima de 22.37kW
Controles	Capacidad mínima de 253.4 l/s
	Rango de operación 16°C -40°C

Elaborado por el equipo de trabajo

4.1.18. Evaluación técnico-económica

En esta sección se detallan los dispositivos que se emplearán una vez que se hayan establecido el sistema y su carga térmica apropiada en los capítulos anteriores. A continuación, se realiza una comparativa entre el sistema actual y las propuestas presentadas en este artículo, destacando las diferencias, problemas identificados y las soluciones potenciales.

4.1.19. Costo de los equipos

Es así que de acuerdo a lo mencionado se requieren lo siguientes equipos que tengan las siguientes condiciones:

Tabla 14: Capacidades mínimas requeridas de equipos

AUDITORIO		
Capacidad	kW	22.37
	BTU/h	76344.53
Caudal de aire	(m ³ /s)	1.34
	cfm	2834.89

Elaborado por el equipo de trabajo

Se optó por utilizar sistemas de conductos divididos. Esta modalidad se caracteriza por tener un condensador y un evaporador separados, de ahí su nombre "split" que hace referencia a la separación. A diferencia del sistema de conducto dividido convencional, el evaporador de conducto dividido está diseñado para conectarse a los sistemas de distribución de aire a través de conductos. Además, la configuración dividida permite una mejor ubicación de los equipos en el techo del Auditorio. Entre las ventajas de emplear un sistema trifásico se encuentran un tamaño reducido del dispositivo, una instalación más económica, un menor consumo de energía y una carga más uniforme. Del mismo modo, con un motor trifásico, es más fácil controlar la velocidad del motor y, en caso de avería, es más fácil encontrar repuestos o incluso un nuevo motor porque el motor trifásico es más comercial que el motor monofásico. Los acondicionadores de aire trifásicos son generalmente los más comunes y fáciles de encontrar en el mercado. Por estas razones, se utilizan dispositivos trifásicos. El auditorio utilizará unidades de 48 000 BTU/hora mientras utiliza unidades de 36 000 BTU/hora. no hay suficiente flujo de aire.

Los precios se detallan a continuación:

Tabla 15: Precio de equipos dipo split York

Cantidad (BTH/h)	Suministro eléctrico	Precio A	Precio B
60000	220V, 60Hz, 3hp	5,230 soles	4,970 soles

Elaborado por el equipo de trabajo

Estas unidades se suministran con las unidades condensadoras adecuadas. El refrigerante se transporta desde el condensador hasta el evaporador a través de tuberías de cobre. El catálogo contiene las dimensiones requeridas de dichas tuberías y su longitud máxima. Dependiendo de la configuración.

Tabla 16: Longitudes de tubos de cobre en milímetros

Diámetro de la tubería	3/8"	3/4"	7/8"
Auditorio	9500	3900	5600

Elaborado por el equipo de trabajo

Para determinar la cantidad necesaria, es necesario revisar los dispositivos presentes en cada habitación y realizar un cálculo multiplicando los metros requeridos por el precio por metro de revestimiento. Los extractores ubicados en el techo garantizan la adecuada ventilación del aire. Se prefieren extractores trifásicos debido a su menor nivel de ruido en comparación con los monofásicos.

Tabla 17: Extractores

Ambiente	Modeo	Cantidad	Caudal en descarga libre (m³/h)	Precio unitario en soles
Auditorio	9500	3900	5600	590

Elaborado por el equipo de trabajo

4.1.20. Costo del sistema de distribución

El flujo de aire provisto por las unidades se dispersa a través de conductos de forma rectangular. Estos canales están contruidos con acero galvanizado y se comercializan en láminas y por su peso. Para determinar la cantidad requerida, se realiza una medición de la instalación teniendo en cuenta la densidad del acero, que es de 7850 kg/m³.

Tabla 18: Extractores

Ambiente	Auditorio	Total
Ductos	94	525
Accesorios	56	206
Total	150	731

Elaborado por el equipo de trabajo

Cada lámina tiene dimensiones de 1.22m x (2.44m x 1/40in (0.64mm) de espesor. Se requerirán aproximadamente 50 láminas de acero galvanizado. El costo por kilogramo es de 10 soles e incluye tanto la fabricación como el montaje, de acuerdo con las especificaciones del plano y la norma SMACNA.

Los difusores y rejillas de retorno están confeccionados con acero galvanizado, provistos de protección anticorrosión y acabado en esmalte sintético que coincide con el

color del falso techo. El precio cubre el transporte y la instalación, y se calcula por pulgada cuadrada (in²).

Tabla 19: Planchas galvanizadas necesarias

Difusores	Dimensiones (m)	Área (m²)	Cantidad	Área total (in²)
Auditorio	10x15	192	2	384

Elaborado por el equipo de trabajo

Dado que los difusores presentan cierta complejidad en su fabricación, especialmente si son multidireccionales, el costo por pulgada cuadrada es ligeramente superior (0.25 por 0.60 céntimos). Para cubrir la superficie de los difusores se necesitan un total de 2250 in², mientras que para las rejillas de retorno se requieren 1830 in².

4.1.21. Costo del servicio de instalación

El paquete de instalación de sistemas de aire acondicionado abarca la creación de plataformas para los equipos condensadores. Estas plataformas se construyen utilizando hierro angular de 1½" x 1½" x ⅛". Además, se contempla la conexión eléctrica a enchufes, el enlace del drenaje para el condensado, el llenado de gas, las pruebas, los ajustes y la puesta en funcionamiento. El costo total de este servicio es de 3000 soles.

4.1.22. Comparación con el sistema actual

El Auditorio cuenta con 6 unidades con una capacidad de 60.000 BTU/hr. Estos son dispositivos monofásicos de 220V. Todas las luces son tipo conducto de la marca York. La colocación de los altavoces y la rejilla difiere ligeramente de las sugeridas en este libro. Hay ocho altavoces CAD-CAE de 12"x12"; con INACOM cuatro también de 12"x12"; y en el despacho, dos altavoces de las mismas dimensiones que los anteriores.

El acondicionamiento de aire es un elemento clave en la creación de ambientes confortables y saludables en espacios cerrados, como edificios de oficinas, hospitales, centros comerciales, entre otros. La función principal de un sistema de aire acondicionado es mantener una temperatura, humedad y calidad de aire adecuadas para el uso y disfrute de las personas que ocupan un espacio cerrado.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS GENERAL

- **Ha:** Existe una relación significativa entre la carga térmica del auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica en la UNA Puno y el diseño adecuado de un sistema de aire acondicionado.
- **H0:** No Existe una relación significativa entre la carga térmica del auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica en la UNA Puno y el diseño adecuado de un sistema de aire acondicionado.

Tabla 20: Correlación de la variable carga térmica y sistema de aire acondicionado.

Correlaciones				
Rho de Spearman	Carga térmica	Coefficiente de correlación	1.000	.593*
		Sig. (bilateral)	.	.016
		N	16	16
Spearman	Sistema de aire acondicionado	Coefficiente de correlación	.593*	1.000
		Sig. (bilateral)	.016	.
		N	16	16

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Elaborado por el equipo de trabajo.

En el cuadro 20 de Spearman se observa que tiene un valor de 0.593 nos indica una correlación significativa moderada, y con el valor $p=0.016$ que es inferior al error estándar de 0.05 con esto podemos rechazar la hipótesis nula por ende se acepta la hipótesis Ha: Existe una relación significativa entre la carga térmica del auditorio de la Escuela

Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica en la UNA Puno y el diseño adecuado de un sistema de aire acondicionado.

CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.

Hipótesis específica 1:

- **Ha:** Existe variabilidad significativa en la conductividad térmica de los materiales presentes en el auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica en la UNA Puno.
- **H0:** No existe variabilidad significativa en la conductividad térmica de los materiales presentes en el auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica en la UNA Puno.

Tabla 21: Correlación de la variable carga térmica y conductividad térmica.

Correlaciones				
Rho de Spearman	Carga térmica	Coefficiente de correlación	1.000	.674*
		Sig. (bilateral)	.	.011
		N	16	16
Rho de Spearman	Conductividad térmica	Coefficiente de correlación	.674*	1.000
		Sig. (bilateral)	.011	.
		N	16	16

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Elaborado por el equipo de trabajo.

En el cuadro 21 de Spearman se observa que tiene un valor de 0.674 nos indica una correlación significativa moderada, y con el valor $p=0.011$ que es inferior al error estándar de 0.05 con esto podemos rechazar la hipótesis nula por ende se acepta la hipótesis Ha: Existe variabilidad significativa en la conductividad térmica de los

materiales presentes en el auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica en la UNA Puno.

Hipótesis específica 2:

- **Ha:** La presurización del ambiente en el auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica en la UNA Puno es afectada por la presencia y movimiento de personas, así como por las condiciones de ventilación del espacio.
- **H0:** La presurización del ambiente en el auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica en la UNA Puno no es afectada por la presencia y movimiento de personas, así como por las condiciones de ventilación del espacio.

Tabla 22: Correlación de la variable carga térmica y presurización del ambiente.

		Correlaciones		
Rho de Spearman	Carga térmica	Coefficiente de correlación	1.000	.784*
		Sig. (bilateral)	.	.001
		N	16	16
Rho de Spearman	Presurización del ambiente	Coefficiente de correlación	.784*	1.000
		Sig. (bilateral)	.001	.
		N	16	16

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Elaborado por el equipo de trabajo.

En el cuadro 22 de Spearman se observa que tiene un valor de 0.784 nos indica una correlación significativa moderada, y con el valor $p=0.001$ que es inferior al error estándar de 0.05 con esto podemos rechazar la hipótesis nula por ende se acepta la hipótesis Ha: La presurización del ambiente en el auditorio de la Escuela Profesional

de Ingeniería Mecánica Eléctrica en la UNA Puno es afectada por la presencia y movimiento de personas, así como por las condiciones de ventilación del espacio.

Hipótesis específica 3:

- **Ha:** La selección adecuada de equipos de aire acondicionado y su ubicación estratégica en el auditorio, junto con los elementos de control correspondientes, influyen en la eficiencia y efectividad del sistema de aire acondicionado.
- **H0:** La selección adecuada de equipos de aire acondicionado y su ubicación estratégica en el auditorio, junto con los elementos de control correspondientes, no influyen en la eficiencia y efectividad del sistema de aire acondicionado.

Tabla 23: Correlación de la variable carga térmica y eficiencia y efectividad del sistema de aire acondicionado.

Correlaciones				
Rho de	Carga térmica	Coeficiente de correlación	1.000	.636*
		Sig. (bilateral)	.	.003
		N	16	16
Spearman	Eficiencia y efectividad del sistema de aire acondicionado	Coeficiente de correlación	.636*	1.000
		Sig. (bilateral)	.003	.
		N	16	16

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Elaborado por el equipo de trabajo.

En el cuadro 23 de Spearman se observa que tiene un valor de 0.636 nos indica una correlación significativa moderada, y con el valor $p=0.003$ que es inferior al error estándar de 0.05 con esto podemos rechazar la hipótesis nula por ende se acepta la hipótesis Ha: La selección adecuada de equipos de aire acondicionado y su ubicación



estratégica en el auditorio, junto con los elementos de control correspondientes, no influyen en la eficiencia y efectividad del sistema de aire acondicionado.

4.3. DISCUSIÓN

La implementación de un sistema de aire acondicionado es un aspecto crucial para garantizar el rendimiento y el confort térmico en diferentes entornos. Las investigaciones realizadas por Murillo y López (2020) y Rodas (2018) destacan la importancia de contar con sistemas de aire acondicionado en un centro de datos y en oficinas administrativas, respectivamente. Ambos estudios demuestran cómo la falta de un sistema de climatización adecuado puede afectar negativamente el rendimiento de los espacios y generar incomodidad para los usuarios.

En el caso de Murillo y López, su investigación se enfoca en la implementación de una infraestructura de climatización bajo la norma TIA-942 en un centro de datos. Sus resultados muestran que, al contar con los equipos requeridos y seguir las especificaciones técnicas, es posible cumplir con las necesidades de climatización de dicho entorno. Esto resalta la importancia de seguir normas y estándares específicos para garantizar un funcionamiento óptimo y eficiente del sistema de aire acondicionado.

Por otro lado, la investigación de Rodas se centra en el diseño de un sistema de aire acondicionado de bajo costo de operación para las oficinas administrativas de un edificio. En su estudio, se consideraron aspectos como las condiciones climáticas del sitio, la orientación del edificio y otros factores técnicos relevantes. La conclusión obtenida fue que, para regular la temperatura en estos espacios, es necesario tener en cuenta las características del entorno y ejecutar un proyecto acorde a dichas necesidades.

Ambos estudios también resaltan la importancia de evaluar diferentes opciones y considerar los costos asociados con la compra, operación y mantenimiento de los sistemas



de aire acondicionado. Esto es especialmente relevante en términos de viabilidad económica y eficiencia energética.

Las investigaciones proporcionan evidencia sólida de la importancia de contar con sistemas de aire acondicionado adecuados en diferentes entornos. Los hallazgos de estos estudios respaldan la necesidad de considerar aspectos como el diseño, las normas técnicas, las condiciones climáticas y los costos al implementar un sistema de aire acondicionado. Estos factores son esenciales para asegurar un rendimiento óptimo, confort térmico y eficiencia energética en los espacios estudiados.

Al relacionar estos hallazgos con nuestra investigación sobre la carga térmica y el sistema de aire acondicionado en el auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica en Puno, podemos destacar la relevancia de considerar tanto los aspectos técnicos y normativos como los económicos y de eficiencia energética al diseñar e implementar un sistema de aire acondicionado. Esto nos permitirá proporcionar un ambiente cómodo para los estudiantes y profesores, mejorar el rendimiento del auditorio y cumplir con los estándares de calidad y confort térmico requeridos.

Es importante destacar que los resultados y conclusiones de estas investigaciones respaldan y enriquecen nuestra propia investigación, brindando una base sólida para la discusión y los posibles enfoques a considerar en el diseño y la implementación del sistema de aire acondicionado.



V. CONCLUSIONES

Con la implementación y ejecución del presente estudio será posible determinar la carga térmica en el auditorio de la Escuela Profesional de Mecánica Eléctrica de la Universidad Nacional del Altiplano.

Se determinó los niveles de conductividad térmica de los materiales visualizados dentro del auditorio de la Escuela Profesional de Mecánica Eléctrica de la Universidad Nacional del Altiplano.

Mediante la determinación de la conductividad térmica de los materiales presentes en el auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica en la UNA Puno, se pudo identificar la capacidad de los materiales para conducir el calor. Los resultados revelaron que diferentes materiales tienen conductividades térmicas distintas. Por ejemplo, los materiales más conductores pueden transmitir el calor de manera más eficiente, mientras que los materiales menos conductores pueden ofrecer una mayor resistencia al flujo de calor. Estos hallazgos son fundamentales para el diseño del sistema de aire acondicionado, ya que permiten seleccionar adecuadamente los materiales de construcción y las estrategias de aislamiento térmico para lograr un control térmico eficiente en el auditorio.

Se puede asegurar que una correcta y homogénea distribución de aire en un ambiente, optimiza la eficiencia energética y el confort de los asistentes al auditorio de la Escuela Profesional de Mecánica Eléctrica de la Universidad Nacional del Altiplano.

Se logró determinar la presurización del auditorio, de acuerdo al tiempo de permanencia de personas. Asimismo, se definió, la selección de equipos y ubicación con los elementos



de control en el auditorio de la Escuela Profesional de Mecánica Eléctrica de la
Universidad Nacional del Altiplano.



VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda a los Ingenieros de Mecánica Eléctrica de la Universidad Nacional del Altiplano, implementar talleres de actualización sobre diseños de sistemas de aire acondicionado para mejorar el confort térmico de ambientes de la misma Universidad.

Se recomienda a los estudiantes de la Escuela Profesional de Mecánica Eléctrica, elaborar investigaciones similares al tema tratado en este estudio con el fin de comparar resultados beneficiosos para la comunidad Científica.

Se recomienda determinar alternativas de configuración que haga posible una distribución más estandarizada del aire en los ambientes de la Universidad Nacional del Altiplano.

Se recomienda llevar a cabo un monitoreo permanente del sistema de aire acondicionado implementado en el auditorio de la Escuela Profesional de Mecánica Eléctrica de la Universidad Nacional del Altiplano, con el fin de detectar la presencia de riesgos y fallas en el rendimiento.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acosta, A. J., & Ricaurte, Z. R. (2020). *Diseño de un sistema de aire acondicionado para la Procuraduría General de la Nación sede Judicial Ibagué* . Fundación Universidad de América.
- Ashrae . (1997). *Fundamentals Handbook*. Atlanta.
- Ashrae. (2005). *Fundamentals Handbook*. Atlanta USA.
- Ashrae. (2017). *fundamentals manual*. American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers SI) (9th ed.).
- Barrantes, C. L. (2019). *Diseño de sistema de refrigeración auto sostenible para un edificio de boxes*. Barcelona: Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial Barcelona.
- CACC. (1980). *Manual de aire acondicionado*. España: McGRAW.
- Carnicer, E. (1991). *Aire acondicionado*. España: paraninfo.
- Carro Pérez, M., Peiretti, A., & Francisca , F. (2018). Energía geotérmica de baja entalpía en suelos loésico: cálculo y diseño para caso de estudio. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente; vol. 22*.
- Carro, M., Peiretti, A., & Francisca, F. (2018). Energía geoterminca de baja entalpía en suelos loésicos cálculo y diseño para caso de estudio. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, 22, 23 - 34*.
<https://doi.org/http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/108411>
- Chambi, J., & Cahui, D. R. (2022). *Diseño de un sistema de calefacción eficiente con radiadores para un volumen de 159.03 m³ que se implementara en el laboratorio de ingeniería mecánica eléctrica Una – Puno 2021*[Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio institucional UNAP.



https://doi.org/https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/17786/Chambi_Javier_Cahui_Deiven.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Delgado, E. (2020). *Diseño de un sistema de aire acondicionado para el bloque A de la Universidad Antonio Nariño - Sede Buga, con base en la norma ANSI/ASHRAE 62.1 [Tesis de pregrado, Universidad Antonio Nariño]*. Universidad Antonio Nariño.

<https://doi.org/http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/3107/3/2020EdwinArleyDelgadoMurillo.pdf>

García, A. (2018). *Sistema de climatización de aire filtrado para el área de preparación del servicio de Farmacia de Producción del Hospital Nacional Guillermo Almenara Irigoyen [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]*.

Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

<https://doi.org/https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/3109/BC-TES-TMP-1911.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

García, J. I. (2020). *Implementación de un sistema de climatización para el control de temperatura en el almacén de medicamentos del Hospital Mogrovejo*.

Universidad Nacional Tecnológica de Lima.

https://doi.org/https://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/681/1/T088A_76628726_T.pdf

Gianella, A. (1995). *Los métodos de la ciencia y la investigación*. Universidad Nacional de la Plata.

Gutiérrez, A., & Quispe, O. (2018). *Evaluación del potencial geotérmico de baja temperatura para aplicaciones de calefacción con bombas de calor [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]*. Repositorio Institucional UNAP.

<https://doi.org/https://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/78>



66/Gutierrez_Paco_Abel_Quispe_Carlo_Orlando.pdf?sequence=1&isAllowed=y

y

ITE. (2020). *Ecología*. Recorrido aparente del sol.

Kavanaugh, S. P. (2006). *HVAC Simplified*. Estados Unidos: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2006.

López, M. V. (2020). *Evaluación técnico-económica de un sistema de producción de ACS y climatización para un edificio*. Castellón: Universitat Jaume I.

Marchioli, J., Fernandez, A., & Romero, L. (1997). Determinación de las magnitudes sicrométricas de materiales para refrescamiento evaporativo. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 1(2).
https://doi.org/http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/78461/Document_o_completo.pdf?sequence=1

Martinez, R. (2020). *El secreto detrás de una Tesis*. Lima: CREA IMAGEN S.A.C.

Mitma, A. P. (2021). *Diseño de un sistema de aire acondicionado de 14 kw por absorción y fuente solar para reducir costos de operación en el centro de cómputo del tercer nivel de la FIME-UNAC [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Callao]*. Repositorio institucional UNAC.
https://doi.org/http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/5886/TESIS%20PREGRADO_MITMA%20HUAMAN_FIME_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Montoya, L. J., & Montoya, R. D. (2012). Efectos de la presión sobre las fugas de agua en un sistema de tubería simple. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 11(20).

https://doi.org/http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242012000100007



- Murillo, Q. L., & López, G. W. (2020). *Diseño e implementación de infraestructura de aire acondicionado para mejorar el rendimiento del centro de datos del Laboratorio de Hardware Profesional de Ingeniería de Computadoras y Redes [Tesis de pregrado, Universidad estatal del sur Manabi]*. Jipijapa.UNESUM.
- Parsons, R., & Thomas, H. K. (2005). *ASHRAE HANDBOOK*. Pound Edition.
- Pérez, R. (18 de Octubre de 2010). *DISEÑO DE EDIFICACIONES ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES*. Clase de Climatización eficiente: https://www.u-cursos.cl/diplomados/2010/0/DEEE-2/1/material_docente/bajar?id_material=323726
- Pita, E. (2000). *Acondicionamiento de aire, principios y sistemas.(2da ed.)*. Editorial Continental, S.A. de C.V.
- Rodas, F. A. (2018). *Diseño de un sistema de aire acondicionado de bajo costo de operación para las oficinas administrativas del cuarto piso del edificio de ingeniería USAT – Chiclayo [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]*. Repositorio institucional USAT. https://doi.org/https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/1857/1/TL_RodasGomezFranco.pdf
- Sampieri, R. (2003). *Metodología de la investigación*. México: MCGRAW-HILL .
- Sánchez, P. (2018). *Climatización de un auditorio en Salamanca [Tesis de pregrado, Universidad Pontificia de Comillas]*. Universidad Pontificia de Comillas. <https://doi.org/https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/2954/PFC000400.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Santos, J. J. (2022). *Cálculo térmico y parámetros de selección de un sistema de aire acondicionado para el auditorio del Museo Nacional del Perú Lima [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]*. Repositorio



Institucional

UNMSM.

https://doi.org/https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/19071/Santos_bj.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vereda, C. S. (2015). *Eyector-absorbedor adiabático como potenciador de un ciclo híbrido para refrigeración por absorción basado en la disolución amoniaco - nitrato de litio*[Tesis doctoral, Universidad Carlos III de Madrid. Repositorio institucional UC. <https://doi.org/https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/22038>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

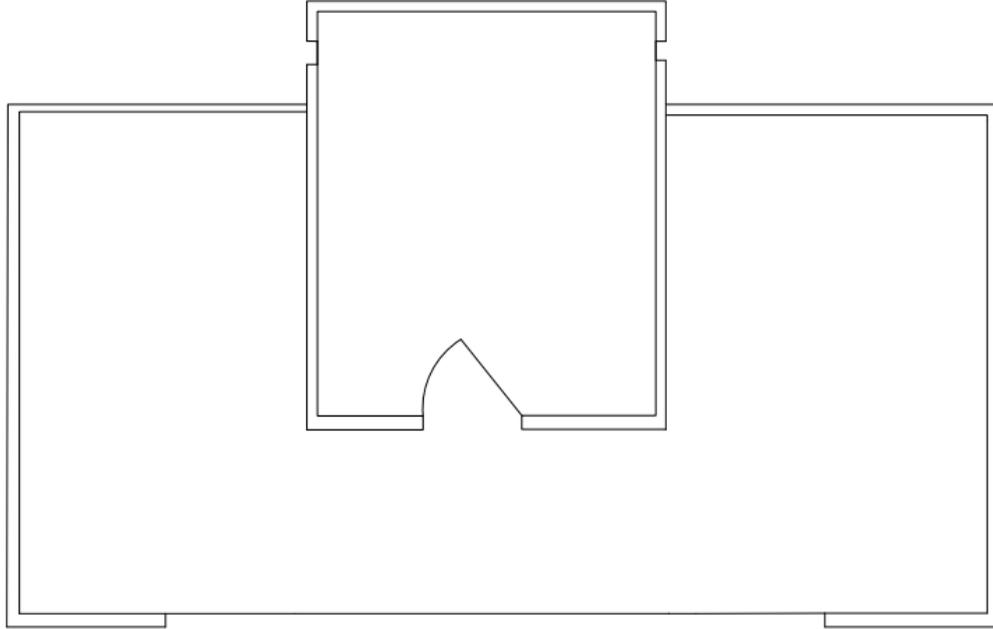
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGIA	TECNICAS - INSTRUMENTOS
Problema General:	Objetivo general:					
¿Cómo determinar la carga térmica y diseñar un sistema de aire acondicionado en el auditorio de la escuela profesional de ingeniería Mecánica Eléctrica UNA	Determinar la carga térmica y diseñar un sistema de aire acondicionado en el auditorio de la escuela profesional de ingeniería Mecánica Eléctrica UNA		<ul style="list-style-type: none"> Carga Térmica Sistema de aire acondicionado 	Estructura del edificio Potencia eléctrica de iluminación Aforo Características de los ambientes	Tipo: Tecnológico Diseño: No experimental	Documental: Plano de arquitectura Reglas nacionales de edificaciones Manual de aire acondicionado y manual de ASHRAE
PUNO?	PUNO.					

Problemas Generales	Objetivos Específicos	Método:
¿Cómo determinar la conductividad térmica de los materiales dentro del auditorio?	Determinar la conductividad térmica de los materiales dentro del auditorio.	Analítico lógico deductivo con enfoque sistematice
¿Cómo determinar el caudal de aire exterior que ingresa al auditorio?	Determinar el caudal de aire exterior que ingresa al auditorio.	Capacidad de equipo
¿Cómo determinar la presurización del ambiente asumiendo la permanencia de personas en el auditorio?	Determinar la presurización del ambiente asumiendo la permanencia de personas en el auditorio.	Caudal de aire fresco
¿Cómo determinar la selección de equipos y ubicación con los elementos de control?	Determinar la selección de equipos y ubicación con los elementos de control	Factor de sensibilidad



ANEXO 2

Plano del auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Nacional del Altiplano



Elaborado por el equipo de trabajo



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo **YORDY FLORES BUSTAMANTE, DORIAN CHAGUA ISIDRO**, identificado con DNI **70391790, 42183160** en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA MECÁNICA ELÉCTRICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“DETERMINACIÓN DE LA CARGA TÉRMICA Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO EN EL AUDITORIO DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, PUNO 2023”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 21 de agosto del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella


FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento. Yo **YORDY FLORES BUSTAMANTE, DORIAN CHAGUA ISIDRO**, identificado con DNI **70391790, 42183160** en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA MECÁNICA ELÉCTRICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
“DETERMINACIÓN DE LA CARGA TÉRMICA Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO EN EL AUDITORIO DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, PUNO 2023”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 21 de agosto del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella

FIRMA (obligatoria)



Huella