

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
INFORMÁTICA Y MECÁNICA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



TESIS

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN PARA EL CONFORT DE
LOS VISITANTES DEL MUSEO DE INTERPRETACIÓN CULTURAL DE
LA CIUDAD DE CALCA – 2024**

PRESENTADO POR:

Bach. EMERSON TAPARA ORTIZ

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO MECÁNICO**

ASESOR:

Ing. PERCY MIGUEL RUEDA PUELLES

CUSCO – PERÚ

2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN PARA EL CONFORT DE LOS VISITANTES DEL MUSEO DE INTERPRETACIÓN CULTURAL DE LA CIUDAD DE CALCA - 2024

Presentado por: EMERSON TAPARA ORTIZ DNI N° 72170201

presentado por: DNI N°:

Para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO MECÁNICO

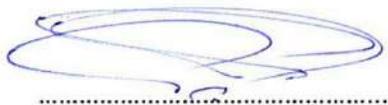
Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 1 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 6%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** las primeras páginas del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 21 de MAYO de 2025



Firma

Post firma PERCY MIGUEL RUEDA PUELLES

Nro. de DNI 23852830

ORCID del Asesor 0000-0001-8141-4405

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:460864754

Emerson Tapara

climatizacion de un museo

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:460864754

Fecha de entrega

20 may 2025, 10:52 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

20 may 2025, 9:34 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

Tesis de Emerson Tapara Ortiz.pdf

Tamaño de archivo

14.5 MB

259 Páginas

73.516 Palabras

349.708 Caracteres

6% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text
- Cited Text
- Small Matches (less than 10 words)

Top Sources

- 3%  Internet sources
- 0%  Publications
- 4%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

1 Integrity Flag for Review

-  **Replaced Characters**
560 suspect characters on 75 pages
Letters are swapped with similar characters from another alphabet.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

PRESENTACIÓN

Señores autoridades universitarias de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Informática y Mecánica de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco:

En cumplimiento del Art. 13 del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad, para optar al título de Ingeniero Mecánico, presento la siguiente investigación realizada, titulada: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN PARA EL CONFORT DE LOS VISITANTES DEL MUSEO DE INTERPRETACIÓN CULTURAL DE LA CIUDAD DE CALCA – 2024”

Atentamente, **Bach. Emerson Tapara Ortiz**

DEDICATORIA

Agradezco a mis padres, Isabel y Tiburcio, a mis abuelas y abuelos, y en especial a mi abuelo Nicolás (NTN), quien desde el más allá me sigue dando la energía para salir de la turbulencia y resonancia a la que me someto (adrenalina). Les agradezco por brindarme todo el apoyo con frases tan fáciles de decir: ¡Si se puede! y ¡Con todo!. También les expreso mi profunda gratitud por su comprensión y ánimo constante, que me impulsan a continuar en busca del conocimiento.

A mis amados sobrinos, que crecen como el aire al expandirse a una temperatura de 21 grados Celsius, cada día al verlos y recordarlos, me recuerda cuando era niño, encuentro la fuerza de seguir, ¡Lol!

Agradezco a mis hermanas Zenaida y Liz K. por brindarme valiosos consejos y un apoyo incondicional. Siempre me enseñan que se puede tener una vida llena de esperanza y que todo es posible. Además, les agradezco por compartir conmigo sus experiencias de vida, las cuales me han enseñado a enfrentar los desafíos con riesgos menores.

Para mis compañeras y compañeros, quienes siempre me brindan recomendaciones en temas académicos y sociales, les agradezco profundamente. Ustedes son una parte fundamental de las aventuras que he tenido y seguiré teniendo.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de la UNSAAC. Durante mis años de estancia en la universidad, ellos me brindaron un invaluable soporte académico. Además, me enseñaron importantes valores como el liderazgo, la humildad y el crecimiento profesional al servicio de la sociedad. Les estoy eternamente agradecido por su dedicación y por contribuir a mi formación integral. También quiero agradecer al ingeniero que me enseñó que la vida se trata de disfrutar y compartir, de tener referencias y temas de conversación, y de entender que serás ingeniero y a aprender (...) lecciones hechos con el corazón (CASEMR), y entender que todo es un bucle más.

Además, quiero expresar mi agradecimiento a los ingenieros de otras instituciones públicas y privadas con quienes compartimos conocimientos y logramos soluciones ingenieriles exitosas. Agradezco su disposición para colaborar y trabajar con entusiasmo en cada proyecto que emprendemos juntos. Su dedicación y profesionalismo son fundamentales para alcanzar nuestros objetivos de manera eficiente.

Asimismo, quiero agradecer al Ing. Percy Miguel Rueda Puelles por brindarme la oportunidad de ser uno de sus pupilos y realizar una investigación que contribuyera al beneficio de una población en general. Gracias a su apoyo y guía, pude adentrarme en el mundo de la investigación y desarrollar un proyecto que tuviera un impacto positivo en la sociedad. Estaré eternamente agradecido por su confianza y por abrirme las puertas hacia esta experiencia enriquecedora.

RESUMEN

La presente investigación del “DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN PARA EL CONFORT DE LOS VISITANTES DEL MUSEO DE INTERPRETACIÓN CULTURAL DE LA CIUDAD DE CALCA – 2024” soluciona la problemática de aire acondicionado en las instalaciones del museo de la provincia de Calca.

La investigación se organiza en los siguientes capítulos: Introducción e información general sobre el museo, marco teórico, análisis de parámetros psicométricos, análisis de carga térmica, diseño del sistema de aire acondicionado, especificaciones técnicas y evolución económica.

Los análisis de parámetros psicométricos se obtienen de estaciones meteorológicas (SENAMHI) y sitios web, procesándose según la normativa ASHRAE. Los datos incluyen: para carga de enfriamiento, temperatura exterior máxima de 25.31°C, humedad relativa máxima de 78.95% y velocidad de viento de 0.498 m/s; para confort interno, temperatura de 21°C, humedad de 50% y velocidad de 2.54 m/s; y para carga de calefacción, temperatura exterior mínima de 11.5°C y humedad mínima de 27.06%.

El análisis de la carga térmica es crucial para dimensionar equipos en toneladas de refrigeración y galones por minuto de agua fría. La carga térmica total de enfriamiento es de 49,189.00 Kcal/hr y la carga de calefacción es de 40,457.371 Kcal/hr.

El diseño de sistema de aire climatización donde se detalla el flujo de insuflamiento es de 11200 CFM y con capacidad total de equipo de 18 TR y flujo de agua helada de 43.2 GPM.

Las especificaciones técnicas incluyen: Air Cooled Chiller de 18 TR con compresor New Scroll Type de 20 HP, bomba de agua helada de 2 HP y 4 unidades manejadoras de aire de 2800 CFM y 4.5 TR. El presupuesto para el sistema de climatización es de S/. 231,467.35 en costos directos. Los egresos anuales son de S/. 302,007.62, con ingresos anuales de S/. 260,975.00, S/. 563,925.00 y S/. 766,500.00 en tres años. El VAN es de S/. 5,406.47 y la TIR del 52% con una inversión a tres años.

Palabras Clave: Climatización, confort, carga térmica, flujo de insuflamiento, flujo de agua helada, parámetros térmicos, percentil.

ABSTRACT

The present investigation of the “DESIGN OF AN AIR CONDITIONING SYSTEM FOR THE COMFORT OF VISITORS OF THE CULTURAL INTERPRETATION MUSEUM OF THE CITY OF CALCA - 2024” solves the problem of air conditioning in the facilities of the museum in the province of Calca.

The research is organized in the following chapters: Introduction and general information about the museum, theoretical framework, psychometric parameters analysis, thermal load analysis, air conditioning system design, technical specifications and economic evolution.

Psychometric parameter analyses are obtained from meteorological stations (SENAMHI) and websites, and processed according to ASHRAE standards. Data include: for cooling load, maximum outdoor temperature of 25.31°C, maximum relative humidity of 78.95% and wind speed of 0.498 m/s; for indoor comfort, temperature of 21°C, humidity of 50% and speed of 2.54 m/s; and for heating load, minimum outdoor temperature of 11.5°C and minimum humidity of 27.06%.

The heat load analysis is crucial for sizing equipment in tons of cooling and gallons per minute of chilled water. The total cooling load is 49,189.00 Kcal/hr and the heating load is 40,457.371 Kcal/hr.

The air conditioning system design detailing the insufflation flow is 11200 CFM and with total equipment capacity of 18 TR and chilled water flow of 43.2 GPM.

Technical specifications include: 18 TR Air Cooled Chiller with 20 HP New Scroll Type compressor, 2 HP chilled water pump and 4 air handling units of 2800 CFM and 4.5 TR. The budget for the air conditioning system is S/. 231,467.35 in direct costs. Annual expenditures are S/. 302,007.62, with annual revenues of S/. 260,975.00, S/. 563,925.00 and S/. 766,500.00 in three years. The NPV is S/. 5,406.47 and the IRR is 52% with a three-year investment.

Key words: Air conditioning, comfort, thermal load, insufflation flow, chilled water flow, thermal parameters, percentile.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación pretende dar una solución a los problemas de condición de ambiente del museo de provincia de Calca. Donde se observa características de termodinámicas no adecuadas y el confort de las personas que asisten a observar las maravillas del museo. El diseño de sistema de climatización considera el uso de equipos comerciales de tipo electromecánico y materiales de construcción de acuerdo con la recomendación de las normas vigentes para la instalación de ductos de aire y tuberías de agua helada con sus respectivos controles de aire/agua-helada de ingreso y salida.

Así mismo, los parámetros para elección de toda la construcción del sistema de climatización son calculados con métodos recomendados por libros y normativas. Con respecto al diseño de ductos y tuberías de grandes dimensiones (metros lineales) están modelados en softwares del rubro que ayudan a cuantificar las características mecánicas y físicas que tiene los elementos del sistema de climatización.

Para análisis del costo se usa rendimientos, precios recomendados por ingenieros y por las normativas de metrados del Perú y con el uso de un software para su obtención de presupuestos en general y además evaluar la rentabilidad instalación del sistema de climatización.

Esto ayuda a la Municipalidad de Calca a solucionar el problema que se tiene es sus instalaciones y poner en funcionamiento el museo sin ningún problema de confort térmico de las personas asistentes, y tener ingresos económicos favorables ante un servicio decente. A así mismo, la investigación da referencia cuantitativa a todo el Valle Sagrado de los Incas para poder tener un sistema de climatización que dependerá del tipo de construcción y presupuesto requerido.

INDICE

PRESENTACIÓN.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
INTRODUCCIÓN.....	vi
INDICE.....	vii
INDICE DE TABLAS.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xvi
INDICE DE ANEXOS.....	xxi
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	xxii
NOMENCLATURA Y SÍMBOLOS.....	xxiii
CAPÍTULO I.....	24
1. INTRODUCCIÓN E INFORMACIÓN GENERAL.....	24
1.1. Ámbito Geográfico del Trabajo de Investigación.....	24
1.2. Condiciones Meteorológicas Medias del Lugar.....	24
1.3. Planteamiento del Problema.....	25
1.4. Formulación del Problema.....	26
1.5. Objetivos de la Investigación.....	27
1.6. Hipótesis.....	27
1.7. Variables.....	27
1.8. Justificación del Estudio.....	28
1.9. Alcance o nivel de investigación y Limitaciones.....	28
1.10. Metodología.....	29
1.11. Diseño de Investigación.....	30
1.12. Población y Muestra.....	30
1.13. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
1.14. Flujo de la Metodología de ingeniera.....	31
CAPITULO II.....	32
2. MARCO TEÓRICO.....	32
2.1. Antecedentes de Tesis de Investigación.....	32

2.2.	Museo de la Ciudad de Calca.....	33
2.1.	Condiciones climáticas de Calca.....	34
2.2.	Zonas térmicas de una vivienda.....	35
2.3.	Aire acondicionado.....	36
2.4.	Carga térmica.....	36
2.5.	Necesidades iniciales de carga térmica del museo.....	37
2.6.	Diseño de sistema de aire acondicionado.....	44
2.7.	Diseño de Ductos de Aire Acondicionado.....	46
2.8.	Diseño de tuberías de agua.....	48
2.9.	Determinación de Perdidas ductos y tuberías.....	48
2.10.	Especificaciones técnicas para el sistema de climatización del Museo.....	48
2.11.	Evaluación económica del Sistema de Climatización.....	50
2.12.	Uso software y normas para diseño de sistema de climatización.....	51
CAPÍTULO III.....		52
3.	ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS PSICOMÉTRICOS PARA EL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN.....	52
3.1.	Horario de Atención del Museo.....	52
3.2.	Visitantes al Museo.....	52
3.3.	Clima en la Ciudad de Calca.....	52
3.4.	Parámetros de Diseño para el Sistema de Climatización.....	52
3.5.	Condiciones confort en el museo.....	53
3.6.	Condiciones psicométricas del ambiente externo del museo.....	53
3.8.	Parámetros psicométricos para la carga térmica de calefacción.....	59
CAPÍTULO IV.....		61
4.	ANÁLISIS DE LA CARGA TÉRMICA DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN.....	61
4.1.	Estado Situacional del Museo de Calca.....	61
4.2.	Definiendo Zona Térmica I en ambiente del museo.....	61
4.3.	Conexión de Zona térmica I.....	61
4.4.	Cargas de enfriamiento.....	69
4.5.	Ganancia de carga enfriamiento de la pared y techo del museo.....	72
4.6.	Carga de enfriamiento de la luminaria del museo.....	102
4.7.	Carga de enfriamiento de los visitantes al museo.....	103
4.8.	Carga de enfriamiento total de Paredes Exteriores y Techo Exterior.....	103
4.9.	Resumen de carga de enfriamiento del museo.....	105

4.10.	Carga de enfriamiento con un Factor de Seguridad del 15% Adicional	106
4.11.	Cargas de calefacción	107
4.12.	Resumen de carga térmica de calefacción	109
4.13.	Carga térmica de calefacción con un Factor de Seguridad del 15% Adicional	110
CAPÍTULO V		111
5.	DISEÑO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN	111
5.1.	Capacidad de Equipos para carga de enfriamiento.	111
5.2.	Flujo de insuflamiento	113
5.3.	Aire exterior.....	113
5.4.	Porcentaje de Aire Exterior.....	114
5.5.	Punto de mezcla.....	115
5.6.	Capacidad de equipo.....	116
5.7.	Flujo de Agua Helada	117
5.8.	Flujo de Agua Drenada	118
5.9.	Capacidad de equipos de para carga de calefacción	118
5.10.	Diseño de ductos de aire acondicionado.....	121
5.11.	Diseño de ductos mediante método de igual fricción	123
5.12.	Suministro de Aire 01.....	127
5.13.	Retorno de Aire 01	131
5.14.	Suministro de Aire 02.....	135
5.15.	Retorno de Aire 02	140
5.16.	Suministro de Aire 03.....	145
5.17.	Retorno de Aire 03	149
5.18.	Suministro de Aire 04.....	153
5.19.	Retorno de Aire 04	158
5.20.	Características de elección de ventilador centrífugo	163
5.21.	Diseño de tubería de agua fría	164
5.22.	Tubería de suministro de agua helada	168
5.23.	Retorno de tubería de agua helada.....	172
5.24.	Características de elección de bomba.....	176
5.25.	Cálculo de aislamiento de aire acondicionado.....	177
5.26.	Aislamiento para sistema ductos del sistema climatización	178
5.27.	Modelado del Sistema de climatización del museo en Revit- Mep	178

5.28.	Familias de Revit MEP	179
5.29.	Vínculos Revit	180
5.30.	Tabla de planificaciones en Revit- MEP	180
5.31.	Comprobación de interferencias MEP	180
CAPÍTULO VI		182
6.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN	182
6.1.	Introducción	182
6.2.	Características del suministro eléctrico en museo	182
6.3.	Equipos y accesorios en común de sistema de climatización	182
6.4.	Conductos de aire acondicionado	187
6.5.	Tuberías de agua helada	192
6.6.	Aisladores para ductos y tuberías de sistema de climatización	196
6.7.	Elección de colgante para ductos	198
6.8.	Elección de colgantes para tuberías de agua fría	202
6.9.	Cálculo de cable para el suministro eléctrico	204
CAPÍTULO VII		209
7.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	209
7.1.	Evaluación Económica del Sistema de Climatización del Museo	209
7.2.	Costo directo	209
7.3.	Costos Indirectos	209
7.4.	Análisis de Costos Unitarios	210
7.5.	Tabla salarial vigente	210
7.6.	Costo del sistema de climatización del Museo de Calca	211
7.7.	Costos unitarios del sistema climatización	212
7.8.	Costos de la Visita al Museo	214
7.9.	Cálculo del VAN y el TIR	215
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		221
CONCLUSIONES		221
RECOMENDACIONES		223
BIBLIOGRAFIA		224
ANEXOS		233

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	
<i>Condiciones meteorológicas del Museo de Calca</i>	24
Tabla 2	
<i>Necesidades Iniciales de Carga Térmica del Museo de la Ciudad de Calca</i>	37
Tabla 3	
<i>Uso normas y software</i>	51
Tabla 4	
<i>Horarios y Tipos de Visitantes del Museo (Inkariy 2024)</i>	52
Tabla 5	
<i>Características psicométricas para el confort del museo</i>	53
Tabla 6	
<i>Meses de análisis de temperatura mínima y máxima</i>	54
Tabla 7	
<i>Temperatura máxima por la estación Calca (SENAMHI 2023)</i>	54
Tabla 8	
<i>Humedad relativa máxima por la estación Calca (SENAMHI 2023)</i>	55
Tabla 9	
<i>Rango diario de temperatura del museo de Calca (Nasa 2024)</i>	57
Tabla 10	
<i>Monitoreo de temperaturas en el museo</i>	58
Tabla 11	
<i>Parámetros psicométricos de diseño Termodinámicos</i>	58
Tabla 12	
<i>Humedad relativa promedio meses invierno (Candia 2023)</i>	60
Tabla 13	
<i>Característica física de panel compuesto de aluminio</i>	63
Tabla 14	
<i>Características físicas del aislamiento del techo</i>	64
Tabla 15	
<i>Características físicas de falso techo suspendido</i>	64
Tabla 16	
<i>Características físicas de muro de albañilería</i>	65
Tabla 17	
<i>Característica física de panel de yeso</i>	67
Tabla 18	
<i>Característica física de la estructura metálica del techo (Mpc 2017)</i>	67
Tabla 19	
<i>Características termodinámicas de concreto (Huaman and Sanchez 2020:19)</i>	68
Tabla 20	
<i>Características termodinámicas de Tecnopor</i>	68
Tabla 21	
<i>Características físicas de la cerámica de piso</i>	69
Tabla 22	
<i>Interpolación de las máximas aportaciones solares a través de cristal sencillo en función de la latitud y multiplicación por un factor correspondiente al mes de diciembre (kcal / hr*m²)</i>	69

Tabla 23	
<i>Resumen ganancia de carga enfriamiento de pared M1</i>	78
Tabla 24	
<i>Resumen ganancia de carga de enfriamiento de pared M2</i>	83
Tabla 25	
<i>Resumen ganancia de carga de enfriamiento de pared M3</i>	87
Tabla 26	
<i>Resumen ganancia de carga de enfriamiento del techo M4</i>	94
Tabla 27	
<i>Resumen ganancia de carga térmica del techo M4</i>	97
Tabla 28	
<i>Resumen de la perdida de carga térmica del techo N_1_2_3</i>	99
Tabla 29	
<i>Resumen de la perdida carga térmica de las puertas D_1_2</i>	102
Tabla 30	
<i>Área del Tipo de Montaje de la Luminaria y la Ubicación en Zona Térmica</i>	102
Tabla 31	
<i>Carga Térmica Total de Paredes Exteriores y Techo Exterior</i>	104
Tabla 32	
<i>Resumen de la carga de enfriamiento del museo de Calca</i>	105
Tabla 33	
<i>Resumen de la carga térmica con factor de seguridad del museo de Calca</i>	106
Tabla 34	
<i>Resumen de carga térmica de calefacción</i>	109
Tabla 35	
<i>Carga Térmica de calefacción con un Factor de Seguridad del 15% adicional</i>	110
Tabla 36	
<i>Zonas distribución de flujo insuflamiento</i>	121
Tabla 37	
<i>Tabla de conductos - UMA 01 - Suministro de Aire 01</i>	128
Tabla 38	
<i>Tabla de planificación de uniones de conducto Suministro de Aire 01</i>	129
Tabla 39	
<i>Terminales y equipos de aire de conducto de suministro de aire 01</i>	130
Tabla 40	
<i>Perdida de la ruta crítica del suministro de aire 01</i>	130
Tabla 41	
<i>Conductos de Retorno de Aire 01</i>	132
Tabla 42	
<i>Uniones de conducto Retorno de Aire 01</i>	133
Tabla 43	
<i>Terminales y equipo de aire de conducto de Retorno de aire 01</i>	134
Tabla 44	
<i>Perdida de carga de la ruta crítica del retorno de aire 01</i>	135
Tabla 45	
<i>Conductos de Suministro de Aire 02</i>	137
Tabla 46	
<i>Uniones del conducto Suministro de Aire 02</i>	137

Tabla 47	
<i>Terminales y equipo de aire de conducto de suministro de aire 02</i>	138
Tabla 48	
<i>Perdida de la ruta crítica del suministro de aire 02</i>	139
Tabla 49	
<i>Conductos de Retorno de Aire 02</i>	141
Tabla 50	
<i>Uniones de conducto Retorno de Aire 02</i>	142
Tabla 51	
<i>Terminales y equipo de aire de conducto de retorno de aire 02</i>	143
Tabla 52	
<i>Perdida de carga de la ruta crítica del retorno de aire 02</i>	144
Tabla 53	
<i>Conductos de Suministro de Aire 03</i>	145
Tabla 54	
<i>Uniones del conducto Suministro de Aire 03</i>	146
Tabla 55	
<i>Terminales y equipo de aire de conducto de suministro de aire 03</i>	147
Tabla 56	
<i>Perdida de la ruta crítica del suministro de aire 03</i>	148
Tabla 57	
<i>Conductos de Retorno de Aire 03</i>	150
Tabla 58	
<i>Uniones de conducto Retorno de Aire 03</i>	151
Tabla 59	
<i>Terminales y equipo de aire de conducto de retorno de aire 03</i>	152
Tabla 60	
<i>Perdida de carga de la ruta crítica del retorno de aire 03</i>	152
Tabla 61	
<i>Conductos de Suministro de Aire 04</i>	154
Tabla 62	
<i>Uniones de conducto Retorno de Aire 04</i>	155
Tabla 63	
<i>Terminales y equipos de aire de conducto de suministro de aire 03</i>	156
Tabla 64	
<i>Perdida de la ruta crítica del suministro de aire 04</i>	157
Tabla 65	
<i>Conductos de Retorno de Aire 04</i>	159
Tabla 66	
<i>Uniones de conducto Retorno de Aire 04</i>	160
Tabla 67	
<i>Terminales y equipos de aire de conducto de Retorno de aire 04</i>	162
Tabla 68	
<i>Perdida de carga de la ruta crítica del retorno de aire 04</i>	162
Tabla 69	
<i>Características de elección de ventilador centrífugo</i>	163
Tabla 70	
<i>Dimensión de tuberías de agua helada (ERP 2021)</i>	165

Tabla 71	
<i>Tubería de Suministro de Agua Helada 01</i>	169
Tabla 72	
<i>Uniones de y accesorios de tuberías de retorno de agua helada</i>	170
Tabla 73	
<i>Perdida de la ruta crítica del suministro de agua helada</i>	171
Tabla 74	
<i>Tuberías de Retorno de agua helada</i>	173
Tabla 75	
<i>Uniones de y accesorios de tuberías de retorno de agua helada</i>	174
Tabla 76	
<i>Perdida de la ruta crítica del suministro de agua helada</i>	175
Tabla 77	
<i>Características de elección de Bomba en línea - Circulador</i>	177
Tabla 78	
<i>Cantidad de difusores de retorno y suministro de aire</i>	186
Tabla 79	
<i>Tabla de planificación de conductos</i>	188
Tabla 80	
<i>Uniones de ductos</i>	188
Tabla 81	
<i>Tabla de planificación de conductos y uniones con su costo</i>	190
Tabla 82	
<i>Tubería de agua fría requerida</i>	193
Tabla 83	
<i>Cantidad de uniones de tubería de agua fría</i>	194
Tabla 84	
<i>Resumen de las tuberías de climatización para para aislación</i>	196
Tabla 85	
<i>Aislamiento de ductos de aire de suministro</i>	197
Tabla 86	
<i>Barras redonda y ángulos de acero para los colgantes de los ductos de aire acondicionado</i>	200
Tabla 87	
<i>Resumen de ganchos con su longitud de varilla para tubería de agua helada</i>	203
Tabla 88	
<i>Características de eléctricas de los equipos de climatización</i>	205
Tabla 89	
<i>Características, dimensiones y calibre de cable de cobre</i>	206
Tabla 90	
<i>Costos unitarios del sistema climatización</i>	212
Tabla 91	
<i>Tarifario del Museo (Inkariy 2024)</i>	214
Tabla 92	
<i>Ingresos primer año al museo de calca</i>	215
Tabla 93	
<i>Precio de consumo eléctrico anual en soles</i>	216
Tabla 94	
<i>Costo trabajo de mantenimiento anual</i>	217

Tabla 95	
<i>Flete terrestre de Lima a Museo de Calca</i>	217
Tabla 96	
<i>Sueldo de trabajadores del museo de Calca</i>	218
Tabla 97	
<i>Cuotas bancarias por tres años</i>	219
Tabla 98	
<i>Resumen de los egresos anuales</i>	219
Tabla 99	
<i>Cálculo del TIR y el VAN por tres años</i>	219
Tabla 100	
<i>Valores permitidos de densidad de potencia de iluminación utilizando el método del área del edificio(ERP 2021)</i>	235
Tabla 101	
<i>Máximas aportaciones solares a través de cristal sencillo Kcal / (hr · m²) (Erp 2021)</i>	235
Tabla 102	
<i>Máximas aportaciones solares para las paredes del museo Kcal / (hr · m²) (Erp 2021)</i>	236
Tabla 103	
<i>Diferencia Equivalente de Temperatura (°C) para Techo Soleado o en Sombra (Erp 2021)</i>	238
Tabla 104	
<i>Diferencia equivalente de temperatura en Muros soleados o en Sombra (M1) (°C) (Erp 2021)</i>	239
Tabla 105	
<i>Diferencia equivalente de temperatura en Muros soleados o en Sombra (M2) (°C) (Erp 2021)</i>	241
Tabla 106	
<i>Correcciones de las diferencias equivalentes de temperatura (°C) (Erp 2021)</i>	242
Tabla 107	
<i>Tasas representativas a las que desprenden calor y humedad los seres humanos en diferentes estados de actividad (ERP 2021)</i>	243
Tabla 108	
<i>Tasas mínimas de ventilación (ERP 2021)</i>	243
Tabla 109	
<i>Velocidades recomendadas para ductos (FPM) (ERP 2021)</i>	244
Tabla 110	
<i>Valores permitidos de densidad de potencia de iluminación utilizando el método del área del edificio (ASHRAE 2021)</i>	245
Tabla 111	
<i>Porcentaje de ganancia de calor de acuerdo con el tipo montaje (Howell et al. 2021:186)</i>	245
Tabla 112	
<i>Coefficiente térmico del aire de aire quieto (Asahuanche 2021)</i>	246
Tabla 113	
<i>Velocidades de aire en diseño de ductos (Azahuanche 2021b)</i>	246

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	
Ubicación del museo de interpretación cultural de la ciudad de Calca	24
Figura 2	
<i>Característica arquitectónica del Museo de Calca (Mpc 2017)</i>	<i>26</i>
Figura 3	
<i>Flujo de metodología de ingeniería</i>	<i>31</i>
Figura 4	
<i>Piezas del museo de la ciudad de Calca.....</i>	<i>33</i>
Figura 5	
<i>Zona térmica de una vivienda con componentes sólidos y conexiones aire-aire, con sus respectivas denominaciones (Flores 2019:53).....</i>	<i>36</i>
Figura 6	
<i>La carga térmica total está compuesta por el calor latente y el calor sensible</i>	<i>38</i>
Figura 7	
<i>Características de materiales de un muro para determinar su resistencia térmica (Asahuanche, 2021).....</i>	<i>40</i>
Figura 8	
<i>Sistema de aire acondicionado.....</i>	<i>44</i>
Figura 9	
<i>Carta psicométrica de las propiedades termodinámicas de aire</i>	<i>45</i>
Figura 10	
<i>Relación de Forma de los ductos (Azahuanche 2021b)</i>	<i>47</i>
Figura 11	
<i>Características de Air Cooled Chiller (ERP 2021).....</i>	<i>48</i>
Figura 12	
<i>Unidad manejadora de aire (AERMEC 2022)</i>	<i>49</i>
Figura 13	
<i>Ductos y Tuberías de Climatización (ERP 2021).....</i>	<i>50</i>
Figura 14	
<i>Diagrama psicrométrico para las condiciones exteriores de diseño (HeIng 2024)</i>	<i>59</i>
Figura 15	
<i>Temperatura promedio por hora de la Ciudad de Calca (Candia 2023).....</i>	<i>59</i>
Figura 16	
<i>Plano del museo de Calca y considerando una zona térmica para análisis</i>	<i>61</i>
Figura 17	
<i>Conexiones con elementos de la zona térmica I.....</i>	<i>62</i>
Figura 18	
<i>Fachada del Museo de Calca</i>	<i>63</i>
Figura 19	
<i>Características del Muro colocado alrededor del museo</i>	<i>65</i>
Figura 20	
<i>Panel de yeso regular colocado al interior del del museo y en techo raso.....</i>	<i>66</i>
Figura 21	
<i>Acero estructural en las instalaciones del museo.....</i>	<i>67</i>
Figura 22	
<i>Ubicación del M1 con respecto los puntos cardinales (Shadowmap 2024).....</i>	<i>72</i>

Figura 23	
<i>Composición del muro 1 (M1)</i>	72
Figura 24	
<i>Redes de resistencia térmica del muro 1 (M1)</i>	74
Figura 25	
<i>Ubicación del M2 con respecto los puntos cardinales (Shadowmap 2024)</i>	78
Figura 26	
<i>Composición geométrica del muro 2 (M2)</i>	79
Figura 27	
<i>Redes de resistencia térmica del muro 2 (M2)</i>	80
Figura 28	
<i>Ubicación del M3 con respecto los puntos cardinales (Shadowmap 2024)</i>	84
Figura 29	
<i>Ubicación del techo N4 con respecto los puntos cardinales (Shadowmap 2024)</i>	88
Figura 30	
<i>Composición de materiales del techo (N4)</i>	89
Figura 31	
<i>Redes de resistencia térmica del techo (N4)</i>	90
Figura 32	
<i>Composición de la losa aligerada denominado M4</i>	95
Figura 33	
<i>Circuito térmico de la losa aligerada del piso del museo</i>	95
Figura 34	
<i>Composición de los muros interiores N 1_2_3</i>	97
Figura 35	
<i>Redes de resistencia térmica del muro (N 1, 2 y 3)</i>	98
Figura 36	
<i>Composición de carga por infiltración por la puerta abierta D_1_2</i>	100
Figura 37	
<i>Redes de resistencia térmica D_1_2</i>	101
Figura 38	
<i>Gráficos de análisis de carga térmica de enfriamiento</i>	106
Figura 39	
<i>Gráficos de análisis de carga térmica de calefacción</i>	110
Figura 40	
<i>Modelo de equipo de aire acondicionado al ambiente del museo (ERP 2021)</i>	111
Figura 41	
<i>Carta psicométrica para la carga de enfriamiento</i>	112
Figura 42	
<i>Ubicación de punto de mezcla en la carta psicométrica (Flycarpet 2024)</i>	115
Figura 43	
<i>Punto de intercesión de punto x en la carta psicométrica</i>	116
Figura 44	
<i>Proceso de calefacción del museo de calca (Flycarpet 2024)</i>	118
Figura 45	
<i>Zonas asignadas con su respectiva característica geométricas</i>	122

Figura 46	
<i>Flujo de aire por radio (10 pies) de insuflamiento.....</i>	<i>122</i>
Figura 47	
<i>Distribución del flujo de insuflamiento con respecto al radio de insuflamiento</i>	<i>123</i>
Figura 48	
<i>Ducto principal del sistema de suministro de aire de la UMA-01</i>	<i>124</i>
Figura 49	
<i>Tabla de Fricción para Ducto Redondo (ASHRAE 2021:620)</i>	<i>125</i>
Figura 50	
<i>Dimensiones equivalentes de un conducto rectangular para la misma fricción y caudal de aire (ASHRAE 2021:622).</i>	<i>126</i>
Figura 51	
<i>Cálculo de dimensiones de ductos mediante software McQuay.....</i>	<i>126</i>
Figura 52	
<i>Disposición de Suministro de aire 01 y la ruta crítica línea roja</i>	<i>128</i>
Figura 53	
<i>Disposición de Retorno de aire 01 y la ruta crítica línea roja</i>	<i>132</i>
Figura 54	
<i>Disposición de Suministro de aire 02 y la ruta crítica línea roja.....</i>	<i>136</i>
Figura 55	
<i>Disposición de Retorno de aire 02 y la ruta crítica línea roja</i>	<i>140</i>
Figura 56	
<i>Disposición de Suministro de aire 03 y la ruta crítica línea roja.....</i>	<i>145</i>
Figura 57	
<i>Disposición de Retorno de aire 03 y la ruta crítica línea roja.....</i>	<i>149</i>
Figura 58	
<i>Disposición de Suministro de aire 04 y la ruta crítica línea roja.....</i>	<i>154</i>
Figura 59	
<i>Disposición de Retorno de aire 04 y la ruta crítica línea roja</i>	<i>159</i>
Figura 60	
<i>Diseño de la tubería de agua helada en la salida de Scroll Chiller - Aire Cooled.</i>	<i>166</i>
Figura 61	
<i>Perdidas por fricción para agua de tubos de acero cedula 40 (Carrier 1980).....</i>	<i>167</i>
Figura 62	
<i>Diseño de tubería mediante el software McQuay.....</i>	<i>167</i>
Figura 63	
<i>Disposición de Suministro de agua helada 01 y la ruta crítica línea roja.....</i>	<i>168</i>
Figura 64	
<i>Disposición de retorno de agua helada y la ruta crítica línea roja.....</i>	<i>173</i>
Figura 65	
<i>Elección de espesor de aislamiento de la tubería del sistema de climatización (Aeroflex 2024).....</i>	<i>177</i>
Figura 66	
<i>Elección de espesor de aislamiento del ducto del sistema de climatización (Aeroflex 2024)</i>	<i>178</i>
Figura 67	
<i>Interfaz de Revit- Mep para diseño de sistema de climatización (Revit 2024).....</i>	<i>179</i>
Figura 68	
<i>Familias de Revit-Mep para climatización (Revit 2024).....</i>	<i>179</i>

Figura 69	
<i>Planificación de elementos del sistema de climatización (Revit 2024)</i>	180
Figura 70	
Interferencias de Revit – MEP de sistema climatización del museo (Revit 2024)	181
Figura 71	
<i>Subestación de distribución para la climatización de Museo de Calca (Gis 2024)</i>	182
Figura 72	
<i>Características de Air Cooled Chiller con bomba incluida (Naser 2024)</i>	183
Figura 73	
<i>Características de la unidad manejadora de aire (Holtop 2024)</i>	184
Figura 74	
<i>Características del Ventilador centrífugo de gabinete (SHUANGYI 2024)</i>	184
Figura 75	
<i>Características de Control Dámper (Aveco 2024)</i>	185
Figura 76	
<i>Características de difusor de suministro de aire 14 x 14 pulgadas (Hvac Premium 2024)</i>	186
Figura 77	
<i>Característica de Rejilla de aire de retorno 12x12 in (Nature Du 2024)</i>	186
Figura 78	
<i>Características del filtro HVAC (Aerostar 2024)</i>	187
Figura 79	
<i>Enlace de los ductos de climatización mediante un enlace de brida de ángulo de hierro (Fco 2024)</i>	188
Figura 80	
<i>Características de tubo de acero al carbono SCH40 (JMH 2024a)</i>	193
Figura 81	
<i>Accesorios de agua fría</i>	194
Figura 82	
<i>Características de aislamiento de tubería (CFinsulation 2024)</i>	197
Figura 83	
<i>Características de aislamiento de conducto de aire (CFinsulation 2024)</i>	198
Figura 84	
<i>Colgadores rectangulares para conductos tamaño mínimo (Smacna 1998)</i>	199
Figura 85	
<i>Elección de perfiles y canales de acero para colgante de ductos (Smacna 1998)</i>	199
Figura 86	
<i>Detalle del colgante para los ductos de aire acondicionado de acero angular de 1-1/2 × 1-1/2 × 1/8" ...</i>	201
Figura 87	
<i>Características de Angulo de acero de 1-1/2 × 1-1/2 × 1/8" (TUPEMESA 2024)</i>	201
Figura 88	
<i>Características de barra redonda sólida 304 de 1/4" (Billow 2024)</i>	202
Figura 89	
<i>Tabla de gancho de extensión de anilla partida para tubería de agua helada (Pipe Hanger Corp 2023)</i> ..	202
Figura 90	
<i>Dimensiones del gancho (Pipe Hanger Corp 2023)</i>	202
Figura 91	
<i>Tabla de Separación de ganchos (Alberta 2010)</i>	203

Figura 92	
<i>Características de los ganchos para tubería de agua fría (HIGHCRAFT 2024)</i>	204
Figura 93	
<i>Características de barra redonda sólida 304 de 3/8" (Billow 2024)</i>	204
Figura 94	
<i>Elección de calibre de cobre (Masvoltaje 2017)</i>	206
Figura 95	
<i>Accesorios eléctricos</i>	206
Figura 96	
<i>Total, de salario de operario, oficial y peón (Ftccp 2024)</i>	211
Figura 97	
<i>Decisiones y cálculo del VAN y TIR (Do 2022)</i>	215
Figura 98	
<i>Evidencias de la recolección de Temperatura de Museo de Calca</i>	247
Figura 99	
<i>Datos de caída de presión coladores en "Y" (Colton 2024)</i>	247
Figura 100	
<i>Pérdidas por fricción en accesorios de tubería (Colton 2024)</i>	248
Figura 101	
<i>Perdida de Carga de Codo Genérico de 1 1/4"Ø-1 1/4"Ø</i>	248
Figura 102	
<i>Longitud equivalente pies de tubo para conexiones y válvulas (Carrier 1980)</i>	249
Figura 103	
<i>Perdidas por fricción para agua en tubos (Carrier 1980)</i>	249

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 Matriz de consistencia.....	233
ANEXO 2 Plano del sistema de climatización	233
ANEXO 3 Trabajos de Mantenimiento Anual.....	234
ANEXO 4 Valores permitidos de densidad de potencia de iluminación utilizando el método del área del edificio.....	234
ANEXO 5 Máximas aportaciones solares a través de cristal sencillo	235
ANEXO 6 Máxima aportación solar de todas las paredes del museo.....	236
ANEXO 7 Diferencia Equivalente de Temperatura (°C) para Techo Soleado o en Sombra.....	238
ANEXO 8 Diferencia equivalente de temperatura en Muros soleados o en Sombra (°C).....	239
ANEXO 9 Diferencia equivalente de temperatura en Muros soleados o en Sombra (M2) (°C) .	241
ANEXO 10 Correcciones de las diferencias equivalentes de temperatura (°C)	241
ANEXO 11 Tasas representativas a las que desprenden calor y humedad de los seres humanos en diferentes estados de actividad.....	243
ANEXO 12 Tasas mínimas de ventilación	243
ANEXO 13 Velocidades recomendadas	244
ANEXO 14 Densidad de potencia de iluminación	244
ANEXO 15 Porcentaje de ganancia de acuerdo tipo montaje	245
ANEXO 16 Coeficiente térmico del aire de aire quieto	245
ANEXO 17 Velocidad de aire recomendadas para ductos de aire acondicionado.	246
ANEXO 18 Evidencias de la toma de datos en Museo de Calca.....	247
ANEXO 19 Perdidas de tuberías de Sistema Climatización del Museo de Calca	247
ANEXO 20 Precios de los bienes del Sistema Climatización del Museo de Calca.....	250

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Carga térmica:	Es la cantidad de energía en calor para poder realizar la climatización en el ambiente.
Humedad relativa:	Contenido de vapor de agua en aire.
Resistencia térmica:	Capacidad del material a oponerse el paso de flujo de calor.
Coefficiente de transferencia global:	Capacidad de una superficie para la transferencia de calor.
Capacidad del equipo:	La capacidad total para elegir un equipo de refrigeración como es un Chiller se puede buscar de diferentes capacidades en toneladas de refrigeración.
Entalpia:	Es calor de una mezcla de aire.
Humedad absoluta:	Cantidad de vapor de agua en un determinado volumen de aire.
Volumen específico del aire:	El volumen ocupado por unidad de masa.
Flujo de masa:	Es la masa de un fluido por unidad de tiempo.
Densidad del aire:	Es la masa de aire por unidad de volumen.
Flujo de agua helada:	Es el agua fría enviado desde el chiller a las unidades manejadoras de aire.
Mínima de Ventilación:	Es la ventilación mínima requerida para un ambiente a acondicionar con sistema de climatización.
Flujo de insuflamiento	Es el caudal de aire que ingresa al ambiente a climatizar.
Factor de Agua Helada:	Es la capacidad del chiller para enviar caudal de agua fría por una unidad de tonelada de refrigeración.
Factor potencia:	Es un indicador sobre correcto aprovechamiento de energía, toma que oscilan entre 0 y 1.
Percentil:	Es una posición específica para un dato a hallar que es ubicado en un conjunto de datos.
CIF	Coste Seguro y flete (Puerto de Callao_Chancay)

NOMENCLATURA Y SÍMBOLOS

Denominación	Símbolo	Unidad
Temperatura	T_i	(°C, °F)
Variación de temperatura	$\Delta T_{e_{\text{quiv}}}$	(°C)
Humedad relativa	HR	(%)
Resistencia térmica	R	(Kcal/(hr·m ² ·°C), m ² K/W)
Conductividad térmica	k	(W/(m·K))
Carga térmica	Q	(Kcal/hr)
Coeficiente de transferencia global	U	(W/(m ² ·K))
Entalpía	h	(kcal/kg)
Humedad absoluta	w	(kg H ₂ O)/(kg aire)
Volumen específico del aire	V	(m ³ /kg)
Flujo de masa	\dot{m}	(kg/hr)
Densidad del aire	ρ	(kg/m ³)
Caudal de aire exterior por persona	R _p	(l/(s·persona))
Diámetro	Ø	(", pulg)
Porcentaje de aire exterior	%AE	(%)
Longitud	L	(ft, m)
Perímetro	P _e	(m)
Espesor	e	(mm)
Máximo mitad de conducto perímetro	Max	(pulg)
Área	A	(m ²)
Flujo de insuflamiento	Z _{out}	(CFM)
Factor de Agua Helada	GPM	(GPM/TR)
Costo directo, Precio	CD	(S/, US\$)
Tasa interna de retorno	TIR	(%)
Tasa de interés	K	(%)
Valor actual neto	VAN	(S/)
Impuesto General a las Ventas	IGV	(%)
Voltios	V	(V)
Corriente	I	(A)

CAPÍTULO I

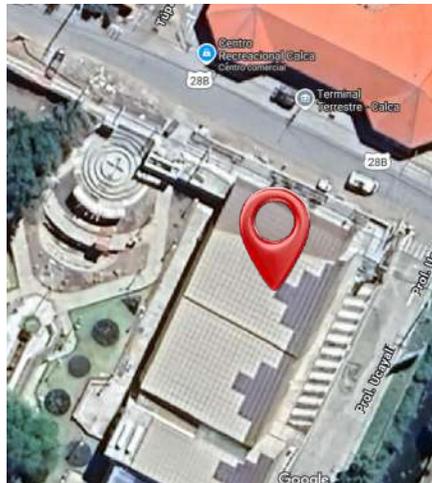
1. INTRODUCCIÓN E INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Ámbito Geográfico del Trabajo de Investigación

El diseño se desarrollado en el museo de interpretación cultural de la ciudad de Calca ubicado en la esquina que da con la Av. Villcanota y la Prol. De la calle Ucayali frente al terminal terrestre del Distrito, Provincia de Calca y Región del Cusco (Google 2024).

Figura 1

Ubicación del museo de interpretación cultural de la ciudad de Calca



Nota: La imagen representa la ubicación en la esquina que da con la Av. Villcanota y la Prol. De la calle Ucayali frente al terminal terrestre del Distrito, Provincia de Calca y Región del Cusco, obtenido de Google (2024).

1.2. Condiciones Meteorológicas Medias del Lugar

Tabla 1

Condiciones meteorológicas del Museo de Calca

Condiciones Meteorológicas	Valor	Fuente
Radiación solar media anual:	5.034 kWh/m ²	(TuTiempo 2024)
Humedad relativa media anual:	62.29 %	(Senamhi 2023)
La altitud del museo de Calca:	2926 M.S.N.M.	(MapTools 2024)
Temperatura promedio anual:	22.68 °C	(Senamhi 2023)
Temperatura mínima promedio anual:	3.86 °C	

Temperatura máxima promedio anual:	23.5°C	
Presión atmosférica promedio:	70756 Pa	(Tomorrow 2024)
Total, anual de precipitación	550 mm	(Gob 2024)

Nota: La tabla muestra las características meteorológicas de la ciudad de Calca, elaboración propia.

1.3. Planteamiento del Problema

Los museos en la actualidad son espacios cruciales para fomentar el conocimiento en la sociedad, aprender sobre las culturas del pasado y del presente. Estos deben garantizar un ambiente adecuado para las personas que los visiten (Martinez et al. 2018). El Museo de la Ciudad de Calca tiene una edificación de arquitectura moderna, donde prevalecen el uso de materiales de construcción como estructuras metálicas y, como adorno de toda la superficie exterior, paneles de aluminio compuesto, lo que le da belleza arquitectónica. Es posible debido a esto, las condiciones ambientales no son adecuadas, específicamente en el ambiente del museo, donde las personas se quejan de la temperatura elevada y del calor insoportable que se encuentra allí. El museo de Calca está construido con estructura de concreto armado y acero estructural, tanto para las columnas como para las vigas que conforman todo el ambiente. El techo y todo el contorno del edificio del museo se cubrieron con paneles de aluminio compuesto, debido a consideraciones estéticas arquitectónicas (Figueroa 2024). El ambiente del museo es de tipo almacén, con un gran espacio y una superficie de 916.5 metros cuadrados. Las condiciones de confort del museo de Calca, como la humedad relativa, la temperatura y la velocidad del aire, no son apropiadas debido a la acumulación de aire y temperaturas elevadas debido al aumento del calor en el ambiente del museo (Li, Liu, and Dong 2019). Sin embargo, posiblemente al tipo de edificación y al calentamiento global, en el edificio del museo se crean condiciones extremas de microclima de calor intenso generando sobre calentamiento del ambiente. Esto resulta en un ambiente inadecuado para las personas durante las visitas realizadas al museo (Yuchi 2014). Se observó que las temperaturas en el recinto del museo fluctuaron entre 22 y 32 °C, según mediciones realizadas el 26 de julio de 2023 con un sensor de temperatura bimetálico. El ambiente del museo es cerrado y no cuenta

con ventanas, excepto dos puertas que se mantienen abiertas para el ingreso y salida de las personas (Evans et al. 2020). El espacio del ambiente del museo se encuentra en estado estacionario, lo que resulta en la acumulación de dióxido de carbono (CO₂). Esto, a su vez, es inadecuado para las personas que se encuentran dentro del museo con aire contaminado, ya que están expuestas a gases viciados del aire en reposo y sin ninguna circulación de aire fresco (Rpp 2024) y (Zhang et al. 2019). Durante la pandemia de COVID-19, se evidenció que un ambiente interior cerrado, sin una ventilación adecuada, aumenta la propagación de virus (Akamatsu et al. 2023). Por lo tanto, resulta fundamental garantizar una ventilación adecuada con circulación de aire fresco, de manera que los visitantes puedan apreciar todas las exhibiciones de manera cómoda y sin experimentar ningún problema durante su estadía. En resumen, la presente investigación pretende diseñar un sistema de climatización que mejore el confort de los visitantes, disminuyendo calor sofocante y proporcionando una ventilación adecuada para el museo de la ciudad de Calca.

Figura 2

Característica arquitectónica del Museo de Calca (Mpc 2017)



(a)



(b)

Nota: Las grafico representan: (a) Edificio cubierto con paneles de Aluminio Compuesto, (b) Columnas y el techo hecho de estructura metálica, obtenido del Museo de Calca (2024).

1.4. Formulación del Problema

1.4.1. Problema General

¿Cómo diseñar el sistema de climatización para el confort térmico de los asistentes al museo de interpretación cultural de la ciudad de Calca – 2024?

1.4.2. Problemas Específicos

- ¿Cómo definir los parámetros psicométricos para el sistema de climatización del museo para brindar el confort térmico a los asistentes?
- ¿Cómo obtener la carga térmica para el sistema de climatización del museo para brindar el confort térmico de a los asistentes?
- ¿Cómo desarrollar el cálculo del sistema de aire acondicionado para brindar el confort térmico de los asistentes?
- ¿Cómo realizar la evaluación económica del diseño sistema de climatización del museo para brindar el confort térmico de los asistentes?

1.5. Objetivos de la Investigación

1.5.1. Objetivo General

Diseñar un sistema de climatización para el confort térmico de los asistentes al museo de interpretación cultural de la ciudad de Calca – 2024.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Analizar los parámetros psicométricos para el sistema de climatización del museo para brindar el confort térmico de los asistentes.
- Analizar la carga térmica para el sistema de climatización del museo para brindar el confort térmico de los asistentes.
- Calcular el sistema de aire acondicionado del museo para brindar el confort térmico de los asistentes.
- Efectuar la evaluación económica del sistema de climatización del museo para brindar el confort térmico a los asistentes.

1.6. Hipótesis

Si es posible el diseño de un sistema de climatización para el confort térmico de los asistentes al museo de interpretación cultural de la ciudad de Calca – 2024.

1.7. Variables

1.7.1. Variable Independiente

Confort térmico de los asistentes al museo.

-Temperatura (T) - Humedad relativa (HR) - Velocidad de aire exterior e interior (m/s)

1.7.2. Variable Dependiente

Sistema de climatización.

-Carga térmica (kcal/hr) - Caudal de aire (CFM)

1.8. Justificación del Estudio

El diseño de un sistema de climatización para el museo de Calca es fundamental debido a las condiciones extremas de temperatura y la ventilación inadecuada que afectan la comodidad de los visitantes. Dado que el edificio presenta una alta carga térmica y una arquitectura moderna con estructura metálica y fachada de aluminio, es necesario un estudio técnico que contemple temperatura, humedad y ventilación. La implementación de este sistema mejorará la experiencia del público, incentivará mayores visitas y dinamizará la economía local. Además, la investigación permitirá evaluar la viabilidad técnica y económica del proyecto, sirviendo como base para un plan de implementación acorde al presupuesto municipal.

1.9. Alcance o nivel de investigación y Limitaciones

1.9.1. Alcance o nivel de investigación

El diseño de un sistema de climatización para el museo de Calca es fundamental debido a las condiciones extremas de temperatura y la ventilación inadecuada que afectan la comodidad de los visitantes. Dado que el edificio presenta una alta carga térmica y una arquitectura moderna con estructura metálica y fachada de aluminio, es necesario un estudio técnico que contemple temperatura, humedad y ventilación. Por tratarse de un ambiente amplio, se opta por equipos de gran capacidad como Chillers y Unidades Manejadoras de Aire (UMAs). La implementación de este sistema mejorará la experiencia del público, incentivará mayores visitas y dinamizará la economía local. Además, la investigación permitirá evaluar la viabilidad técnica y económica del proyecto, sirviendo como base para un plan de implementación acorde al presupuesto municipal.

1.9.2. Limitaciones

Se enfocará exclusivamente en el diseño de un sistema de climatización para el confort de los visitantes del museo de la ciudad de Calca, con el objetivo de regular la temperatura del ambiente con calor sofocante del museo y proporcionar una ventilación adecuada en beneficio del público. Las normas usadas serán ASHRAE, Carrier y entre otros. El diseño del sistema de climatización se realizará de acuerdo con las necesidades de los asistentes y se es posible el cuidado de las piezas del museo, destacando la eficiencia y previniendo la posibilidad económica y tecnológica del Museo de Calca. No se considerará el diseño de un sistema de climatización específico para la protección y conservación de las obras de arte presentes en el museo.

1.10. Metodología

1.10.1. Tipo de Investigación

La investigación científica que se realiza es tipo aplicada porque se contrastará las aplicaciones de investigadores y normas que proponen para realizar un sistema de climatización para museo donde se tendrá una metodología ordenada y sistemática para realizar la investigación (Layme 2023a:30).

1.10.2. Enfoque de la Investigación

El enfoque de la investigación es cuantitativo porque se tendrá datos de temperatura, humedad relativa y velocidad de aire que serán idóneos para determinar la carga térmica, el diseño del sistema enfriamiento y análisis económico.

1.10.3. Alcance o Nivel de la Investigación

El alcance o nivel de la investigación es explicativo porque el problema que se suscita en recinto del museo es debido a problemas climatológicas o de construcción, u otros factores en lo cual se tiene que evaluar y analizar parámetros térmicos generales de temperatura, humedad relativa, velocidad de aire interior y exterior en la que se tiene las causas y efectos donde el interior del museo no es confortable para los visitantes y así dar solución al fenómeno evidenciado. Evidenciando las causas y efectos en la problemática del Museo de Calca (PUCP 2020).

1.10.4. Método

Se utilizará el método hipotético deductivo para el diseño de un sistema de climatización que logre el confort térmico de los asistentes en el museo de la ciudad de Calca (Layme 2023b:27). El proceso comenzará con la obtención de parámetros térmicos del museo, incluyendo condiciones externas e internas de temperatura, humedad relativa y velocidad de aire, utilizando estaciones meteorológicas de la NASA y SENAMHI, así como instrumentos de medición. Con esta información, se calculará la carga térmica y se diseñará todo el sistema de aire acondicionado. Finalmente, se realizará una evaluación económica para analizar la rentabilidad del diseño del sistema de climatización.

1.11. Diseño de Investigación

La investigación realizada es tipo no experimental de un diseño longitudinal en lo que los parámetros para el diseño climatológico para resisto interior del museo debe ser adecuado fechas ya sean futuras o del pasado para realizar un diseño para el futuro y perdurable donde estos parámetros térmicos cambien por ejemplo en cambio climático hace que se suscite eso (PUCP 2020).

1.12. Población y Muestra

La población y muestra es el museo de interpretación de la ciudad de Calca que encuentra al frete del terminal terrestre de Calca en kilómetro 21 de la ruta Urubamba – Calca, los parámetros importantes son la temperatura, humedad relativa del interior y exterior del museo.

1.12.1. Muestreo

El muestreo será no probabilístico por conveniencia. Se tiene un museo que se encuentra en la ciudad de Calca (UF 2024).

1.13. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica e instrumentación utilizada para la recolección de parámetros en el museo consistirá en la observación participante, utilizando termómetro. Además, se empleará el uso de datos meteorológicos recolectadas por instituciones como son las estaciones meteorológicas reconocidas SENAMHI, NASA y datos propios recolectados en situ. A través de la observación sistemática, se recopilarán datos que posteriormente se analizarán de manera sistemática. Este análisis se llevará a cabo con el objetivo de diseñar un sistema

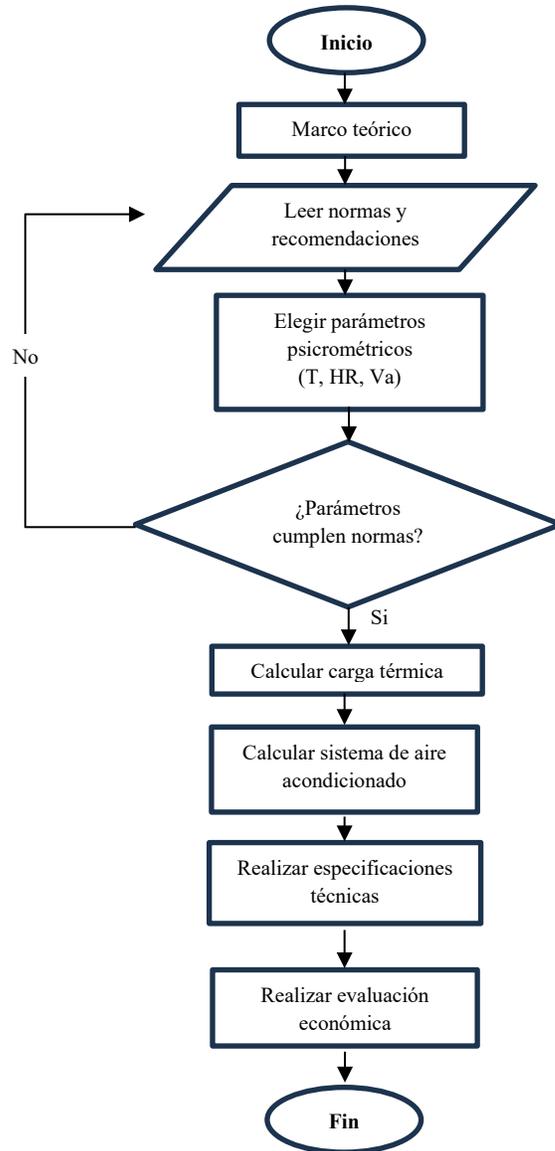
de climatización adecuado para el interior del museo, con el fin de brindar confort a los asistentes (Layme 2023b:8–14).

1.14. Flujo de la Metodología de ingeniería

El flujo de metodología de ingeniería para la investigación es regido por lo siguiente:

Figura 3

Flujo de metodología de ingeniería



Nota: El gráfico representa el flujo de elaboración de la tesis, detallando cada parte de la investigación de inicio a fin, elaboración propia.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Tesis de Investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

En Uruguay, se investiga el desempeño energético de la doble fachada ventilada opaca en edificios de oficinas en Montevideo, utilizando el software Simedif para el análisis térmico. Se evaluaron fachadas en las orientaciones Norte, Sur, Este y Oeste, y se comparó con un muro de fachada tradicional, que tuvo una transmitancia térmica de $0.69 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ (G. Pérez 2022).

Se diseñó un sistema de climatización mediante agua helada para la ciudad interactiva Kidzania en Costa Rica, utilizando equipos y metodologías de CARRIER. La carga de enfriamiento es aproximadamente de 200 TR. Para los cálculos uso el software HAP (Valverde 2018).

En Guayaquil, en el país del Ecuador, en 2015, se diseñó un sistema de climatización y ventilación mecánica para un edificio administrativo. Para todo local de administración se usó 7 sistemas volumen de refrigerante variable esto están distribuidos en todas las partes acompañada de la instalación ductos (Sebastián and Córdova 2015).

2.1.2. Antecedentes Nacionales

En la ciudad de Cajamarca diseño un sistema pasivo de climatización para lograr el confort térmico de un museo. Para la aplicación del sistema de pasivo de climatización en el museo que depende de la orientación, la envolvente térmica. En el espacio cultural se logró un confort térmico con las siguientes características de térmicas, temperatura de ambiente de $21^{\circ}\text{C} - 24.6^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa de $56.3\% - 64.3\%$ (Díaz 2019).

En Lima, se diseñó un sistema de aire acondicionado automatizado para un edificio corporativo. Tras analizar las condiciones térmicas, se eligió un sistema tipo Chiller para un consumo energético eficiente. Se utilizaron unidades de fan coils para una

climatización eficaz y se optó por una instalación dividida para reducir conexiones entre habitaciones. (Figuerola 2020).

En Trujillo, Perú, en 2022, se diseñó un sistema de climatización para mejorar la calidad del aire en grandes establecimientos post-Covid-19. La carga térmica fue de 107 toneladas en el primer piso y 60 toneladas en el segundo. Se seleccionaron tres unidades AHU RoofTop, cumpliendo con el estándar ASHRAE 62.1-2016 (Guerrero and Diaz 2022).

2.1.3. Antecedentes Regionales

Rojas y Núñez (2018) diseñaron y construyeron un módulo de aire acondicionado solar de 12,000 BTU/H en Cusco. En invierno, se lograron temperaturas de confort de 20 °C a 27 °C, y en verano de 17 °C a 24 °C. Los equipos incluyeron un calentador, enfriador, ventilador y deshumidificador (Rojas and Nuñez 2018).

En Cusco, Martines (2020) investigó el "Diseño de un sistema de calefacción para vivienda unifamiliar rural afectada por heladas" en Ccatca.. Utilizando la metodología VDI2221, se calculó una carga de calefacción de 6.7 kW y se aplicó la norma ISO 15877 para el diseño de ductos (Martínez 2020).

En Cusco, se realizó la investigación "Ejecución y Puesta en Marcha del Proyecto de Climatización del Piso 7 de la Clínica Ricardo Palma". Se instalaron sistemas de aire acondicionado que lograron temperaturas de 22 a 25 °C, cumpliendo con la normativa. Los equipos, como UMAs y condensadores VRF, fueron seleccionados según parámetros calculados (Sullca 2024).

2.2. Museo de la Ciudad de Calca

El museo de Calca resguarda valiosa información cultural y patrimonial de la región, preservando piezas clave para la investigación (Kolundžija 2020). Alberga réplicas hechas de fibra de vidrio, yeso, arcilla y telas, que narran la historia desde los primeros pobladores del Valle Sagrado hasta la cosmovisión Inca (MPC 2018).

Figura 4

Piezas del museo de la ciudad de Calca



(a)



(b)



(c)

Nota: Las gráficas representan lo siguiente: (a). Replica de un Inca, (b). Reproducción de la piedra “Unu Urco”, y (c). Personajes danzantes representando cada genero de danza, obtenido de las instalaciones del Museo de Calca.

2.1. Condiciones climáticas de Calca

Los parámetros climáticos son para enfriamiento y calefacción, que se detalla en capítulo dedicado al tema, como la temperatura, humedad y velocidad del aire, tanto interiores como exteriores. Los parámetros de climatización serán recolectados de los reportes meteorológicos (ASHRAE 2021).

2.1.1. Temperatura y humedad relativa del ambiente exterior

La temperatura del ambiente (bulbo seco o húmedo) del exterior debe ser más crítica; la humedad relativa también para cargar enfriamiento o lo contrario para las cargas de calefacción, esto se recolecta de los centros meteorológicos de cada lugar de estudio. Estos obedecen a percentiles 99.6, 99 y 98, los cuales se sucederán durante un año para asegurar las temperaturas más cálidas y la humedad relativa más alta. Según las indicaciones de ASHRAE se recolectarán cargas latentes y sensibles altas. Para cargas de enfriamiento, se considera un percentil 99.6 (ASHRAE 2021).

Percentil para datos no agrupados: Los percentiles son medidas estadísticas que segmentan un conjunto de datos ordenados de menor a mayor. Representan el valor en una serie de datos ordenada por debajo del cual se encuentra un cierto porcentaje de los datos (Superprof 2024).

$$P_n = \frac{k \cdot N}{100} \quad \dots (E. 1)$$

P_n : Posición del percentil, k : Número de Posición, k toma valores de 0 a 100, N :

Numero de datos, Carga de enfriamiento: T y $H \in \{P_{99,6}, P_{99}, P_{98}\}$ y Carga de

calefacción: T y $H \in \{P_{0,4}, P_1, P_2\}$

Nota: Se deben tomar en cuenta las temperaturas interiores y la humedad relativa interior en sótanos y ambientes relacionados con ellos. Estos datos deben obtenerse mediante mediciones físicas con instrumentos de medida o estudios que indiquen parámetros en esas condiciones (Carrier 2022).

2.1.2. Temperatura y humedad relativa del ambiente interior

La temperatura y humedad relativa de diseño para interior de un ambiente depende de aplicación dada. En este caso, es para los visitantes del museo. En la siguiente tabla se presentan investigaciones sobre las condiciones adecuadas para un ambiente de museo.

2.1.2.1. Condiciones psicométricas de un museo

Un museo tiene la responsabilidad de asegurar un microclima adecuado para la conservación de las piezas expuestas, al mismo tiempo que brinda confort a los visitantes. Para lograr esto, es necesario mantener valores específicos de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento (Ferdyn and Grygierek 2019), como se muestra en la siguiente tabla.

2.1.3. Velocidad del Aire Externo

Para el cálculo de la velocidad del viento en el diseño de un sistema de climatización, se utiliza la velocidad media mensual durante un año. Estos datos serán recopilados de una estación meteorológica cercana al lugar del estudio (ASHRAE 2021).

2.1.4. Velocidad del Aire Interno

La velocidad del aire dependerá de la función que cumpla el ambiente. En este caso, se refiere al ambiente del museo, donde se debe considerar una velocidad relativamente alta. Esto asegura una adecuada ventilación en el museo (ASHRAE 2021).

2.2. Zonas térmicas de una vivienda

Son espacios asignados de una vivienda donde el volumen del aire se está a una temperatura uniforme. Estas zonas térmicas pueden dividirse en varias, estas estas conectadas al exterior e interior, para mayor análisis teniendo características de (Flores 2019):

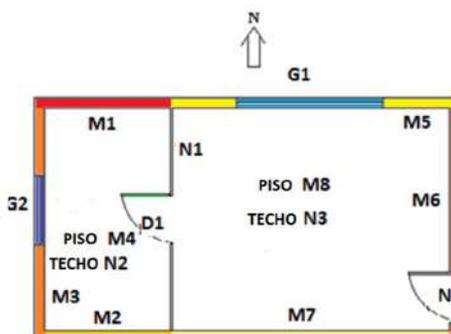
- Nombre de la zona térmica
- Volumen de aire en metros cúbicos.
- Renovación de aire por horas.

2.2.1. Elementos de zonas térmicas

Los elementos están compuestos por partes de las viviendas y se clasifican de la siguiente manera: Los componentes sólidos del edificio incluyen paredes masivas (concreto armado o albañilería confinada) y tabiques livianos (ladrillo), así como pisos de losa aligerada u hormigón. Estos se identifican con las letras "M" (masivos) y "N" (livianos y techo) (Flores 2019).

Figura 5

Zona térmica de una vivienda con componentes sólidos y conexiones aire-aire, con sus respectivas denominaciones (Flores 2019:53).



Nota: La gráfica representa la zona térmica de una vivienda, con la designación de símbolos para su ubicación, obtenido de Flores (2019).

2.3. Aire acondicionado

El aire acondicionado trata el aire interior de recintos cerrados para proporcionar confort, regulando humedad relativa, temperatura, calidad del aire fresco y distribución. La temperatura debe estar entre 21 y 26 °C en viviendas y de 16 a 26 °C en procesos industriales. La humedad relativa adecuada es del 30 al 60%, siendo 55% lo más común. El aire fresco se asegura mediante ventilación que expulsa aire contaminado, y la velocidad del aire en ductos y difusores debe ser adecuada para evitar ruido e incomodidad (Asahuanche 2021).

2.4. Carga térmica

La cantidad de calor que se debe trasladar del ambiente para mantener el confort (temperatura y humedad relativa) se genera por transferencia de calor externa e interna. Este cálculo debe realizarse en las condiciones más críticas. Es importante tener en cuenta que la capacidad del equipo no es el valor de la carga térmica (Asahuanche 2021).

2.5. Necesidades iniciales de carga térmica del museo

Considerando las condiciones específicas del entorno del museo características físicas, que conste de equipos, número personas. Para ello, se toman en cuenta los hallar la carga térmica de los siguientes enunciados:

Tabla 2

Necesidades Iniciales de Carga Térmica del Museo de la Ciudad de Calca

Fuente de Carga Térmica	Descripción	Medida
Paredes Exteriores	Tres paredes exteriores expuestas a la radiación solar: noreste (130.2 m ²), noroeste (124.74 m ²) y sureste (304.92 m ²).	559.86 m ² (área total de paredes exteriores)
Techo	Techo expuesto a la radiación solar con una inclinación de 10°.	945.1 m ²
Piso (Losa Aligerada)	Losa de concreto compuesta por tecnopor y revestida con cerámica.	916.5 m ²
Puertas	Se cuenta con dos puertas de ingreso y salida permanecen totalmente abiertas de 9:00 a 17:00. El área de la entrada principal es de 18.75 m ² y la de las puertas de salida es de 12.3 m ² .	31.05 m ² (área total de puertas abiertas)
Luminarias	Carga térmica generada se determina por el área de iluminación de todo el museo, el área del museo es 916.5 m ² .	2.545 Kcal/hr por metro cuadrado
Visitantes	Ocupación promedio de 30 personas por hora, con actividad ligera (de pie o caminando).	42Kcal/hr de calor latente y 71 Kcal/hr de calor sensible

Nota: La tabla representa las necesidades iniciales de carga térmica del museo ubicado en el segundo piso. No se cuenta con ventilación natural, ya que el museo no tiene ventanas ni sistemas de ventilación. Asimismo, no se dispone de equipos electrónicos o electromecánicos como televisores, altavoces, ventiladores mecánicos o calentadores eléctricos. Elaboración propia.

Figura 6

La carga térmica total está compuesta por el calor latente y el calor sensible

Fuentes y Tipos de Calor		
DESCRIPCION	Calor Sensible	Calor Latente
Personas		
Equipos		
Iluminacion		
Paredes, piso, techo		
Radiacion Solar		
Transmision		
Fuentes de Vapor		
Total =	Qsen	Qlat.

$$Q_t = \text{Calor Total} = Q_{sen} + Q_{lat.}$$

$$\text{Factor de Calor Sensible} = Q_{sen} / Q_{total}$$

Nota: La gráfica representa las fuentes y tipos de calor para determinar la carga térmica total (ERP 2021).

2.5.1. Carga Térmica de Fuentes Internas

La carga térmica de fuentes internas en un ambiente dedicado a la vivienda, el entretenimiento u otras actividades está compuesta por el número de personas presentes, la iluminación instalada y los diversos equipos mecánicos o eléctricos que se encuentran en el lugar, detallándose en los siguientes apartados.

2.5.1.1. Carga térmica de las personas

La pérdida de calor latente de las personas depende de la temperatura del lugar y de la velocidad del aire en el entorno. La pérdida de calor sensible, por su parte, depende de la humedad de la piel y de la humedad relativa del recinto.

Número de personas

En el ambiente se debe tener en cuenta el número de personas que lo ocuparán. Esto se basa en las regulaciones ya establecidas o en el estudio de cuántas personas ingresan a un lugar. En este caso, el ambiente es un museo, y la cantidad de personas depende de la demanda de visitantes que tiene el museo de la ciudad de Calca (EM.030 2020b).

Es así, la carga total de las personas es la suma de la sensible más latente que se puede hacer de la siguiente ecuación y los valores se toman según la aplicación.

$$Q_{TP} = Q_{LP} + Q_{SP} \quad (\text{Kcal} / \text{hr}) \quad \dots (\text{E. 2})$$

Q_{TP} : Ganancia total de las personas (Kcal/hr), Q_{LP} : Ganancia de calor latente de personas (Kcal/hr), Q_{SP} : Ganancia de calor sensible de personas (Kcal/hr), Q_{SP} : Ganancia de calor sensible de personas (Kcal/hr)

$$Q_{LP} = Q_L \cdot N \quad (\text{Kcal / hr}) \quad \dots (\text{E. 3})$$

Q_L : Calor latente de las personas (Kcal/hr), N: Número de personas

$$Q_{SP} = Q_S \cdot N \quad (\text{Kcal / hr}) \quad \dots (\text{E. 4})$$

Q_S : Calor sensible de las personas (Kcal/hr)

2.5.1.2. Calor de luminaria del museo

La iluminación del museo de Calca se encuentra incompleta. Para cuantificar de manera efectiva y asertiva se elegí hallar mediante el área del museo. Según las consultas, la iluminación será LED en lugar de fluorescentes o incandescentes. Para determinar la carga de iluminación adecuada, se ha seguido la recomendación de ASHRAE, proporciona los parámetros necesarios para calcular la carga de iluminación por pie cuadrado, con el uso de **tabla 111** . La carga térmica luminaria será:

$$Q_L = \%_{ga} \cdot LPD \cdot AREA \quad \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right) \quad \dots (\text{E. 5})$$

LDP $\left(\frac{\text{W}}{\text{ft}^2} \right)$: Valor densidad de potencia de iluminación del museo para iluminación tipo

led. AREA (ft²): Área de la zona térmica. $\%_{ga}$: % de acuerdo tipo montaje.

2.5.2. Coeficientes globales de transferencia de calor (U)

El coeficiente global de transferencia indica la eficiencia en la transferencia de calor a través de diferentes medios, como paredes, techos y el medio ambiente. Se calcula mediante la siguiente ecuación (Asahuanche 2021).

$$\frac{1}{U_{ext}} = \sum_{i=1}^n R_i \quad \left[\frac{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ \text{C}}{\text{Kcal}} \right] \quad \dots (\text{E. 6})$$

U_{ext} : Coeficiente global de transferencia de calor ($\text{Kcal} / \text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ \text{C}$). R_i : Resistencia térmica de los materiales ($\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ \text{C} / \text{Kcal}$).

2.5.2.1. Resistencia térmica de los materiales.

La resistencia térmica es la capacidad de los materiales para obstruir el paso del calor. Cuanto mayor sea la resistencia, menor será el flujo de calor a través del material. Así, los materiales con mayor resistencia se consideran aislantes, mientras que aquellos con menor resistencia se consideran buenos conductores (Rhonatherm 2024b).

2.5.2.1.1. Coeficiente de convección de viento

La pérdida o ganancia de calor en las paredes y techos de los edificios, que están expuestos a los vientos exteriores, puede determinarse mediante el coeficiente de convección. Este coeficiente representa la resistencia del aire a la transferencia de calor en relación con una temperatura global en un espacio definido. Puede calcularse mediante la siguiente ecuación (Duffre and Beckawan 2013:163) y (G. Pérez 2022:33) . El coeficiente térmico del aire en diferentes condiciones, de manera horizontal vertical como que puede observar en una edificación.

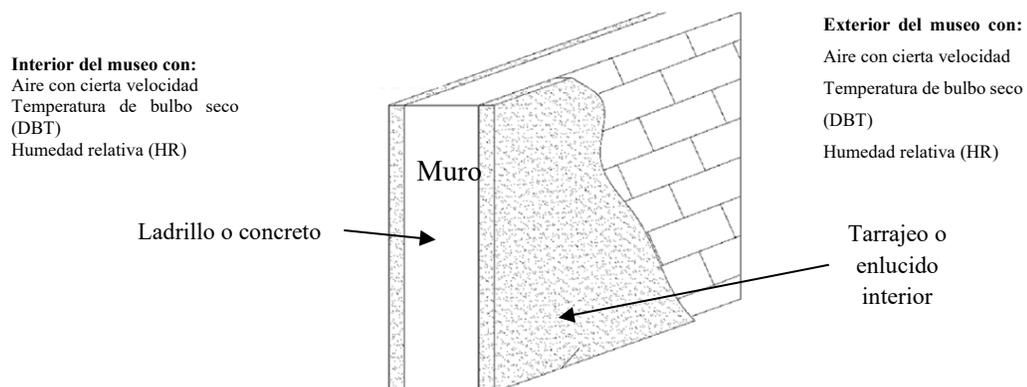
$$h = 5.7 + 3.8V \quad (\text{w} / \text{m}^2\text{K}) \quad \text{para superficies mayor exposición solar.} \quad \dots \text{(E. 7)}$$

$$h = 2.8 + 3V \quad (\text{w} / \text{m}^2\text{K}) \quad \text{para superficies menor exposición solar} \quad \dots \text{(E. 8)}$$

Donde: V es la velocidad del viento en m / s^2 , h está en $\text{w} / \text{m}^2\text{K}$

Figura 7

Características de materiales de un muro para determinar su resistencia térmica (Asahuanche, 2021)



Nota: En la imagen se presenta un muro realizado con diferentes materiales, con la designación de lugar interior y exterior, modificado de (Asahuanche 2021).

En la imagen se tiene un muro realizado con diferentes materiales, la resistencia térmica total es:

$$R_1 = \frac{1}{h_{ext}}, R_2 = \frac{e_{acab_ex}}{k_{acab_ex}}, R_3 = \frac{e_{m_ldr}}{k_{m_ldr}}, R_4 = \frac{e_{acab_int}}{k_{acab_int}}, R_5 = \frac{1}{h_{int}}$$

$$\sum R = R_{total} \text{ resistencia total en } \frac{m^2 K}{W}$$

Donde: e (espesor) en metros (m), k (conductividad térmica) en W/(m·K) y h (Coeficiente de Convección) en W/(m²·K)

2.5.3. Carga térmica de fuentes externas

Se consideran las cargas de enfriamiento a las que está sometida la vivienda. Esta transferencia de calor hacia el ambiente se debe a la radiación solar a través de las paredes externas y el techo, así como a las pérdidas de calor a través de las paredes y pisos internos. Esto dependerá de la ubicación de la habitación o vivienda para el análisis de cargas.

2.5.3.1. Carga térmica por conducción

Estas cargas pueden ser negativas o positivas, dependiendo del lugar de análisis y del criterio profesional para determinar si suman o restan.

2.5.3.1.1. Carga Térmica en Paredes y Pisos Internos

La ganancia de carga térmica en paredes y pisos internos depende de las condiciones externas de temperatura. Es decir, si estas temperaturas son altas o bajas, actuarán como cargas negativas o positivas. Este proceso se rige por la siguiente ecuación.

$$Q_N = \pm U_N \cdot A_N \cdot \Delta T_{DT} \text{ (Kcal / hr)} \quad \dots \text{ (E. 9)}$$

U_N (Kcal / m² · h · °C) : Coeficiente global de transferencia de calor. A_N : Área de la superficie. ΔT_{DT} : Diferencia de Temperatura ambiente exterior y la interior (°C).

2.5.3.1.2. Carga térmica por infiltración

Los espacios en sótanos o ambientes similares, como el primer piso de un edificio completamente cerrado, suelen tener una temperatura entre 10 y 15 grados Celsius (Wolf

2024) . El calor que se genera en una habitación expuesta a la radiación solar puede ceder calor a otros espacios interiores a través de aberturas como puertas de salida y entrada. Las velocidades de las salidas y entradas de aire en lugares medianamente cerrados son de 5.3 a 12.4 cm/s (Matthews and Thompson 1987; Wolf 2024).

Para puertas abiertas por periodos largos como el de museo se halla la carga térmica por infiltración mediante la siguiente formula (Pérez 2022):

$$Q_{\text{infl}} = U_{\text{infl}} * A(T_{\text{ext}} - T_{\text{int}}) \text{ [Kcal/hr]} \quad \dots \text{ (E. 10)}$$

U_{infl} : Coeficiente global de transferencia de calor de infiltración $[\text{Kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}]$

A : Área de la abertura de la puerta (m^2), T_{ext} : Temperatura exterior de las puertas de salidas y entrada ($^\circ\text{C}$). T_{int} : Temperatura interior de diseño ($^\circ\text{C}$).

Coeficiente de transferencia de calor de infiltración

$$\frac{1}{U_{\text{infl}}} = \frac{1}{h_{\text{int}}} + \frac{1}{h_{\text{ext}}} \quad \dots \text{ (E. 11)}$$

h_{int} ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$) y h_{ext} ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$): Coeficiente de transferencia de calor interior y exterior.

2.5.3.2. Carga térmica por radiación solar

Existen varios métodos para realizar estimaciones, se usa método Carrier. Mediante tablas proporcionadas de Carrier, se puede determinar la carga térmica, interpolando los datos al lugar que se desea analizar. Las condiciones principales para considerar incluyen la latitud, la orientación de las paredes, la altitud y otros factores.

2.5.3.2.1. Cálculo de la radiación solar por el método de diferencia equivalente de temperatura por Carrier

Este método considera la transferencia de calor tanto por conducción como por radiación. En otras palabras, se establece una equivalencia de temperatura que tiene en cuenta tanto la conducción como el efecto de la radiación (Carrier 1980). Se rige de las siguientes ecuaciones: La ecuación que rige para calcular la transferencia de calor por radiación solar mediante el método de diferencia equivalente de temperatura es:

$$Q_M = U_M * A_M * \Delta T_{\text{equiv}} \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right) \quad \dots \text{ (E. 12)}$$

U_M : Coeficiente global de transferencia de calor ($\text{Kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$). A_M : Área de la superficie m^2 , para los techos considerar el área sin pendiente al usar las tablas de Carrier.

ΔT_{equiv} : Temperatura equivalente del método de diferencia equivalente de temperatura ($^\circ\text{C}$).

Pasos para determinar la temperatura equivalente ΔT_{equiv} :

$$\Delta T_{\text{equiv}} = a + \Delta T_{\text{es}} + b \times \frac{R_s}{R_m} \times (\Delta T_{\text{cm}} - \Delta T_{\text{es}}) \left[^\circ\text{C} \right] \quad \dots \text{(E. 13)}$$

También se puede expresar de la siguiente manera: asignando variables a algunos valores, como X_1 y X_2 .

$$\Delta T_{\text{equiv}} = a + (X_1 \times \Delta T_{\text{es}}) + (X_2 \times \Delta T_{\text{cm}}) \left[^\circ\text{C} \right] \quad \dots \text{(E. 14)}$$

Valores de X_1 y X_2 son:

$$X_2 = \frac{b \times R_s}{R_m} \quad \text{y} \quad X_1 = 1 - X_2$$

Coeficiente del color de las paredes (b): Los valores son los siguientes: Claro = 0.5; Medio = 0.78; Oscuro = 1.

$$R_s = (\text{Max. Aport. Solar}) \times (\text{Fact. Atm}) \times (\text{Fact. Altitud}) \times (\text{Fact. Pto Rocío}) \times (\text{Fact. Mrco.Metalico}) \quad \dots \text{(E. 15)}$$

R_s es la multiplicación de varios factores que tienen en cuenta las condiciones de las paredes del museo por la máxima aportación solar con respecto al lugar y a la exposición de la pared.

Max. Aport. Solar: La máxima aportación solar se obtiene de tabla, ubicando la latitud, con la exposición solar de pared.

Fact. Atm: El factor de atmósfera se refiere al estado del ambiente en términos de polvo en suspensión u otros contaminantes relacionados. Los valores que puede tomar son: Limpio: 1 Medio: 0.78 Oscuro: 0.5

Fact. Altitud: Es el factor de altitud por cada 300 m aumentar el 7%.

$$\text{Factor por Altitud} = \left(1 + \left(\frac{0.7}{100} \right) * \left(\frac{\text{Altitud}}{300} \right) \right) \quad \dots \text{(E. 16)}$$

Altitud : Metros sobre el nivel del mar (m s. n. m.)

Fact. Pto Rocío : Según el enunciado, si el punto de rocío es superior a 19,5°C, el factor se reduce en un 5% por cada 4°C. Si el punto de rocío es inferior a 19,5°C, el factor aumenta en un 5% por cada 4°C.

$$\text{Factor por Punto de Rocío} = 1 \pm \left(\frac{5}{100} \right) \times \left(\frac{19.5 + \text{P. Rocío}}{4} \right) \quad \dots \text{(E. 17)}$$

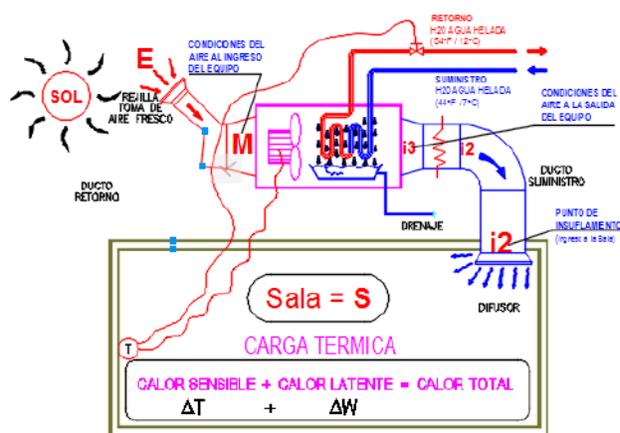
P. Rocío : El valor del punto de rocío se obtiene de la carta psicrométrica para las condiciones exteriores del ambiente a analizar (°C). Fact. Mrco.Metalico : Estructuras metálicas, ventanas con marcos metálicos se considera un factor de marco metálico de 1.17. ΔT_{em} : Temperatura para muros soleados, esto depende de la exposición del muro, esto datos lo obtenemos de tabla. ΔT_{es} : Temperaturas para muros en sombra que es el único que está ubicado al sur, a latitud sur.

2.6. Diseño de sistema de aire acondicionado

Después de análisis de carga térmica del recinto consta cuantificar cuanto de flujo de aire se va a insuflar al recinto. Interviene un análisis con la carta psicrométrica calculando la tonelada de refrigeración, el flujo de agua helada y así se podrá dimensionar accesorios y equipos de climatización.

Figura 8

Sistema de aire acondicionado



Nota: La imagen representa las entradas y salidas de aire de circulación del aire acondicionado, obtenidas de ERP (2021).

temperatura con intervención de la humedad, **Humedad Relativa (HR o RH)**: vapor de agua con respecto al aire del ambiente que se encuentre a temperatura específica, **Entalpía (h)**: cantidad total de energía contenida en el aire húmedo, **Razón de Humedad (W)**: cantidad de vapor de agua por unidad de masa de aire seco, **Punto de Rocío (PR o DP)**: temperatura a la que el aire alcanza la saturación, **Volumen Específico (V)**: espacio ocupado por una unidad de masa de aire húmedo (*Azahuanche 2021c:12*).

Tratamiento de aire: Se pueden realizar los siguientes tratamientos como es las variaciones de temperatura (T) y contenido de humedad (W). se clasifican de la siguiente manera:

Tratamientos Generales: Enfriar temperatura (+T): Disminuye la temperatura del aire. Calentar temperatura (-T): Aumenta la temperatura del aire. Humidificar (+W): Aumenta la cantidad de vapor de agua (humedad) en el aire. Deshumidificar (-W): Disminuye la humedad en el aire.

2.6.3. Capacidad del equipo de aire acondicionado

La capacidad del equipo de aire acondicionado se obtiene de carta psicrométrica que depende del flujo de masa de insuflamiento y variación de entalpía entre punto de mezcla de flujo de aire acondicionado y el flujo de insuflamiento.

$$\dot{Q}_{CE} = \dot{m}_i \times (\Delta h_{M_i}) \text{ [Kcal / hr]} \quad \dots \text{ (E. 18)}$$

\dot{m}_i (kg / hr): Flujo de masa de punto de insuflamiento. Δh_{M_i} (kcal / kg) Variación de entalpía entre punto de mezcla de flujo de aire acondicionado y el flujo de insuflamiento.

2.7. Diseño de Ductos de Aire Acondicionado

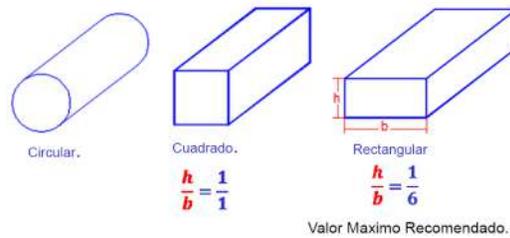
Diseñar mediante método de igual fricción, implica hallar las dimensiones de su sección transversal para que sea capaz de transportar adecuadamente el aire. El ducto estará sometido a ciertas condiciones y deberá garantizar el transporte hasta su evacuación.

2.7.1. Relación de Forma de los ductos

Es la relación entre las dimensiones mayor (h) y menor (b) de la sección transversal de un ducto.

Figura 10

Relación de Forma de los ductos (Azahuanche 2021b)



Nota: La imagen representa las formas para el sistema de climatización, obtenida de Azahuanche (2021).

Tipos de Sección Transversal:

Rectangular: En un ducto rectangular, la dimensión mayor (h) es mayor que la menor (b), y su relación máxima recomendada debe ser como máximo 6 veces mayor que su base para garantizar un diseño eficiente.

2.7.2. Criterios de diseño de ductos

-Velocidad del aire a través del ducto: Determina la eficiencia del flujo de aire dentro del ducto. Si la velocidad es muy alta, puede generar ruido y vibraciones; si es muy baja, el sistema podría ser menos eficiente.

Caída de presión estática

. La caída de presión estática es la pérdida de presión que sufre el aire a medida que se desplaza por el ducto debido a la fricción y otros factores (Azahuanche 2021b).

Se recomienda las siguientes caídas de presión estática:

-0.1 mmc.a/m: 0.1 milímetros de columna de agua por cada metro de longitud del ducto.

-0.1 in.WC/100ft: 0.1 pulgadas de columna de agua por cada 100 pies de longitud de ducto.

Con estos valores se calcula la caída de presión para ductos rectos, en primera instancia.

2.7.3. Velocidades de aire en diseño de ductos

Se tienen dos tipos de recomendaciones: las velocidades recomendadas y las velocidades máximas. Según el criterio del diseñador.

2.8. Diseño de tuberías de agua

La velocidad máxima es de 2.1 m/s (7 fps) y la caída de presión debe estar entre 1 y 4 (ft/100ft) y con flujo máximo de agua en función del número de horas de operación, el diseño es mediante método igual fricción, que será detallado en los cálculos.

2.9. Determinación de Perdidas ductos y tuberías

Las pérdidas de ductos y tuberías se determinan con las tablas de ASHRAE que costa de ingresar datos para obtener perdidas de ductos y tuberías diseñadas de acuerdo a los criterios mínimos, esto se realiza para determinar la caída de presión en ductos y tuberías y así seleccionar ventiladores centrífugos y la bomba

Ruta crítica en ductos y tuberías

La ruta crítica en ductos y tuberías de aire acondicionado es la mayor caída de presión de una serie de ramificaciones de ductos principales y secundarios que componen la unión de conductos y como finales terminales de aire (Azahuanche 2021b).

2.10. Especificaciones técnicas para el sistema de climatización del Museo

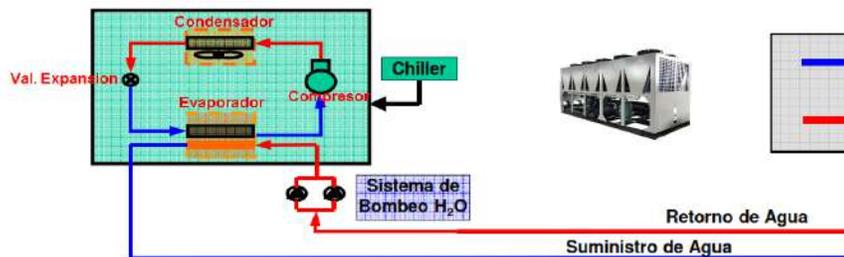
Es importante conocer las características que tendrá el sistema de climatización del museo donde se abarcan, las medidas mecánicas y dimensionales de los accesorios y equipos a usar. Así mismo, tener consideración cuantos de estos se va a usar, que serán cuantificados de acuerdo con su unidad de medida. Y también tener en cuenta el precio que costara cada equipo y accesorio.

Air Cooled Chiller

Es un enfriador de aire que alimenta de flujo de agua helada a las unidades manejadoras de aire mediante el uso de bomba. Está compuesto por condensador, compresor, evaporador y la válvula de expansión donde sus rangos de trabajo del agua fría es 45°F entrada de agua y salida de agua 55°F. Generalmente están diseñados para manejar 2.4 GPM/TR, usando el R32 para alta presión, especialmente en enfriadoras de aire.

Figura 11

Características de Air Cooled Chiller (ERP 2021)



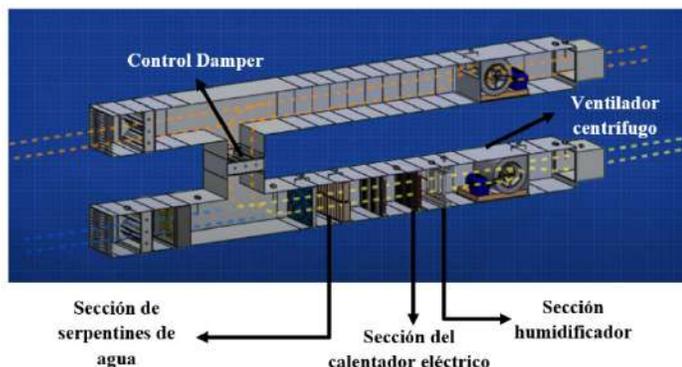
Nota: La imagen representa la la composición de elementos del Air Cooled Chiller, obtenida de ERP (2021).

Unidad manejadora de aire

Es una cabina que inyecta aire exterior, que pasa por serpentines de agua fría o un calentador eléctrico, y un humidificador. Un ventilador centrífugo inyecta el aire tratado. Sus características principales incluyen un flujo de aire determinado por el análisis de carga térmica. La entrada de agua fría en el serpentín es de 45°F, con una salida de 55°F, y tiene una capacidad de refrigeración dimensionada en toneladas. El calentador eléctrico y el humidificador se calculan según la carga de calefacción (kW) y la carta psicométrica (kg/h), respectivamente. (Azahuanche 2021b).

Figura 12

Unidad manejadora de aire (AERMEC 2022)



Nota: La imagen representa la la composición de elementos del Unidad manejadora de aire, obtenida de AERMEC (2022).

Ductos y Tuberías de Climatización

Los ductos de climatización son conductos de aire hechos de chapa galvanizada con zinc para prevenir la corrosión. Están parametrizados según tablas de Carrier y ASHRAE, que

indican pérdidas en tuberías por dimensiones. Se recomienda una caída de presión de 0.1 in.WC/100 ft y velocidades de flujo de 100 a 1300 FPM para ductos principales, y de 600 a 900 FPM para secundarios (Azahuanche 2021b). Las tuberías de climatización son para el transporte de agua helada (45-55°F) con velocidades recomendadas de 4 a 6 pies por segundo (tubería principal) y están hechas de acero Schedule 40, el dimensionamiento es recontra sencillo con uso de tablas de Carrier o ASHRAE y las pérdidas de los accesorios de los catálogos y de tablas (Azahuanche 2021b)..

Figura 13

Ductos y Tuberías de Climatización (ERP 2021)



Nota: La imagen representa la forma y características del sistema de instalación de ductos del sistema de climatización, obtenida de EPP (2021).

2.11. Evaluación económica del Sistema de Climatización

La evaluación económica se rige con análisis de los costos de todo el sistema de climatización del Museo de Calca

Organización de los costos: Se usará el programa S10 que brinda la facilidad de organizar los costos, donde se incluye cuadrillas de trabajadores, rendimientos, precios por unidad para realiza cada uno de los trabajos que incluye el costo de los bienes a utilizar (S10 2024).

Análisis de la rentabilidad del sistema de climatización

La rentabilidad del sistema de sistema de climatización de museo de la ciudad calca consta de calcular la tasa interna de retorno (TIR) y valor actual neto (VAN) (Do 2022)..

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^N \frac{C_n}{(1+r)^n} = 0 \quad \dots (E. 19)$$

- I_0 : Inversiones iniciales en soles
- r : Tasa interna de retorno, lo obtienes de las entidades financieras en %
- n : Año en que se van obteniendo los beneficios de cada periodo
- N : Total, de periodos
- C_n : Flujo de caja

2.12. Uso software y normas para diseño de sistema de climatización

Se detalla las normas y softwares usados en la investigación:

Tabla 3

Uso normas y software

Normas	Aplicación
SENAMHI	Datos ambientales
Metodología Carrier	Obtención de carga de enfriamiento
ASHRAE	Cálculo de carga y dimensionamiento de ductos y tuberías
CAPECO	Obtención de costos de materiales y mano de obra para presupuestos
Software	Descripción
FLYCARPET	Gráfico psicrométrico interactivo en línea
McQuay	Dimensionar ductos de aire
Duct Fitting	Cálculo de pérdidas
Revit Mep	Modelado y metrado
S10	Presupuestos

Nota: La tabla representa un resumen del uso de normas y software para el desarrollo de la investigación, elaboración propia.

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS PSICOMÉTRICOS PARA EL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

3.1. Horario de Atención del Museo

El horario de atención del Museo de Calca es de gran importancia para determinar la carga térmica en las horas que se encuentren visitantes en el museo. En este sentido, el horario de atención abarca de lunes a domingo, incluyendo feriados, desde las 9:00 a.m. hasta las 5:00 p.m.

3.2. Visitantes al Museo

Los cantidad, costos y horario de los visitantes al Museo se tomarán como referencia del Museo Inkariy; estos serán los datos para los cálculos de carga térmica y costos, y se detalla en el cuadro siguiente.

Tabla 4

Horarios y Tipos de Visitantes del Museo (Inkariy 2024)

Asistentes	Horario
Estudiantes	De 9 am a 12 pm, por lo general
Turistas y público en general (agencias)	De 2 pm a 5 pm
Máximo de personas	30 personas

Nota: La tabla representa las características del horario y los asistentes que visitan el museo, obtenida de Inkariy (2024).

3.3. Clima en la Ciudad de Calca

La ciudad de Calca el invierno (junio a agosto) se registran temperaturas y humedad bajas, útiles para calcular cargas de calefacción, mientras que en primavera (septiembre a noviembre) las temperaturas elevadas permiten determinar las cargas de enfriamiento.

3.4. Parámetros de Diseño para el Sistema de Climatización

Los principales parámetros estudiados son la temperatura, humedad y velocidad del aire tanto en el interior como en el exterior del museo. Las condiciones exteriores varían según la estación, destacando inviernos fríos y primaveras cálidas (SENAMHI 2023).

3.5. Condiciones confort en el museo

Son recolectadas por autores y normas que recomienda para mantener el museo en estas condiciones.

Características de confort para el museo

Tabla 5

Características psicométricas para el confort del museo

Descripción	Temperatura	Referencia
Salas de exposiciones (museo)	15 – 18 °C	(EM.110 2014a:43)
Temperatura aceptable	15 - 25 °C	(Ajmat and Lombana 2018:4)
Para el publico	21-26 °C	
Temperatura confortable para ambos casos	21°C	
Descripción	Humedad relativa	
Para el museo	40 – 60 %	(ASHRAE 2012:347)
Para el publico	30 a 60%	
HR confortable	50%	
Descripción	Velocidad de aire	
Velocidad de aire (velocidades bajas para personas en reposo)	1.5 – 6 m/s	(ASHRAE 2012:789)
Velocidad confortable	2.54 m/s	(Mundohvacr 2016)

Nota: La tabla representa los parámetros elegidos del confort térmico para el museo, obtenidos de varios autores, como se indica en la tabla.

De acuerdo con el análisis de las recomendaciones de autores y normas las condiciones de confort en museo son: temperatura de 21 °C, humedad relativa de 50% y velocidad de aire 2.54 m/s.

3.6. Condiciones psicométricas del ambiente externo del museo

a. Meses fríos y calurosos de la ciudad de calca

Tabla 6*Meses de análisis de temperatura mínima y máxima*

Condición	Mes	Referencia
Mes más caluroso	Setiembre, octubre y noviembre, diciembre	(Climate Date 2024)
Mes más frío	Junio, Julio y Agosto	(Climate Date 2024) y (MINEDU 2023:16)

Nota: La tabla representa los meses del año con su asignación de meses calurosos o fríos, obtenidos de varios autores, como se indica en la tabla.

Temperatura Máxima para las cargas enfriamiento

Para determinar esta variable de estudio para cargas de enfriamiento (ASHRAE 2021), es necesario hallar el percentil del 99.6 recomendado para la temperatura y humedad relativa por ASHRAE. Los datos serán proporcionados por la institución meteorológica SENAMHI. Se tienen los datos de temperaturas altas registradas de cada mes durante cuatro años, como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 7*Temperatura máxima por la estación Calca (SENAMHI 2023)*

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom. Anual
2018	21.18	21.68	21.59	23.05	23.99	20.45	21.21	21.66	23.92	21.46	23.05	22.87	22.18
2019	22.16	21.34	22.19	23.12	23.79	23.39	22.95	24.08	22.96	23.32	22.11	21.57	22.76
2020	21.59	20.44	22.69	23.71	23.71	23.24	23.98	24.64	23.30	23.43	25.31	21.41	23.12
2021	20.95	21.25	22.15	22.46	22.53	22.87	23.24	24.00	23.30	24.42	22.49	22.01	22.65
Prom.	21.47	21.18	22.16	23.09	23.50	22.48	22.84	23.59	23.37	23.16	23.24	21.97	22.68

Nota: La tabla representa las temperaturas máximas desde el año 2018 hasta 2021, están en grados centígrados (°C), obtenidas de SENAMHI (2023).

Determinando los percentiles de temperatura máxima del 99.6, son 12 (N) datos por año:

Percentil del 99.6 (K) para el año 2018

1. Ordenamos datos de menor a mayor del año 2018

20.45, 21.18, 21.21, 21.46, 21.59, 21.66, 21.68, 22.18, 22.87, 23.05
 23.05, 23.92, 23.99 (°C)

2. Aplicamos la formula

$$P_{T_{99.6}} = \frac{k \cdot N}{100} \quad \text{Posición del percentil.}$$

$k = 99.6$ Número de Posición, k toma valores de 0 a 100.

$N = 12$ Numero de datos.

Reemplazando:

$$P_{T_{99.6_{18}}} = \frac{99.6 \cdot 12}{100} = 11.952 \approx 12$$

$$P_{T_{99.6_{18}}} = 23.99 \text{ °C}$$

Los cálculos se realizan de misma forma, se tiene el siguiente resultado.

Para el año 2019: $P_{T_{99.6_{19}}} = 24.08 \text{ °C}$

Para el año 2020: $P_{T_{99.6_{20}}} = 25.31 \text{ °C}$

Para el año 2021: $P_{T_{99.6_{21}}} = 24.42 \text{ °C}$

Nota: El cálculo del sistema de enfriamiento se realizará considerando una temperatura ambiente máxima de 25.31°C, valor correspondiente al percentil 99.6 del mes de noviembre de 2020.

a) Humedad Relativa Máxima para las cargas de enfriamiento

En la ciudad de Calca, la humedad relativa se considera alta. De manera similar, se procede a determinar el percentil 99.6 de los datos proporcionados por la institución meteorológica (SENAMHI 2023).

Tabla 8

Humedad relativa máxima por la estación Calca (SENAMHI 2023)

													Prom
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Anual
2018	72.28	70.90	72.12	64.72	58.42	62.90	57.46	58.31	53.99	65.42	66.35	64.02	63.94

2019	71.34	75.61	73.68	68.81	62.73	54.86	54.64	47.65	53.17	55.33	64.25	71.04	62.57
2020	73.52	78.95	70.80	67.41	60.28	59.86	53.54	46.54	37.18	42.98	52.00	67.61	60.72
2021	69.91	72.96	69.40	71.71	63.22	59.84	51.19	51.52	50.45	55.67	60.14	67.90	61.95
Prom	71.76	74.60	71.50	68.16	61.16	59.37	54.21	51.00	48.70	54.85	60.68	67.64	62.29

Nota: La imagen representa las unidades de la humedad relativa máxima, que están en porcentajes, obtenidas de SENAMHI (2023).

Determinando los percentiles del 99.6 de la humedad relativa del, son 12 (N) datos por año:

Percentil del 99.6 (K) para el año 2018

1. Ordenamos datos de menor a mayor del año 2018

53.99, 57.46, 58.31, 58.42, 62.90, 64.02, 64.72, 65.42, 66.35
70.90, 72.12, 72.28 (%)

2. Aplicamos la formula

$$P_{H_{99.6}} = \frac{k \cdot N}{100} \quad \text{Posición del percentil.}$$

$k = 99.6$ Número de Posición, k toma valores de 0 a 100.

$N = 12$ Numero de datos.

Reemplazando:

$$P_{T_{99.6_{18}}} = \frac{99.6 * 12}{100} = 11.952 \approx 12$$

$$P_{T_{99.6_{18}}} = 72.28 \%$$

Los cálculos se realizan de misma forma, se tiene el siguiente resultado.

Para el año 2019: $P_{H_{99.6_{19}}} = 75.61 \%$

Para el año 2020: $P_{H_{99.6_{20}}} = 78.95 \%$

Para el año 2021: $P_{H_{99.6_{21}}} = 72.96 \%$

Nota: El cálculo del sistema de enfriamiento se realizará considerando la humedad relativa alta de 78.95 %, valor correspondiente al percentil 99.6 del mes de febrero de 2020.

b) Velocidad del Viento

Se tiene velocidades del viento registrados por la estación metrológica. El promedio anual de velocidad del viento es de 0.498 m/s. El viento predominante en esta área es el proveniente del noroeste (NE) (SENAMHI 2023) y (Bustamente 2022). Para el diseño del sistema de enfriamiento y calefacción usaremos el valor de la velocidad promedio anual de 0.497 metros por segundos. Los datos de la velocidad son los siguientes:

c) Rango diario de temperatura máxima para el exterior del museo

Este rango representa las variaciones de temperatura durante el horario de funcionamiento del museo, de 9:00 a 17:00. Se obtiene de los registros horarios de la NASA, analizando el día con mayor variación. Tras filtrar los datos de todos los años, el 18 de agosto de 2023 presentó la mayor variación, con un rango diario de aproximadamente 9.21, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 9

Rango diario de temperatura del museo de Calca (Nasa 2024)

Año	Mes	Día	Hora	Temperatura (°C)
2023	8	18	9	16.35
2023	8	18	10	19.01
2023	8	18	11	20.87
2023	8	18	12	21.79
2023	8	18	13	21.65
2023	8	18	14	20.55
2023	8	18	15	19.12
2023	8	18	16	16.66
2023	8	18	17	12.58

Nota: La tabla representa el rango diario de temperatura del museo de Calca, obtenido de NASA (2024).

d) Monitoreo de temperaturas en el museo

El 21 de julio de 2024, se realizó el monitoreo de las temperaturas ambiente de los muros interiores colindantes, los pisos debajo del ambiente del museo y la temperatura del ambiente del museo, desde las 9 de la mañana hasta las 5 de la tarde. Además, se midió la temperatura de la superficie del techo del museo, con un termómetro bimetálico.

Tabla 10*Monitoreo de temperaturas en el museo*

Hora	Temperatura en el espacio inferior y los costados del piso del museo (°C)	Temperatura de la superficie del Techo (°C)	Temperatura del ambiente interior del museo (°C)
9:00 a. m.	13.5	37.1	19
10:00 a. m.	14.7	45	22
11:00 a. m.	15.3	47	27
12:00 p. m.	15.6	47.5	28
1:00 p. m.	15.2	48	28.4
2:00 p. m.	15.0	50	29
3:00 p. m.	15.0	48	26
4:00 p. m.	15.0	45	24
5:00 p. m.	15.0	42	22

Nota: La tabla representa el monitoreo de la temperatura del ambiente del museo de Calca, elaboración propia.

e) Parámetros Psicométricos de Diseño de enfriamiento

Se analizaron los parámetros termodinámicos de diseño y, según las indicaciones de las normas, se llegó a las siguientes conclusiones sobre los parámetros de diseño:

Tabla 11*Parámetros psicométricos de diseño Termodinámicos*

Características psicométricas exteriores de ambiente	Valor
Temperatura exterior máxima:	25.31°C
Humedad relativa exterior máxima:	78.95 %
Velocidad de viento promedio anual:	0.498 m/s
Características internas del ambiente del museo	
Temperatura interior:	21°C
Humedad relativa interior:	50%
Velocidad de viento promedio anual:	2.54 m/s
Rango de temperatura de ocho horas:	9°C

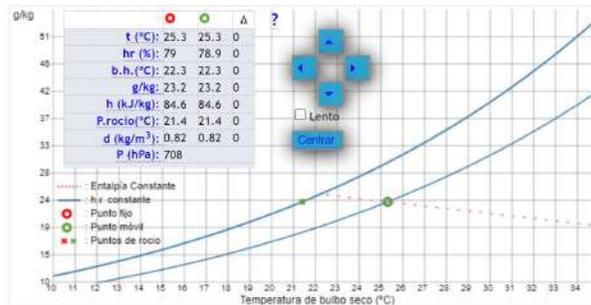
Nota: La tabla representa los parámetros psicométricos de diseño termodinámico para el diseño del sistema de climatización, elaboración propia.

Punto de rocío para las condiciones exteriores de diseño

Con los parámetros termodinámicos exteriores, se puede determinar el punto de rocío y otras características derivadas de ellos, Se puede calcular manualmente con reglas, pero existen softwares en línea que aceleran el cálculo y son exactos. La temperatura exterior es de 25.31 °C, que representa la temperatura máxima de diseño. La altitud del museo de Calca es de 2926 m sobre el nivel del mar. La humedad relativa promedio del exterior es del 78.95 %. Según el diagrama psicrométrico interactivo online, se obtuvo un punto de rocío de 21.4 °C.

Figura 14

Diagrama psicrométrico para las condiciones exteriores de diseño (HeIng 2024)



Nota: La figura representa el diagrama psicrométrico para las condiciones exteriores del diseño del sistema de climatización, obtenido de Herramientas de Ingeniería (2024).

3.8. Parámetros psicrométricos para la carga térmica de calefacción

Para los cálculos de datos psicrométricos de calefacción se recurre a un diagrama de temperatura promedio por hora que se registra en las cuatro estaciones del año según ASHRAE lo hallaremos en la estación de invierno que en hemisferio sur son los meses de junio, julio y agosto, con percentil de 1% para determinar (ASHRAE 2021).

Datos de climatológicos de calefacción: Los últimos datos emitidos por estación meteorológica de NASA para los meses de junio, julio, agosto durante las horas de 9 am hasta las 5 pm, se elige del mes más frío y del mes más bajo de humedad relativa, esto se elige porque el museo funciona en esos horarios, son los siguientes (Nasa 2024).

Figura 15

Temperatura promedio por hora de la Ciudad de Calca (Candia 2023)



Nota: La figura representa la temperatura promedio por hora de la ciudad de Calca del año 2023, obtenida de Candia (2023).

Para la temperatura mínima de calefacción: La temperatura promedio por hora es

$$P_{T_{\min_prom}} = 11.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Para la humedad relativa mínima de calefacción: El percentil de 1% para la humedad relativa, y para la temperatura el promedio, llegando a los siguientes resultados:

Tabla 12

Humedad relativa promedio meses invierno (Candia 2023)

Año	Hora	Humedad Relativa (%)
2023	9	38.12
2023	10	30.44
2023	11	27.31
2023	12	27.06
2023	13	29.19
2023	14	33.06
2023	15	38.62
2023	16	46.62
2023	17	61.75

Nota: La tabla representa la humedad relativa promedio mensual, obteniendo un percentil del 1% de 27.06% para obtención de carga de calefacción, obtenido de Candia (2023)

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS DE LA CARGA TÉRMICA DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

4.1. Estado Situacional del Museo de Calca

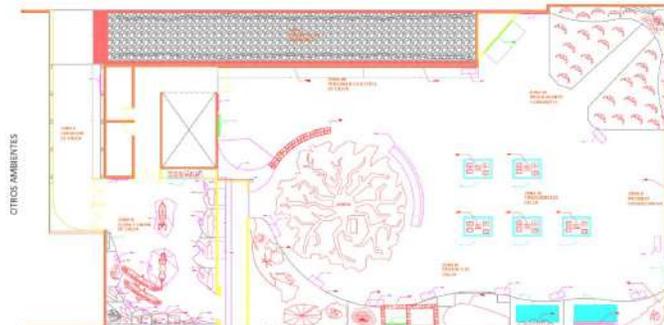
El museo de la ciudad de Calca, ubicado en el segundo piso, alberga réplicas culturales del Valle Sagrado de los Incas. El espacio cuenta con tres paredes exteriores y un techo expuesto, todos construidos con paneles de aluminio, mientras que una pared interna colinda con otras instalaciones.

4.1.1. Plano en planta del Museo de Calca

El museo se ubica en el segundo piso con una are de área de 916.5 m², que costa de una entrada principal y dos puertas de salida, como se observa en los planos.

Figura 16

Plano del museo de Calca y considerando una zona térmica para análisis



Nota: La imagen representa el plano de planta completo con la ubicación de todas las zonas de visualización de piezas del museo, obtenido del Museo de Calca (2017).

4.2. Definiendo Zona Térmica I en ambiente del museo

Las zonas térmicas cuentan presenta las características de la superficie y el volumen de la zona térmica I. Esta zona, destinada a ambientes donde se exhiben réplicas de fibra de vidrio, cuenta con una superficie de 916.5 m² y un volumen total de 4880.3 m³.

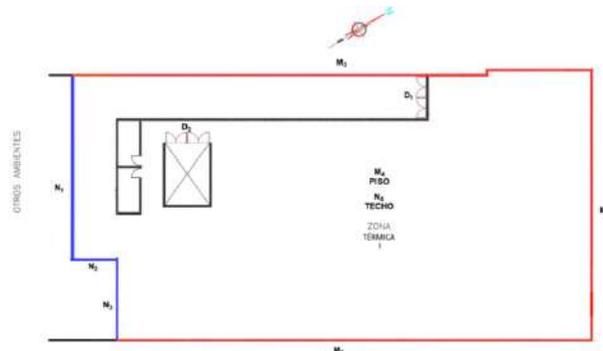
4.3. Conexión de Zona térmica I

La conexión de la zona térmica está compuesta por elementos como son los muros de albañilería interna y el techo, identificados con la letra N de color azul, y los muros externos de concreto armado o derivados de estos, identificados con la letra M de color rojo, y las

puertas identificadas con la letra D de color marrón, los cuales existen en la zona térmica I. Los elementos de la zona térmica deben considerarse geometrías regulares para su fácil compresión y análisis. Las conexiones de los elementos de la zona térmica I se observan en la siguiente imagen.

Figura 17

Conexiones con elementos de la zona térmica I



Nota: La imagen representa la asignación de símbolos de identificación de los elementos de la zona térmica I, así como las modificaciones realizadas en los planos del Museo de Calca (2017).

4.3.1. Paredes exteriores

Se tiene tres paredes exteriores a la cual está expuesto el museo que están compuesto por paneles de aluminio como exterior, después este compuesto por un colchón de aire y como cara interna la combinación de muro de albañilería de ladrillo con altura de 2.55 m en la parte de abajo y encima de ella se encuentra el panel de yeso con alturas oscilantes entre los 1.5 a 5 m, se detalla en siguiente en cuadro.

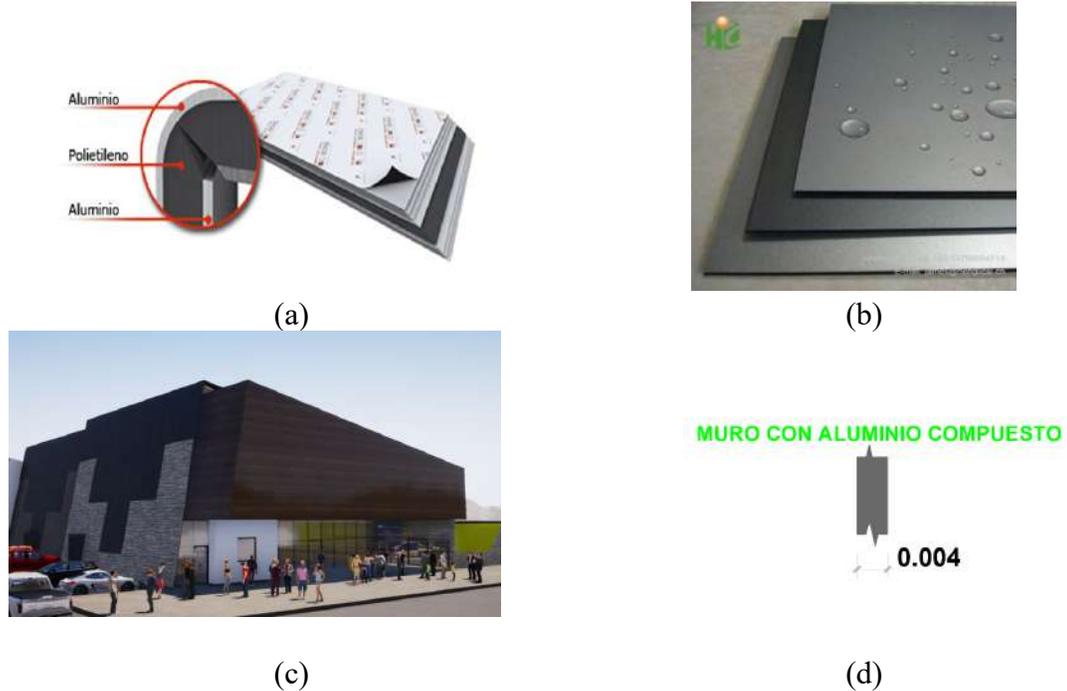
4.3.1. Composición del Edificio

4.3.1.1. Características de la Fachada del Edificio

Techo y Muros con Revestimiento de Panel Compuesto de Aluminio

La construcción del Museo de Interpretación Cultural de la ciudad de Calca, se emplearon paneles compuestos que combinan aluminio, polietileno y elementos tienen un espesor de 4mm. Los paneles se utilizaron tanto para los muros como para el techo del museo (Montano 2024). Los paneles están fijados a la estructura metálica que envuelve todo el edificio. Esta decisión arquitectónica asegura que los paneles sean parte integral de la estructura del museo.

Figura 18
Fachada del Museo de Calca



Nota: Las imágenes representa: (a). Composición del panel de aluminio (Hlcaluminium 2024), (b). Panel compuesto en diferentes presentaciones (Hlcaluminium 2024), (c). Fachada de la instalación de los paneles compuesto de aluminio en todo el contorno del museo y (d). Dimensiones del panel compuesto de aluminio en metros.

4.3.1.1.1. Parámetros Físicos del Panel Compuesto de Aluminio

Estas propiedades físicas serán importantes para realizar los cálculos de carga térmica del museo, se recolectan de fichas del fabricante.

Tabla 13

Característica física de panel compuesto de aluminio

Conductividad térmica	Referencia
0.118626 W/(m·K) o (0.102 kcal/m.hr°C)	(Hlcaluminium 2024)
Masa por área de panel compuesto de aluminio	
5.5 kg/m ² (1.13 lb/ft ²)	(Hlcaluminium 2024)

Nota: La tabla representa las características físicas del panel compuesto de aluminio, obtenidas de Hlcaluminium (2024).

4.3.1.2. Aislamiento Térmico del Techo

El aislamiento del techo será compuesto por manta de vidrio de alta densidad, ubicada debajo del panel de aluminio compuesto, con un espesor de 2 pulgadas y las siguientes características.

Tabla 14

Características físicas del aislamiento del techo

Conductividad térmica	Referencia
0.035 W/(m·K)	(Insyser 2024)
Masa por área de aislamiento	
1.2192 kg/m ²	(Insyser 2024)

Nota: La tabla representa las características físicas del aislamiento del techo, obtenidas de Insyser (2024).

4.3.1.3. Falso Techo Suspendido

El techo suspendido ubicado debajo del techo principal. Está compuesto de cemento Portland y fibrocemento con acabados de diferentes colores con espesor de 5 milímetros. Su función es ocultar algunas instalaciones como eléctricas, tuberías, ductos y otras. Presenta las siguientes características:

Tabla 15

Características físicas de falso techo suspendido

Conductividad térmica	Fuente
0.3 W/(m·K)	
Masa por área de aislamiento	(Gdt 2020)
6.79 kg/m ²	

Nota: La tabla representa las características físicas del falso techo suspendido, obtenidas de Gdt (2020).

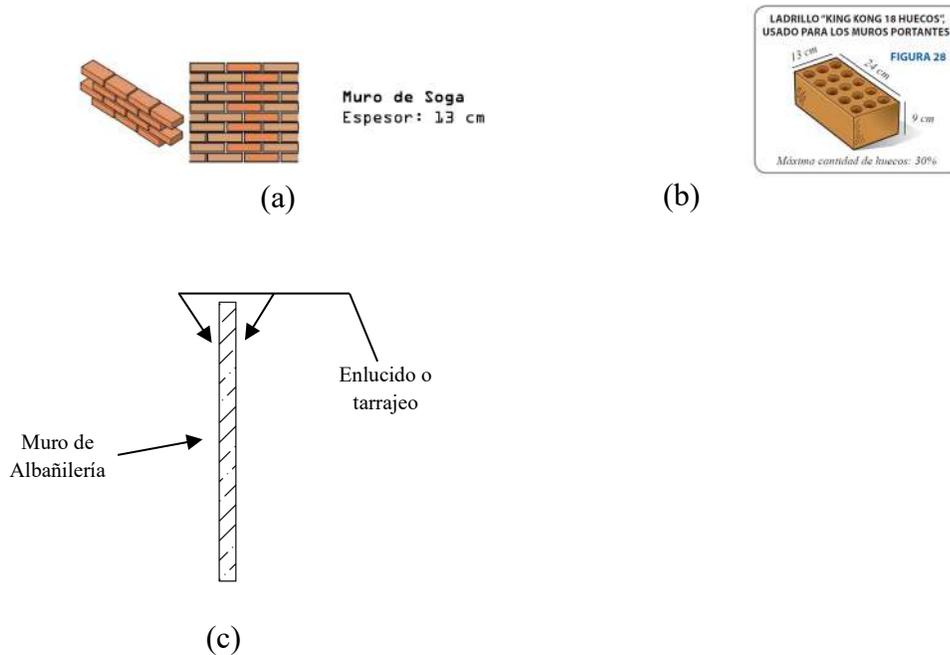
4.3.1.4. Muro de Albañilería Simple

Las divisiones interiores del museo con otros ambientes están construidas con ladrillo, con una altura de 2.55 metros en todo el contorno. Este muro consiste en muros tabiques. La colocación de los ladrillos se realiza utilizando el método de soga, con un espesor de 13 cm y una junta de 1 a 1.5 cm. Posteriormente, se aplica una capa de tarrajeo de

aproximadamente 1 a 1.5 cm de grosor. Para la construcción del museo, se han utilizado ladrillos King Kong de 18 huecos con dimensiones de 9x13x24cm (Figuroa 2024).

Figura 19

Características del Muro colocado alrededor del museo



Nota: Las imágenes representan: (a) Muro tipo soga (Acerosarequipa 2020), (b) Ladrillo King Kong de 18 huecos (Acerosarequipa 2020), (c) Muro tipo soga con mortero y ladrillo.

4.3.1.4.1. Parámetros Físicos del Muro de Albañilería

Se tomarán los parámetros de la Normativa EM.110 para determinar los parámetros de transferencia de calor. En este caso, se trata de un muro tipo soga con un ancho de 13 cm y espesores de tarrajeo de 1.5 cm en un lado, el que da al museo. El tarrajeo está compuesto por mortero de cemento y arena.

Tabla 16

Características físicas de muro de albañilería

Norma	Conductividad térmica de	
	ladrillo King Kong de 18 huecos	Referencia
EM.110	0.47 W/m.°C	(EM.110 2014b)

Conductividad térmica mortero de cemento y arena (enlucido o tarrajeo)

EM.110 1.40 W/m.°C (EM.110 2014a:40)

Muro de ladrillo

0.91 W/m.°C (Cuitiño et al., 2015)

Masa por área de un muro de ladrillo tipo sogá

285 kg/m² (58.37 lb/ft²) (Pablo 2024:4)

Peso de Tarrajeo en muros

26.66 kg/m² (SikaWall 2017)

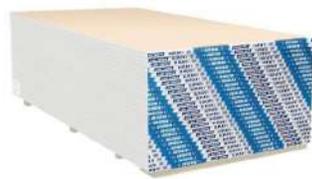
Nota: La tabla representa las características físicas del muro de albañilería, obtenidas de diferentes autores, como se observa en la tabla.

4.3.1.5. Panel de Yeso Regular

En el interior del museo se encuentra ubicado un muro de albañería de 2.55 metros y encima de ella se encuentra el panel de yeso que tienen medidas de 1.5 a 5 metros de altura, estas llegan hasta el cielo raso, así mismo el techo se encuentra también cubierto en la parte interior con este material. Las medidas de panel de yeso regular son de 1.22m x 2.44m x 9.4mm y es de color de blanco con un peso 17.4 kg (Plfm 2024).

Figura 20

Panel de yeso regular colocado al interior del del museo y en techo raso.



(a)



(b)

Nota: Las imágenes representan: (a). Lote de panel de yeso regular (Homedepot 2024) y (b). Unidad de panel de yeso (Homedepot 2024).

4.3.1.5.1. Parámetros Físicos del Panel de Yeso Regular

Se tomarán los parámetros de fabricantes de este material de construcción para determinar los parámetros de transferencia de calor. En este caso, se trata de un panel de las siguientes dimensiones 1.22m x 2.44m x 9.4mm (Plfm 2024).

Tabla 17

Característica física de panel de yeso

Norma	Conductividad térmica de panel de yeso	Referencia
EM.110	0.33 W/m.°C Masa por área de panel de yeso 5.86 kg/m ² (1.2 lb/ft ²)	(Plfm 2024:2)

Nota: La tabla representa las características físicas del panel de yeso, obtenidas de Plfm (2024, p. 2).

4.3.1.6. Acero Estructural del Museo

El acero estructural forma parte de las paredes y el techo del museo para los siguientes elementos estructurales: tijerales, vigas, columnas y correas. Las correas se encuentran en todas las paredes y el techo para rigidizar la estructura y además anclar los paneles compuestos que conforman la envolvente de toda la estructura del museo.

Figura 21

Acero estructural en las instalaciones del museo



(b)



(c)

Nota: Las imágenes representan: (a) y (b) la ubicación y distribución de la estructura metálica en el interior y paredes del museo, obtenidas del recinto del museo de Calca.

Tabla 18

Característica física de la estructura metálica del techo (Mpc 2017)

Material de construcción	Peso	Fuente
Correa metálica	6.5kg/m ² (1.3313 lb/ft ²)	(Mpc 2017)

Peso de los elementos estructurales del techo	30 kg/m ²	(Mpc, 2017)
--	----------------------	-------------

Nota: La tabla representa las características físicas de la estructura metálica del techo, obtenidas de Mpc (2017).

4.3.1.7. Piso Compuesto por una Losa Aligerada

El museo de la ciudad de Calca tiene una losa aligerada con un peralte de 0.25 m y está compuesto con viguetas tipo t invertida de concreto de una densidad de 2400.00 kg/m³ (Mpc 2017).

Tabla 19

Características termodinámicas de concreto (Huaman and Sanchez 2020:19).

Densidad seca al horno	Conductividad térmica k	
	lb/ft ³ (kg/m ³)	Btu/h.ft ² .(°F/in.)
50 (800)	1.3	0.2
65 (1080)	2.1	0.3
80 (1280)	2.8	0.4
95 (1520)	4	0.57
110 (1760)	5.4	0.77

Nota: La tabla representa las características termodinámicas del concreto, obtenidas de Huaman y Sánchez (2020, p. 19).

4.3.1.8. Uso de Tecnopor en la Losa Aligerada

La losa aligerada usa tecnopor para su construcción. Las dimensiones del tecnopor son 0.20 metros de ancho, 0.30 metros de alto y 3.00 metros de largo. El tecnopor se encuentra junto al concreto utilizado para viguetas tipo t invertida de concreto.

Tabla 20

Características termodinámicas de Tecnopor

Material	Conductividad térmica k	Fuente
Tecnopor (Poliestireno expandido)	0.037 W/mK	(Rhonatherm 2024a:1)

Nota: La tabla representa las características termodinámicas del Tecnopor, obtenidas de Rhonatherm (2024a, p. 1).

4.3.1.9. Cerámica para el Piso

El piso está revestido con cerámica cementina de color gris mate, con un tamaño de 59.7 cm x 59.7 cm. Cada pieza de cerámica tiene un espesor de 1 cm y la superficie total cubierta es de 1.6 m² (Sodimac 2024).

Tabla 21

Características físicas de la cerámica de piso.

Material	Conductividad térmica k	Fuente
Cerámica cementina de color gris mate	1.3 W/mK	(Cteweb 2007:1)

Nota: La tabla representa las características físicas de la cerámica de piso, obtenidas de Cteweb (2007, p. 1).

4.4. Cargas de enfriamiento

4.4.1. Determinación mediante Método Carrier

Para determinación del día de mayor aportación solar para el museo de las paredes y techos del museo expuestas a radiación solar, se debe conocer la orientación de las paredes y multiplicar con los factores de corrección, usando la tabla de Carrier y se interpola para las 13.32° Latitud Sur que se encuentra el museo. Se suma los valores de las paredes y techos expuestos a radiación solar del museo.

Interpolación para la 13.32° Latitud Sur.

Tabla 22

*Interpolación de las máximas aportaciones solares a través de cristal sencillo en función de la latitud y multiplicación por un factor correspondiente al mes de diciembre (kcal / hr*m²)*

Mes	Latitud Sur									Total, de aportación
	13.32	Factor								
Diciembre	102.1	444.0	454.0	176.8	40.7	176.8	454.0	444.0	711.9	1509.6
Nov. y Enero	71.0	392.0	432.6	195.9	38.0	195.9	432.6	392.0	672.7	1456.6

Oct. y										
Febrero	33.0	341.4	443.7	271.3	48.6	271.3	443.7	341.4	675.0	1558.9
Sept. y										
Marzo	27.0	264.4	443.3	355.6	108.5	355.6	443.3	264.4	656.4	1632.0
Agosto y										
Abril	26.0	166.4	412.7	413.6	232.2	413.6	412.7	166.4	603.4	1597.1
Julio y Mayo	23.0	90.0	373.7	438.7	318.5	329.8	373.7	90.0	542.1	1400.6
Junio	23.0	66.0	356.7	445.3	350.6	445.3	356.7	66.0	518.4	1475.1
Exposición	S	SE	E	NE	N	NO	O	SO	Horiz.	

Nota: La tabla representa los días de máxima aportación solar, donde los meses de marzo y septiembre tienen la mayor aportación solar, con respecto a la interpolación a la latitud del museo y un aumento del 7% en diciembre, modificado de Carrier (1980).

Pesos de la paredes y techos del museo

El peso de las paredes se expresa como el peso de pared por m² de pared, o también como la multiplicación del peso específico por el espesor. Esto depende de los datos obtenidos de las características físicas.

Peso del muro M1

Este muro M1 está compuesto por un muro de ladrillo. El tarrajeo se realizó solo en una cara, la que da al museo. Encima del muro, se encuentra una pared falsa compuesta de panel de yeso. En la parte externa, todo cubierto por un panel de aluminio amarrado a correas metálicas. Sus pesos por metro cuadrado se observan en siguientes apuntes.

$$P_{m_ldr} = 285 \frac{kg}{m^2}, P_{p_yeso} = 5.86 \frac{kg}{m^2}, P_{alc} = 5.5 \frac{kg}{m^2}$$

$$P_{corrmet} = 6.5 \frac{kg}{m^2}, P_{tarraj} = 26.66 \frac{kg}{m^2}$$

$$P_{M1} = P_{m_ldr} + P_{p_yeso} + P_{alc} + P_{corrmet} + P_{tarraj} P_{M1} = 285 + 5.86 + 5.5 + 6.5 + 26.66 = 329.52 \frac{kg}{m^2}$$

Peso del muro M2 y M3

Los muros M2 y M3 tienen las mismas características. Están compuestos por muros de ladrillo, tarrajados en el lado que da al museo. Están cubiertos por paneles de aluminio amarrados a correas metálicas. Todo esto se observa en siguiente recuento.

$$P_{m_ldr} = 285 \frac{kg}{m^2}, P_{alc} = 5.5 \frac{kg}{m^2}, P_{corrmet} = 6.5 \frac{kg}{m^2}, P_{tarrj} = 26.66 \frac{kg}{m^2}$$

$$P_{M_2_3} = P_{m_ldr} + P_{alc} + P_{corrmet} + P_{tarrj} P_{M_2_3} = 285 + 5.5 + 6.5 + 26.66 = 324.02 \frac{kg}{m^2}$$

Peso de piso (M4)

El piso consta de una losa aligerada. La parte externa está tarrajada y la parte interna tiene un acabado, como se aprecia en los siguientes cálculos. Se suman el peso de la losa aligerada de 0.25 m, tarrajeo y los acabados que tiene. Todos estos datos se obtienen de la información brindada por la institución (Mpc, 2017).

$$P_{M4} = P_{Losa} + P_{acabado} + P_{Tarrj} = 350 + 170 + 26.66 \left(\frac{kg}{m^2} \right) = 546.66 \frac{kg}{m^2}$$

Peso de del techo (N4)

El peso del techo está compuesto por una estructura metálica que incluye correas y tijerales metálicos, envueltos en aluminio compuesto. En la parte interna, contará con aislamiento térmico mediante manta de vidrio de alta densidad y, además, cuenta con un falso techo suspendido.

$$P_{str_mt} = 30 \frac{kg}{m^2} \text{ Es el peso aproximado de la estructura del techo (Mpc, 2017).}$$

$$P_{alc} = 5.5 \frac{kg}{m^2} \text{ Peso del aluminio compuesto. } P_{asl_term} = 1.22 \frac{kg}{m^2} \text{ Peso del aislamiento}$$

$$\text{térmico para el techo. } P_{fls_tech} = 6.79 \frac{kg}{m^2} \text{ Peso del falso techo.}$$

$$P_{N4} = P_{str_mt} + P_{alc} + P_{asl_term} + P_{fls_tech} \left(\frac{kg}{m^2} \right) = 37.94 \frac{kg}{m^2}$$

Peso de todos los muros interiores (N 1_2_3)

Los muros interiores están compuestos por muros de ladrillo de construcción tipo sogá, enlucidos a ambos lados.

$$P_{m_ldr} = 285 \frac{kg}{m^2}, P_{tarrj_1} = 26.66 \frac{kg}{m^2}, P_{tarrj_2} = 26.66 \frac{kg}{m^2}$$

$$P_{N_10203} = P_{m_ldr} + P_{tarrj_1} + P_{tarrj_2} P_{N_10203} = 285 + 26.66 + 26.66 = 338.32 \frac{kg}{m^2}$$

4.5. Ganancia de carga enfriamiento de la pared y techo del museo

4.5.1. Ganancia de carga enfriamiento de pared M1

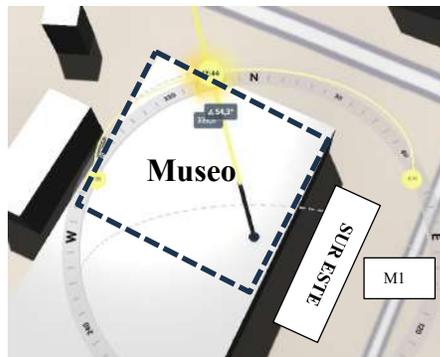
4.5.1.1. Coeficiente de transferencia global para muro 1 (M1)

a) Características de exposición solar del muro 1

La ubicación de la pared M1 del Museo de Calca se encuentra al se encuentra en Sur. Este como se observa en la imagen.

Figura 22

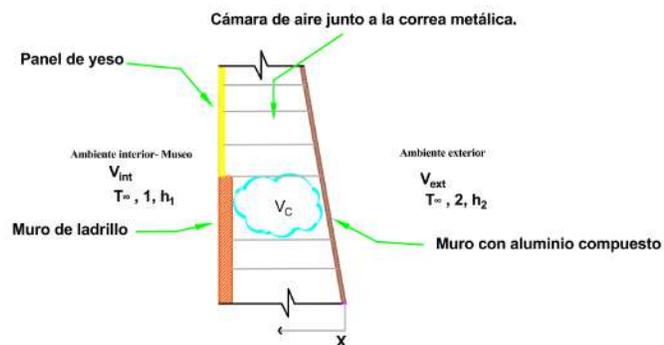
Ubicación del M1 con respecto los puntos cardinales (Shadowmap 2024).



Nota: La imagen representa la ubicación del M1 con respecto a los puntos cardinales (sur este), modificado de Shadowmap (2024).

Figura 23

Composición del muro 1 (M1)



Nota: La figura representa la composición del muro 1 y, con respecto a la correa metálica, la transferencia de calor se considera un factor de metal designado por Carrier, elaboración propia.

b) Condiciones de geométricas y físicas del M1

$$v_{int} = 2.54 \frac{m}{s}; (\text{Velocidad interior en el museo}); v_{ext} = 0.498 \frac{m}{s}; (\text{Velocidad exterior del museo})$$

$$e_{p_yeso} = 0.0094 m; (\text{Espesor del panel de yeso}); e_{m_ldr} = 0.13 m; (\text{Ancho de muro})$$

$$e_{tanj} = 0.015 m; (\text{Espesor del enlucido}); e_{alc} = 0.004 m; (\text{Ancho de aluminio compuesto})$$

c) Coeficiente de transferencia de calor del muro 1

$$h_{int} = 5.7 + 3.8 * v_{int} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right) \quad \text{Coeficiente de transferencia calor en el interior del museo.}$$

$$h_{int} = 5.7 + 3.8 * 2.54 = 15.35 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$h_{ext} = 7.2 + 4.2 * v_{ext} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right) \quad \text{Coeficiente de transferencia calor en el exterior del museo.}$$

$$h_{ext} = 7.2 + 4.2 * 0.498 = 9.29 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$h_{cma} = 7.4953 \frac{W}{m^2 \cdot K} \quad \text{Es el coeficiente de convección para aire quieto con$$

pendiente próximo de 45° y flujo de calor hacia abajo, considerado para las dos camas de aire.

d) Conductividad térmica del muro 1

$$k_{m_ldr} = 0.91 \frac{W}{mK} \quad \text{De muro de albañilería de ladrillo. } k_{tanj} = 1.40 \frac{W}{mK} \quad \text{Del$$

$$\text{enlucido al muro de albañilería. } k_{alc} = 0.118626 \frac{W}{mK} \quad \text{De panel de aluminio$$

$$\text{compuesto. } k_{p_yeso} = 0.33 \frac{W}{mK} \quad \text{Del panel de yeso.}$$

e) Resistencia térmica del M1

$$R_{int} = \frac{1}{h_{int}} = \frac{1}{15.35} = 0.0651 \frac{m^2 K}{W} \quad \text{En interior del museo.}$$

$$R_{\text{ext}} = \frac{1}{h_{\text{ext}}} = \frac{1}{9.29} = 0.1076 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \quad \text{En exterior del museo.}$$

$$R_{\text{cma}} = \frac{1}{h_{\text{cma}}} = \frac{1}{7.4953} = 0.1334 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \quad \text{Interior del muro}$$

$$R_{\text{m_ldr}} = \frac{e_{\text{m_ldr}}}{k_{\text{m_ldr}}} = \frac{0.13}{0.91} = 0.1429 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \quad \text{Del muro de ladrillo}$$

$$R_{\text{tarrj}} = \frac{e_{\text{tarrj}}}{k_{\text{tarrj}}} = \frac{0.015}{1.4} = 0.0107 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \quad \text{Del tarrajeo en muro de ladrillo}$$

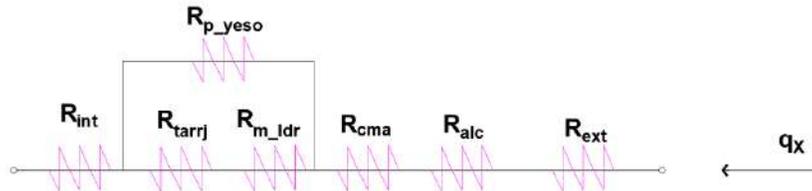
$$R_{\text{alc}} = \frac{e_{\text{alc}}}{k_{\text{alc}}} = \frac{0.004}{0.118626} = 0.0337 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \quad \text{Del aluminio compuesto}$$

$$R_{\text{p_yeso}} = \frac{e_{\text{p_yeso}}}{k_{\text{p_yeso}}} = \frac{0.0094}{0.33} = 0.0285 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \quad \text{De panel de yeso}$$

f) Resistencia térmica total del muro 1

Figura 24

Redes de resistencia térmica del muro 1 (M1)



Nota: La imagen representa las redes de resistencia térmica del muro M1, elaboración propia.

$$R_{\text{total_M1}} = R_{\text{int}} + \frac{(R_{\text{m_ldr}} + R_{\text{tarrj}}) * R_{\text{p_yeso}}}{R_{\text{m_ldr}} + R_{\text{tarrj}} + R_{\text{p_yeso}}} + R_{\text{cma}} + R_{\text{alc}} + R_{\text{ext}} \left(\frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \right)$$

$$R_{\text{total_M1}} = 0.0651 + \frac{(0.1429 + 0.0107) * 0.0285}{(0.1429 + 0.0107 + 0.0285)} + 0.1334 + 0.0337 + 0.1076 \left(\frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \right)$$

$$R_{\text{total_M1}} = 0.364 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

g) Coeficiente de transferencia global de M1

$$U_{\text{M1}} = \frac{1}{R_{\text{total_M1}}} = \frac{1}{0.364} = 2.747 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

Factor de conversión a $\frac{\text{Kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$ multiplicar por 0.8598

$$U_{M1} = 2.747 \cdot 0.8598 = 2.36 \frac{\text{Kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

Conversión de $\frac{\text{Kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$ a $\frac{\text{BTU}}{\text{hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}}$ multiplicar por el factor 0.2048

$$U_{M1} = 0.2048 \cdot 2.36 = 0.483 \frac{\text{BTU}}{\text{hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}}$$

h) Temperatura equivalente para el muro M1 expuesto al sureste

Mediante esta fórmula se determina la temperatura equivalente. Esta depende de varios factores: atmósfera, colores de paredes, entre otros.

$$\Delta T_{\text{Equiv}} = a + \Delta T_{\text{es}} + b \times \frac{R_s}{R_m} \times (\Delta T_{\text{em}} - \Delta T_{\text{es}}) [^\circ\text{C}]$$

También se puede expresar de la siguiente manera: asignando variables a algunos valores, como X1 y X2.

$$\Delta T_{\text{equiv}} = a + (X_1 \times \Delta T_{\text{es}}) + (X_2 \times \Delta T_{\text{em}}) [^\circ\text{C}]$$

Valores de X1 y X2 son: $X_2 = \frac{b \times R_s}{R_m}$ y $X_1 = 1 - X_2$

Coefficiente del color de las paredes del museo. Los valores son los siguientes: coeficiente del color de la cara exterior de las paredes (Claro = 0.5; Medio = 0.78; Oscuro = 1). La pared está compuesta por un panel oscuro en un 90% y Natural Linen en un 10%. $b = 0.85$
El valor de R_s es la multiplicación de varios factores que tienen en cuenta las condiciones de las paredes del museo por la máxima aportación solar con respecto al lugar y a la exposición de la pared.

$$R_s = (\text{Max. Aport. Solar}) \times (\text{Fact. Atm}) \times (\text{Fact. Altitud}) \times (\text{Fact. Pto Rocío}) \\ \times (\text{Fact. Mrco.Metalico}) \left[\frac{\text{Kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2} \right]$$

La máxima aportación solar se obtiene de la **tabla 103**, ubicando la latitud del museo, con la exposición solar de pared del museo en este caso es SUR ESTE, donde la mayor aportación solar se registra en los meses marzo-septiembre.

$$\text{Máxima Aportación Solar M1 S-E} = 264.392 \frac{\text{Kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2}$$

Factor de Atmosfera =1 En Calca no se encuentra polvos en suspensión o relacionado a ello.

Es el factor de altitud por cada 300m aumentar el 7%, el museo de Calca está a una altitud de 2926 m.s.n.m.

$$\text{Factor por Altitud} = \left(1 + \left(\frac{0.7}{100} \right) * \left(\frac{\text{Altitud}}{300} \right) \right) = \left(1 + \left(\frac{0.7}{100} \right) * \left(\frac{2926}{300} \right) \right) = 1.068$$

Según el enunciado, si el punto de rocío es superior a 19,5°C, el factor se reduce en un 5% por cada 4°C. Si el punto de rocío es inferior a 19,5°C, el factor aumenta en un 5% por cada 4°C. En el caso del museo, el punto de rocío es de 21.4 °C, que es superior a 19,5°C, por lo que el factor se reduce en un 5% por cada 4°C.

$$\text{Factor por Punto de Rocío} = 1 + \left(\frac{5}{100} \right) \times \left(\frac{19.5 - \text{P. Rocío}}{4} \right) = 1 + \left(\frac{5}{100} \right) \times \left(\frac{19.5 - 21.4}{4} \right) = 0.976$$

Factor de Marco Metalico = 1.17 El factor de marco metálico se obtiene de las tablas de Carrier o las tablas convertidas de la Escuela de Refrigeración del Perú.

Remplazando todos los datos para obtener Rs:

$$R_s = (264.392) \times (1) \times (1.068) \times (1.44) \times (0.976) = 396.855 \frac{\text{Kcal}}{\text{h} \times \text{m}^2}$$

El valor de Rm se extrae de la **tabla 102**, considerando una Latitud NORTE de 40°, durante el mes de JULIO. Se tiene en cuenta la orientación de la pared del museo, que en este ejemplo es SUR ESTE. Es importante destacar que, para obtener los valores correctos, siempre se debe acceder a la tabla utilizando la Latitud sur. $R_{MI} = 344 \frac{\text{Kcal}}{\text{h} \times \text{m}^2}$

$$X_2 = \frac{b \times R_s}{R_{MI}} \quad \text{y} \quad X_1 = 1 - X_2; \quad X_2 = \frac{0.85 \times 396.855}{344} = 0.9806, \quad X_1 = 1 - 0.9806 = 0.0194$$

Temperatura exterior máxima registrada de 25.31°C y temperatura de diseño interior del museo es de 21°C.

$$\Delta T = \text{Tem Ext} - \text{Temp. Interior. Museo} = 25.31 - 21 = 4.31 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La variación por el tiempo de funcionamiento del museo consta de 8 horas teniendo una variación de temperatura de 9°C. $\Delta T_{8 \text{ horas}} = 9^\circ\text{C}$

Para encontrar el valor de **corrección de las diferencias equivalentes de temperatura (a)**, se recurre con variación de temperatura en con relación de las horas de funcionamiento ($\Delta T_{8 \text{ horas}}$) y la variación de temperatura exterior y el interior del museo (ΔT). $a = f(\Delta T; \Delta T_{8 \text{ horas}}) = f(4.31; 9) = -2.91$

Reemplazando, se tiene la siguiente ecuación:

Donde ΔT_{es} es la diferencia de temperaturas para muros en sombra que es el único que está ubicado al sur, a latitud sur, y ΔT_{em} es la diferencia de temperaturas para muros soleados, esto depende de la exposición del muro y peso del muro en metros cuadrados, se obtendrá interpolando las tablas de Carrier para las 24 horas de carga térmica, esto datos lo obtenemos de **tabla 107**.

$$\Delta T_{equiv} = a + (X_1 \times \Delta T_{es}) + (X_2 \times \Delta T_{em}) \text{ [}^\circ\text{C]}; \Delta T_{es} \text{ y } \Delta T_{em} \text{ depende de}$$

$$P_{M1} = 329.52 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot \Delta T_{equiv} = -2.91 + (0.0194 \times \Delta T_{es}) + (0.9806 \times \Delta T_{em}) \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Ejemplo de los valores hallados para ΔT_{es} y ΔT_{em} y la máxima ganancia de carga térmica del muro según la interpolación es a las 10 Am.

Donde los valores son para esa hora son:

$$\Delta T_{es} = -0.94 \text{ }^\circ\text{C}, \Delta T_{em} = 11.66 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Reemplazando: } \Delta T_{equiv} = -2.91 - (0.0194 \times 0.94) + (0.9806 \times 11.66) = 8.505 \text{ }^\circ\text{C}$$

La ganancia máxima ganancia carga enfriamiento del muro M1 es al medio día, como se observa en los siguientes cálculos:

$$\text{Datos: } A_{M1} = 304.92 \text{ m}^2, U_{M1} = 2.36 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C}}$$

Hallando la carga del muro M1 a las 10am.

$$Q_{M1_{10 \text{ AM}}} = U_{M1} \cdot A_{M1} \cdot \Delta T_{equiv} \quad Q_{M1_{10 \text{ AM}}} = 2.36 \cdot 304.92 \cdot 8.505 = 6120.29 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

Se tiene un resumen de carga térmica del muro durante las 24 horas, se muestra en siguiente tabla.

Tabla 23*Resumen ganancia de carga enfriamiento de pared M1*

Hora	ΔT_{em} (°C)	ΔT_{es} (°C)	ΔT_{equiv} (°C)	Q (Kcal/hr)
1	2.45	1.19	-0.48	-347.98
2	1.42	0.68	-1.5	-1079.26
3	0.91	0.16	-2.01	-1447.35
4	0.41	-0.26	-2.51	-1806.12
5	-0.01	-0.86	-2.94	-2115.25
6	-0.1	-1.38	-3.04	-2184.88
7	-0.69	-1.38	-3.61	-2597.85
8	-0.61	-1.88	-3.55	-2552.76
9	2.71	-1.45	-0.28	-200.97
10	11.66	-0.94	8.51	6121.89
11	11.21	-0.43	8.08	5811.09
12	10.78	0	7.66	5509.52
13	8.3	1.52	5.26	3784.09
14	5.84	2.98	2.87	2068.1
15	6.19	4	3.24	2328.76
16	6.52	5.01	3.58	2578.79
17	7.04	5.61	4.1	2950.41
18	7.64	6.12	4.7	3380.94
19	7.13	6.12	4.2	3020.04
20	6.7	6.36	3.78	2722.59
21	6.1	5.26	3.17	2283.89
22	5.5	4.24	2.57	1846.17
23	4.49	3.23	1.55	1118.33
24	3.46	2.2	0.53	379.86

Nota: La tabla representa un resumen de la ganancia de carga de enfriamiento de la pared M1 en 24 horas, elaboración propia.

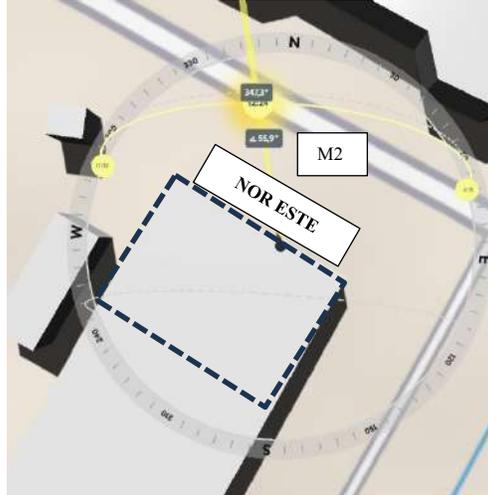
4.5.2. Ganancia de carga de enfriamiento de pared 2 (M2)

a) Características de exposición solar del muro 2

La pared M2 se encuentra con exposición de radiación solar al Noreste, como se observa en la figura siguiente.

Figura 25

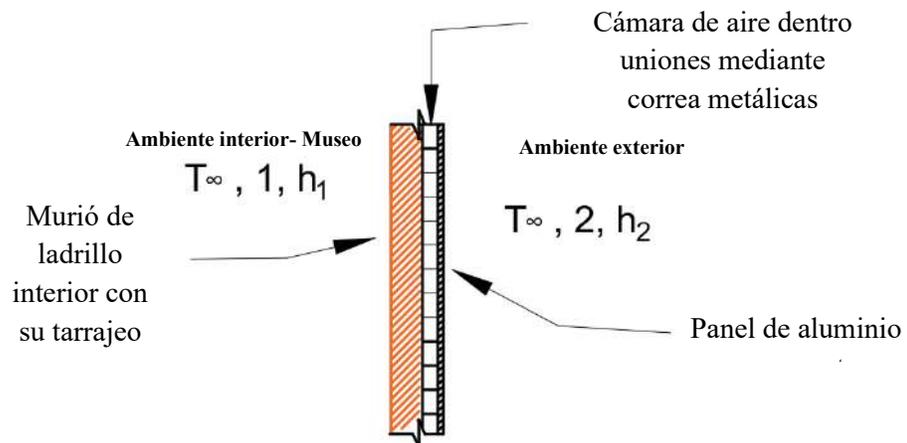
Ubicación del M2 con respecto los puntos cardinales (Shadowmap 2024)



Nota: La imagen representa ubicación del M2 con respecto los puntos cardinales (NOR ESTE), modificado de Shadowmap (2024).

Figura 26

Composición geométrica del muro 2 (M2)



Nota: La figura representa la composición del muro 2 y, con respecto a a la correa metálica la transferencia de calor se considera un factor de metal designado por Carrier, elaboración propia.

b) Condiciones de geométricas y físicas del M2

$$v_{int} = 2.54 \frac{m}{s}, v_{ext} = 0.498 \frac{m}{s}, e_{m_ladr} = 0.13m, e_{tarj} = 0.015m, e_{alc} = 0.004m$$

c) Coeficiente de transferencia de calor del muro 2

$$h_{int} = 15.35 \frac{W}{m^2 \cdot K}, h_{ext} = 9.29 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$h_{cma} = 7.4953 \frac{W}{m^2 \cdot K} \text{ (convección: aire quieto, } 45^\circ, \text{ flujo hacia abajo)}$$

d) Conductividad térmica del muro 2

$$k_{m_ldr} = 0.91 \frac{W}{m \cdot K} \text{ (muro ladrillo)}, k_{alc} = 0.118626 \frac{W}{m \cdot K} \text{ (panel aluminio)}$$

$$k_{tarj} = 1.40 \frac{W}{m \cdot K} \text{ (enlucido)}$$

e) Resistencia térmica del muro 2

$$R_{int} = \frac{1}{h_{int}} = \frac{1}{15.35} = 0.0651 \left(\frac{m^2 K}{W} \right), R_{ext} = \frac{1}{h_{ext}} = \frac{1}{9.29} = 0.1076 \left(\frac{m^2 K}{W} \right), R_{cma} = \frac{1}{h_{cma}} = \frac{1}{7.4953} = 0.1334 \left(\frac{m^2 K}{W} \right)$$

$$R_{m_ldr} = \frac{e_{m_ldr}}{k_{m_ldr}} = \frac{0.13}{0.91} = 0.1429 \left(\frac{m^2 K}{W} \right), R_{tarj} = \frac{e_{tarj}}{k_{tarj}} = \frac{0.015}{1.4} = 0.0107 \left(\frac{m^2 K}{W} \right)$$

$$R_{alc} = \frac{e_{alc}}{k_{alc}} = \frac{0.004}{0.118626} = 0.0337 \left(\frac{m^2 K}{W} \right)$$

f) Resistencia térmica total del muro 1

Figura 27

Redes de resistencia térmica del muro 2 (M2)



Nota: La imagen representa la composición de las redes de resistencia térmica del muro 2 (M2), elaboración propia.

$$R_{total_M2} = R_{int} + R_{tarj} + R_{m_ldr} + R_{cma} + R_{alc} + R_{ext} \left(\frac{m^2 K}{W} \right)$$

$$R_{total_m2} = 0.0651 + 0.0107 + 0.1429 + 0.1334 + 0.0337 + 0.1076 = 0.4935 \frac{m^2 K}{W}$$

g) Coeficiente de transferencia global de M2

$$U_{M2} = \frac{1}{R_{total_M2}} \left(\frac{W}{m^2 K} \right)$$

$$U_{M2} = \frac{1}{0.4935} = 2.026 \frac{W}{m^2K}$$

Factor de conversión a $\frac{Kcal}{h * m^2 * ^\circ C}$ multiplicar por 0.8598

$$U_{M2} = 2.026 * 0.8598 = 1.74 \frac{Kcal}{h * m^2 * ^\circ C}$$

i) Temperatura equivalente para el muro M2 expuesto al Noreste

Mediante esta fórmula se determina la temperatura equivalente. Esta depende de varios factores: atmósfera, colores de paredes, entre otros.

$$\Delta T_{Equiv} = a + \Delta T_{es} + b \times \frac{R_s}{R_m} \times (\Delta T_{em} - \Delta T_{es}) [^\circ C], \text{ También se puede expresar de la}$$

siguiente manera: asignando variables a algunos valores, como X1 y X2.

$$\Delta T_{equiv} = a + (X_1 \times \Delta T_{es}) + (X_2 \times \Delta T_{em}) [^\circ C]$$

Valores de X1 y X2 son: $X_2 = \frac{b \times R_s}{R_m}$ y $X_1 = 1 - X_2$

Coeficiente del color de las paredes del museo. Los valores son los siguientes:

coeficiente del color de la cara exterior de las paredes (Claro = 0.5; Medio = 0.78;

Oscuro = 1). La pared está compuesta por un panel oscuro en un 100%. $b = 1$

El valor de Rs es la multiplicación de varios factores que tienen en cuenta las condiciones de las paredes del museo por la máxima aportación solar con respecto al lugar y a la exposición de la pared.

$$R_s = (\text{Max. Aport. Solar}) \times (\text{Fact. Atm}) \times (\text{Fact. Altitud}) \times (\text{Fact. Pto Rocío})$$

$$\times (\text{Fact. Mrco.Metalico}) \left[\frac{Kcal}{h \times m^2} \right]$$

La máxima aportación solar, se obtiene de la **tabla 103**, ubicando la latitud del museo, con la exposición solar de pared del museo en este caso es NOR ESTE, donde la mayor aportación solar se registra en los meses marzo-septiembre.

$$\text{Máxima Aportación Solar M2 N-E} = 355.62 \frac{Kcal}{h \times m^2}$$

Factor do Atmosfera = 1 En Calca no se encuentra polvos en suspensión.

Es el factor de altitud por cada 300m aumentar el 7%, el museo de Calca está a una altitud de 2926 m.s.n.m.

$$\text{Factor por Altitud} = \left(1 + \left(\frac{0.7}{100} \right) * \left(\frac{\text{Altitud}}{300} \right) \right) = \left(1 + \left(\frac{0.7}{100} \right) * \left(\frac{2926}{300} \right) \right) = 1.068$$

Según el enunciado, si el punto de rocío es superior a 19,5°C, el factor se reduce en un 5% por cada 4°C. Si el punto de rocío es inferior a 19,5°C, el factor aumenta en un 5% por cada 4°C. En el caso del museo, el punto de rocío es de 21.4°C, que es superior a 19,5°C, por lo que el factor se reduce en un 5% por cada 4°C.

$$\text{Factor por Punto de Rocío} = 1 + \left(\frac{5}{100} \right) \times \left(\frac{19.5 + \text{P. Rocío}}{4} \right) = 1 + \left(\frac{5}{100} \right) \times \left(\frac{19.5 + 15.9}{4} \right) = 1.44$$

Factor de Marco Metalico = 1.17 El factor de marco metálico se obtiene de las tablas de Carrier o las tablas convertidas de la Escuela de Refrigeración del Perú.

Remplazando todos los datos para obtener Rs:

$$R_s = (355.62) \times (1) \times (1.068) \times (1.44) \times (0.976) = 533.789 \frac{\text{Kcal}}{\text{h} \times \text{m}^2}$$

El valor de Rm se extrae de la **tabla 102**, considerando una Latitud NORTE de 40°, durante el mes de JULIO. Se tiene en cuenta la orientación de la pared del museo, que en este ejemplo es NOR-ESTE. Es importante destacar que, para obtener los valores correctos, siempre se debe acceder a la tabla utilizando la Latitud sur. $R_{M2} = 339 \frac{\text{Kcal}}{\text{h} \times \text{m}^2}$

$$X_2 = \frac{b \times R_s}{R_{M2}} \quad \text{y} \quad X_1 = 1 - X_2, \quad X_2 = \frac{1 \times 533.789}{339} = 1.5745, \quad X_1 = 1 - 1.5745 = -0.5745$$

Temperatura exterior máxima registrada de 25.31°C y temperatura de diseño interior del museo es de 21°C.

$$\Delta T = \text{Tem Ext} - \text{Temp. Interior. Museo } (^\circ\text{C}) = 25.31 - 21 = 4.31 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La variación por el tiempo de funcionamiento del museo consta de 8 horas teniendo una variación de temperatura de 9°C. $\Delta T_{8 \text{ horas}} = 9^\circ\text{C}$

Para encontrar el valor de **corrección de las diferencias equivalentes de temperatura (a)**, se recurre con variación de temperatura en con relación de las horas de funcionamiento ($\Delta T_{8 \text{ horas}}$) y la variación de temperatura exterior y el interior del museo (ΔT).

$$a = f(\Delta T; \Delta T_{8 \text{ horas}}) = f(4.31; 9) = -2.91$$

Donde ΔT_{es} es la diferencia de temperaturas para muros en sombra que es el único que está ubicado al sur, a latitud sur, y ΔT_{em} es la diferencia de temperaturas para muros soleados, esto depende de la exposición del muro y peso del muro en metros cuadrados, se obtendrá interpolando las tablas de Carrier para las 24 horas de carga térmica, esto datos lo obtenemos de **tabla 107**.

$$\Delta T_{equiv} = a + (X_1 \times \Delta T_{es}) + (X_2 \times \Delta T_{em}) \text{ [}^\circ\text{C]} \quad \Delta T_{es} \text{ y } \Delta T_{em} \text{ depende de } P_{M2} = 324.02 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\Delta T_{equiv} = -2.91 - (0.5745 \times \Delta T_{es}) + (1.5745 \times \Delta T_{em}) \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Variación de temperatura para para máxima ganancia de carga térmica a las 12.

am. Diferencia de temperaturas para muros en sombra es: $\Delta T_{es} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$. Diferencia de

temperaturas para muros soleado: $\Delta T_{em} = 14.80 \text{ }^\circ\text{C}$

Reemplazando: $\Delta T_{equiv} = -2.91 - (0.5745 \times 0) + (1.5745 \times 14.80) = 20.39 \text{ }^\circ\text{C}$

La **ganancia máxima ganancia** carga térmica en una orientación Noreste de del muro 2 a las 12 am es:

$$\text{Datos: } A_{M2} = 130.2 \text{ m}^2, P_{M2} = 324.02 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}, U_{M2} = 1.74 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$Q_{M2_12am} = U_{M2} * A_{M2} * \Delta T_{equiv} = 1.74 * 130.2 * 20.39 = 4619.31 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

Se tiene la carga térmica de la pared M2 durante las 24 horas en siguiente cuadro:

Tabla 24

Resumen ganancia de carga de enfriamiento de pared M2.

Hora	ΔT_{em} ($^\circ\text{C}$)	ΔT_{es} ($^\circ\text{C}$)	ΔT_{equiv} ($^\circ\text{C}$)	Q (Kcal/hr)
1	3.06	1.17	1.24	281.21
2	2.54	0.64	0.71	161.60
3	2.02	0.13	0.20	45.61
4	2.02	-0.31	0.45	102.87
5	1.44	-0.91	-0.13	-28.78
6	0.91	-1.44	-0.65	-148.38
7	0.91	-1.44	-0.65	-148.38
8	0.40	-1.94	-1.17	-265.94
9	6.73	-1.50	8.55	1936.59
10	10.16	-0.97	13.65	3091.94
11	12.44	-0.44	16.92	3833.67
12	14.80	0.00	20.39	4618.24

13	13.80	1.56	17.92	4060.52
14	13.43	3.04	16.49	3736.69
15	11.57	4.08	12.96	2936.55
16	10.00	5.10	9.90	2243.49
17	8.43	5.70	7.09	1606.13
18	7.80	6.23	5.79	1311.95
19	7.20	6.23	4.85	1097.93
20	6.70	6.42	3.95	894.57
21	6.10	5.31	3.65	825.79
22	5.50	4.27	3.30	747.12
23	4.53	3.24	2.36	535.66
24	3.56	2.20	1.44	325.768

Nota: La tabla representa un resumen de la ganancia de carga de enfriamiento de la pared M2 en 24 horas, elaboración propia.

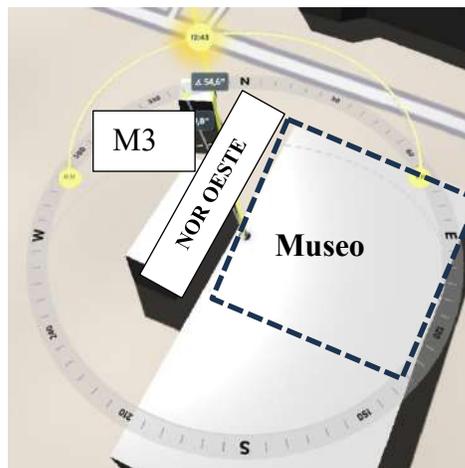
4.5.3. Ganancia de calor de pared 3 (M3)

a) Características de exposición solar del muro 3

El muro M3 se encuentra con exposición NOR OESTE como se observa en la siguiente figura:

Figura 28

Ubicación del M3 con respecto los puntos cardinales (Shadowmap 2024)



Nota: La imagen representa la ubicación del M3 con respecto a los puntos cardinales (NOROESTE), modificado de Shadowmap (2024).

Las condiciones geométricas y físicas, el coeficiente de transferencia global del muro 2 y el peso del muro son los mismos para el muro 3, con diferente orientación y área de exposición solar.

b) Coeficiente de transferencia global de M3

$$U_{M3} = 1.668 \frac{\text{Kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

c) Temperatura equivalente para el muro M3 expuesto al Noreste

Mediante esta fórmula se determina la temperatura equivalente. Esta depende de varios factores: atmósfera, colores de paredes, entre otros.

$$\Delta T_{\text{Equiv}} = a + \Delta T_{\text{es}} + b \times \frac{R_s}{R_m} \times (\Delta T_{\text{em}} - \Delta T_{\text{es}}) \text{ (}^\circ\text{C)}$$

También se puede expresar de la siguiente manera: asignando variables a algunos valores, como X1 y X2. $\Delta T_{\text{equiv}} = a + (X_1 \times \Delta T_{\text{es}}) + (X_2 \times \Delta T_{\text{em}}) \text{ (}^\circ\text{C)}$

Valores de X1 y X2 son: $X_2 = \frac{b \times R_s}{R_m}$ y $X_1 = 1 - X_2$

Coeficiente del color de las paredes del museo. Los valores son los siguientes:

coeficiente del color de la cara exterior de las paredes (Claro = 0.5; Medio = 0.78;

Oscuro = 1). La pared está compuesta por un panel oscuro en un 90% y Natural Linen en un 10%. $b = 0.85$

El valor de Rs es la multiplicación de varios factores que tienen en cuenta las condiciones de las paredes del museo por la máxima aportación solar con respecto al lugar y a la exposición de la pared.

$$R_s = (\text{Max. Aport. Solar}) \times (\text{Fact. Atm}) \times (\text{Fact. Altitud}) \times (\text{Fact. Pto Rocío}) \times (\text{Fact. Mrco.Metalico})$$

La máxima aportación solar, se obtiene de la **tabla 102**, ubicando la latitud del museo, con la exposición solar de pared del museo en este caso es NOR OESTE, donde la mayor aportación solar se registra en los meses marzo-septiembre.

$$\text{Máxima Aportación Solar M3 N-O} = 355.62 \frac{\text{Kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2}$$

Factor do Atmosfera = 1 En Calca no se encuentra polvos en suspensión.

Es el factor de altitud por cada 300m aumentar el 7%, el museo de Calca está a una altitud de 2926 m.s.n.m.

$$\text{Factor por Altitud} = \left(1 + \left(\frac{0.7}{100} \right) * \left(\frac{\text{Altitud}}{300} \right) \right) = \left(1 + \left(\frac{0.7}{100} \right) * \left(\frac{2926}{300} \right) \right) = 1.068$$

Según el enunciado, si el punto de rocío es superior a 19,5°C, el factor se reduce en un 5% por cada 4°C. Si el punto de rocío es inferior a 19,5°C, el factor aumenta en un 5% por cada 4°C. En el caso del museo, el punto de rocío es de **21.4°C**, que es superior a 19,5°C, por lo que el factor se reduce en un 5% por cada 4°C.

$$\text{Factor por Punto de Rocío} = 1 + \left(\frac{5}{100} \right) \times \left(\frac{19.5 - \text{P. Rocío}}{4} \right) = 1 + \left(\frac{5}{100} \right) \times \left(\frac{19.5 - 21.4}{4} \right) = 0.976$$

Factor de Marco Metalico = 1.17 El factor de marco metálico se obtiene de las tablas de Carrier o las tablas convertidas de la Escuela de Refrigeración del Perú.

Remplazando todos los datos para obtener R_s

$$R_s = (\text{Max. Aport. Solar}) \times (\text{Fact. Atm}) \times (\text{Fact. Altitud}) \times (\text{Fact. Pto Rocío}) \\ \times (\text{Fact. Mrco.Metalico}) \left[\frac{\text{Kcal}}{\text{h} \times \text{m}^2} \right]$$

$$R_s = (355.62) \times (1) \times (1.068) \times (1.44) \times (0.976) = 533.789 \frac{\text{Kcal}}{\text{h} \times \text{m}^2}$$

El valor de R_m se extrae de la **tabla 102**, considerando una Latitud NORTE de 40°, durante el mes de JULIO. Se tiene en cuenta la orientación de la pared del museo, que en este ejemplo es NOR-OESTE. Es importante destacar que, para obtener los valores correctos, siempre se debe acceder a la tabla utilizando la Latitud sur.

$$R_{M_3} = 339 \frac{\text{Kcal}}{\text{h} \times \text{m}^2}$$

$$X_2 = \frac{b \times R_s}{R_{M_3}} \quad \text{y} \quad X_1 = 1 - X_2, \quad X_2 = \frac{0.85 \times 533.789}{339} = 1.338, \quad X_1 = 1 - 1.338 = -0.338$$

Temperatura exterior máxima registrada de 25.31°C y temperatura de diseño interior del museo es de 21°C.

$$\Delta T = \text{Tem Ext} - \text{Temp. Interior. Museo } (^\circ\text{C}) = 25.31 - 21 = 4.31 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La variación por el tiempo de funcionamiento del museo consta de 8 horas teniendo una variación de temperatura de 9°C. $\Delta T_{8 \text{ horas}} = 9^\circ\text{C}$

Para encontrar el valor de **corrección de las diferencias equivalentes de temperatura (a)**, se recurre con variación de temperatura en con relación de las horas de funcionamiento ($\Delta T_{8 \text{ horas}}$) y la variación de temperatura exterior y el interior del museo (ΔT). $a = f(\Delta T; \Delta T_{8 \text{ horas}}) = f(4.31; 9) = -2.91$

Donde ΔT_{es} es la diferencia de temperaturas para muros en sombra que es el único que está ubicado al sur, a latitud sur, y ΔT_{em} es la diferencia de temperaturas para muros soleados, esto depende de la exposición del muro y peso del muro en metros cuadrados, se obtendrá interpolando las tablas de Carrier para las 24 horas de carga térmica.

$$\Delta T_{equiv} = a + (X_1 \times \Delta T_{es}) + (X_2 \times \Delta T_{em}) \text{ [}^\circ\text{C]}, \Delta T_{es} \text{ y } \Delta T_{em} \text{ depende de } P_{M3} = 324.02 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\Delta T_{equiv} = -2.91 - (0.338 \times \Delta T_{es}) + (1.338 \times \Delta T_{em}) \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Variación de temperatura para para máxima ganancia de carga térmica a las 17 horas. Diferencia de temperaturas para muros en sombra es: $\Delta T_{es} = 5.7^\circ\text{C}$. Diferencia de temperaturas para muros soleado: $\Delta T_{em} = 18.34^\circ\text{C}$

$$\text{Reemplazando: } \Delta T_{equiv} = -2.91 - (0.338 \times 5.7) + (1.338 \times 18.34) = 19.7^\circ\text{C}$$

La **ganancia máxima ganancia** carga térmica en una orientación Nor-Oeste de del muro 3 es a las 17 horas:

Datos:

$$A_{M3} = 124.74 \text{ m}^2 ; U_{M3} = 1.74 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr} * \text{m}^2 * ^\circ\text{C}}$$

$$Q_{M3_17\text{pm}} = U_{M3} * A_{M3} * \Delta T_{equiv} \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right) = 1.74 * 124.74 * 19.7 = 4275.837 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

Se tiene la carga de enfriamiento de la pared M3 durante las 24 horas en siguiente cuadro:

Tabla 25

Resumen ganancia de carga de enfriamiento de pared M3

Hora	ΔT_{em} (°C)	ΔT_{es} (°C)	ΔT_{equiv} (°C)	Q (Kcal/hr)
1	3.124	1.172	0.874	189.725

2	2.536	0.644	0.266	57.698
3	2.536	0.132	0.439	95.260
4	2.024	-0.308	-0.097	-21.157
5	1.964	-0.908	0.025	5.421
6	1.436	-1.436	-0.503	-109.167
7	0.776	-1.436	-1.386	-300.852
8	0.396	-1.936	-1.725	-374.498
9	0.336	-1.496	-1.954	-424.212
10	0.264	-0.968	-2.229	-483.870
11	0.776	-0.440	-1.723	-373.908
12	1.364	0.000	-1.085	-235.426
13	4.340	1.556	2.371	514.612
14	6.424	3.036	4.659	1011.205
15	12.507	4.076	12.447	2701.640
16	16.599	5.104	17.574	3814.486
17	18.343	5.704	19.705	4276.978
18	19.063	6.232	20.490	4447.371
19	18.607	6.232	19.880	4314.979
20	18.227	6.424	19.307	4190.555
21	11.304	5.308	10.421	2261.838
22	6.305	4.268	4.083	886.227
23	4.428	3.240	1.920	416.764
24	3.564	2.200	1.115	242.079

Nota: La tabla representa un resumen de la ganancia de carga de enfriamiento de la pared M3 en 24 horas, elaboración propia.

4.5.4. Ganancia de carga térmica de Techo N4

a) Características del techo N4

El techo M4 está con inclinación de 10 grados. El techo N4 tiene una inclinación de 10 grados. Está compuesto en la parte exterior por aluminio compuesto, internamente por una cámara de aire, aislamiento térmico y en la cara interior que da al museo con un falso techo. Esto se observa en las imágenes siguientes. Consideración, según Carrier y la Escuela de Refrigeración del Perú, se considera el área de proyección horizontal para usar las tablas de cálculo.

Figura 29

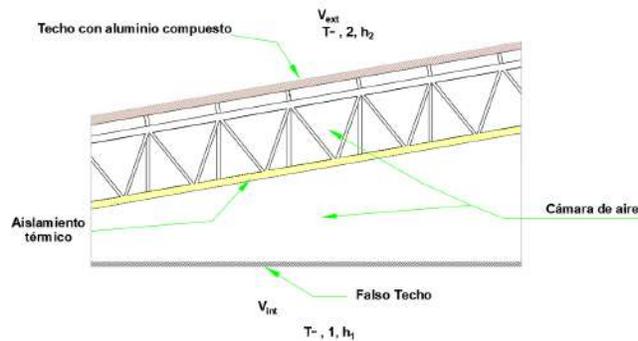
Ubicación del techo N4 con respecto los puntos cardinales (Shadowmap 2024)



Nota: La imagen representa la ubicación del techo N4 con respecto a los puntos cardinales, modificado de Shadowmap (2024).

Figura 30

Composición de materiales del techo (N4)



Nota: La imagen representa la composición de materiales del techo (N4). Con respecto a la correa metálica, la transferencia de calor se considera un factor de metal designado por Carrier, elaboración propia.

b) Condiciones de geométricas y físicas del Techo N4

$$V_{int} = 2.54 \frac{m}{s} \text{ (velocidad interior)}, V_{ext} = 0.498 \frac{m}{s} \text{ (velocidad exterior)}$$

$$e_{asl_term} = 0.0508m \text{ (aislamiento térmico)}, e_{fl_tch} = 0.005m \text{ (falso techo)}$$

c) Coeficiente de transferencia de calor del techo

$$h_{int} = 15.35 \frac{W}{m^2 \cdot K}, h_{ext} = 9.29 \frac{W}{m^2 \cdot K}, h_{cma_{1,2}} = 7.4953 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

d) Conductividad térmica del Techo N4

$$k_{alc} = 0.118626 \frac{W}{mK}, k_{asl_term} = 0.91 \frac{W}{mK}, k_{fl_tch} = 1.40 \frac{W}{mK}$$

e) Resistencia térmica Techo N4

$$R_{int} = \frac{1}{15.35} = 0.0651 \frac{m^2K}{W}, R_{cma_1} = \frac{1}{7.4953} = 0.1334 \frac{m^2K}{W}, R_{cma_2} = \frac{1}{7.4953} = 0.1334 \frac{m^2K}{W}$$

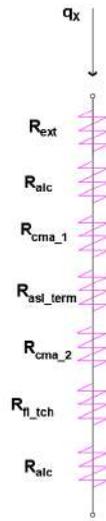
$$R_{ext} = \frac{1}{9.29} = 0.1076 \frac{m^2K}{W}, R_{alc} = \frac{0.004}{0.118626} = 0.0337 \frac{m^2K}{W}, R_{asl_term} = \frac{0.0508}{0.91} = 0.0558 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_{fl_tch} = \frac{0.005}{1.4} = 0.0036 \frac{m^2K}{W}$$

f) Resistencia térmica total del techo M4

Figura 31

Redes de resistencia térmica del techo (N4)



Nota: La imagen representa la composición de redes de resistencia térmica del techo (N4), elaboración propia.

$$R_{total_N4} = R_{ext} + R_{alc} + R_{cma_1} + R_{asl_term} + R_{cma_2} + R_{fl_tch} + R_{int} \left(\frac{m^2K}{W} \right)$$

$$R_{total_N4} = 0.1076 + 0.0337 + 0.1334 + 0.0558 + 0.1334 + 0.0036 + 0.0651 \left(\frac{m^2K}{W} \right)$$

$$R_{total_N4} = 0.5327 \frac{m^2K}{W}$$

g) Coeficiente de transferencia global de N4

$$U_{N4} = \frac{1}{R_{\text{total_N4}}} \left(\frac{W}{m^2K} \right) = \frac{1}{0.5327} = 1.877 \frac{W}{m^2K}$$

Factor de conversión a $\frac{\text{Kcal}}{h * m^2 * ^\circ C}$ multiplicar por 0.8598

$$U_{N4} = 1.877 * 0.8598 = 1.614 \frac{\text{Kcal}}{h * m^2 * ^\circ C}$$

h) Temperatura equivalente para el techo M4

Mediante esta fórmula se determina la temperatura equivalente. Esta depende de varios factores: atmósfera, colores de paredes, peso del techo en metros cuadrados y entre otros.

$$\Delta T_{\text{Equiv}} = a + \Delta T_{\text{es}} + b \times \frac{R_s}{R_m} \times (\Delta T_{\text{em}} - \Delta T_{\text{es}}) [^\circ C]$$

$$\Delta T_{\text{equiv}} = a + (X_1 \times \Delta T_{\text{es}}) + (X_2 \times \Delta T_{\text{em}}) [^\circ C]$$

Valores de X1 y X2 son: $X_2 = \frac{b \times R_s}{R_m}$ y $X_1 = 1 - X_2$

Coefficiente del color del techo de museo M4 del museo. Los valores son los siguientes: coeficiente del color de la cara exterior de las paredes (Claro = 0.5; Medio = 0.78; Oscuro = 1). La pared está compuesta por un panel oscuro en un 90% y Natural Linen en un 10%. $b = 0.85$

El valor de R_s es la multiplicación de varios factores que tienen en cuenta las condiciones del techo del museo por la máxima aportación solar con respecto al lugar y a la exposición de la pared.

$$R_s = (\text{Max. Aport. Solar}) \times (\text{Fact. Atm}) \times (\text{Fact. Altitud}) \times (\text{Fact. Pto Rocío}) \\ \times (\text{Fact. Mrco.Metalico}) \left[\frac{\text{Kcal}}{h \times m^2} \right]$$

La máxima aportación solar, se obtiene de la **tabla 103**, ubicando la latitud del museo, con la exposición solar del techo del museo en este caso es HORIZONTAL, donde la mayor aportación solar se registra en los meses marzo-septiembre.

$$\text{Máxima Aportación Solar } M_4 = 656.384 \frac{\text{Kcal}}{\text{h} \times \text{m}^2}, \text{ Factor de Atmosfera} = 1$$

Es el factor de altitud por cada 300m aumentar el 7%, el museo de Calca está a una altitud de 2926 m.s.n.m.

$$\text{Factor por Altitud} = \left(1 + \left(\frac{0.7}{100} \right) * \left(\frac{\text{Altitud}}{300} \right) \right) = \left(1 + \left(\frac{0.7}{100} \right) * \left(\frac{2926}{300} \right) \right) = 1.068$$

Según el enunciado, si el punto de rocío es superior a 19,5°C, el factor se reduce en un 5% por cada 4°C. Si el punto de rocío es inferior a 19,5°C, el factor aumenta en un 5% por cada 4°C. En el caso del museo, el punto de rocío es de 21.4°C, que es superior a 19,5°C, por lo que el factor se reduce en un 5% por cada 4°C.

$$\text{Factor por Punto de Rocío} = 1 + \left(\frac{5}{100} \right) \times \left(\frac{19.5 - \text{P. Rocío}}{4} \right) = 1 + \left(\frac{5}{100} \right) \times \left(\frac{19.5 - 21.4}{4} \right) = 0.976$$

Factor de Marco Metalico= 1.17 El factor de marco metálico.

Remplazando todos los datos para obtener R_s

$$R_s = (656.384) \times (1) \times (1.068) \times (1.44) \times (0.976) = 985.238 \frac{\text{Kcal}}{\text{h} \times \text{m}^2}$$

El valor de R_m se extrae de la **tabla 103**, considerando una Latitud NORTE de 40°, durante el mes de JULIO. Se tiene en cuenta la orientación del techo del museo, que en este ejemplo es horizontal. Es importante destacar que, para obtener los valores correctos, siempre se debe acceder a la tabla utilizando la Latitud sur.

$$R_m = 631 \frac{\text{Kcal}}{\text{h} \times \text{m}^2}$$

$$X_2 = \frac{b \times R_s}{R_m} \quad \text{y} \quad X_1 = 1 - X_2, \quad X_2 = \frac{0.85 \times 985.238}{631} = 1.327, \quad X_1 = 1 - 1.327 = -0.327$$

Temperatura exterior máxima registrada de 25.31°C y temperatura de diseño interior del museo es de 21°C. $\Delta T = T_{em\ Ext} - T_{em\ Interior.Museo} (\text{°C}) = 25.31 - 21 = 4.31 \text{ °C}$

La variación por el tiempo de funcionamiento del museo consta de 8 horas teniendo una variación de temperatura de 9°C. $\Delta T_{8\ horas} = 9\text{°C}$

Para encontrar el valor de **corrección de las diferencias equivalentes de temperatura (a)**, se recurre con variación de temperatura en con relación de las horas de funcionamiento ($\Delta T_{8\ horas}$) y la variación de temperatura exterior y el interior del museo (ΔT). $a = f(\Delta T; \Delta T_{8\ horas}) = f(4.31; 9) = -2.91$

Reemplazando, se tiene la siguiente ecuación:

Donde ΔT_{es} es la diferencia de temperaturas para muros en sombra que es el único que está ubicado al sur, a latitud sur, y ΔT_{em} es la diferencia de temperaturas para muros soleados, esto depende de la exposición del techo.

$$\Delta T_{equiv} = a + (X_1 \times \Delta T_{es}) + (X_2 \times \Delta T_{em}) \text{ [°C]}, \Delta T_{es} \text{ y } \Delta T_{em} \text{ depende de}$$

$$P_{N4} = 37.94 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \text{ que es próximo a } 50 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \text{ para el uso de la tabla de Carrier.}$$

$$\Delta T_{equiv} = -2.91 - (0.327 \times \Delta T_{es}) + (1.327 \times \Delta T_{em}) \text{ [°C]}$$

Variación de temperatura para para máxima ganancia de carga térmica del techo es a las 17 horas. Donde los valores son para esa hora son.

Diferencia de temperaturas para muros en sombra es: $\Delta T_{es} = 7.20\text{°C}$, Diferencia de temperaturas para muros soleado: $\Delta T_{em} = 25.6\text{°C}$

$$\text{Reemplazando: } \Delta T_{equiv} = -2.91 - (0.327 \times 7.20) + (1.327 \times 25.6) \text{ [°C]} = 28.7068\text{°C}$$

La ganancia máxima ganancia carga térmica del techo es las 17 horas, como se muestra en siguiente calculo:

$$\text{Datos: } A_{N4} = 916.5 \text{ m}^2 ; U_{N4} = 1.614 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{°C}}$$

$$Q_{N4_{17}} = U_{N4} * A_{N4} * \Delta T_{equiv} \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right) = 1.614 * 916.5 * 28.7068 = 42462.805 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

Se tiene un resumen de la carga térmica del techo durante las 24 horas, como se observa en tabla.

Tabla 26*Resumen ganancia de carga de enfriamiento del techo M4*

Hora	ΔT_{em} (°C)	ΔT_{es} (°C)	ΔT_{equiv} (°C)	Q (Kcal/hr)
1	3.90	-0.50	2.43	3592.80
2	1.70	-1.70	-0.10	-145.26
3	0.50	-2.20	-1.53	-2258.96
4	-0.50	-2.80	-2.66	-3931.69
5	-1.70	-2.80	-4.25	-6287.24
6	-2.20	-2.80	-4.91	-7268.72
7	-3.30	-2.80	-6.37	-9427.98
8	-3.90	-2.20	-7.37	-10895.99
9	-2.80	-1.10	-6.27	-9268.81
10	-0.50	0.00	-3.57	-5286.09
11	3.90	1.10	1.91	2818.85
12	8.30	3.30	7.03	10391.71
13	13.30	5.00	13.10	19384.20
14	17.80	6.70	18.52	27395.21
15	21.10	7.20	22.74	33631.13
16	23.90	7.80	26.25	38837.19
17	25.60	7.20	28.71	42464.45
18	25.00	6.70	28.07	41528.53
19	22.80	5.50	25.55	37790.47
20	19.40	4.40	21.40	31648.49
21	15.60	2.80	16.88	24963.18
22	12.20	1.10	12.92	19111.43
23	8.90	0.50	8.74	12923.89
24	5.50	0.00	4.39	6491.68

Nota: La tabla representa un resumen de la ganancia de carga de enfriamiento del techo M4 en 24 horas, elaboración propia.

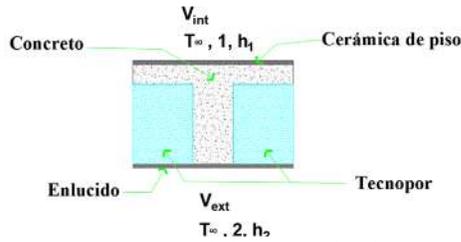
4.5.5. Perdida de carga de enfriamiento del piso (M4) del Museo

a) Características de la losa aligerada del museo

La losa aligerada del museo está compuesta principalmente de concreto, con un peralte (altura) de 25 cm y una densidad de 2400 kg/m³. Además, la losa contiene tecnopor de 20 cm de ancho. Finalmente, la superficie de la losa está revestida con cerámica de piso de 1 cm de espesor a la cara que da al museo, y la otra cara este enlucido con 1.5 cm de espesor.

Figura 32

Composición de la losa aligerada denominado M4



Nota: La imagen representa la composición de la losa aligerada denominada M4, elaboración propia.

b) Condiciones de geométricas y físicas del M4

$$v_{int} = 2.54 \frac{m}{s}, v_{ext} = 0.1 \frac{m}{s}, e_{p_crm} = 0.01m, e_{L_crt1} = 0.05m, e_{L_crt2} = 0.2m, e_{tcnp} = 0.2m, e_{tarrj} = 0.015m$$

c) Coeficiente de transferencia de calor de la losa aligerada

$$h_{int} = 15.35 \frac{W}{m^2 \cdot K}, h_{ext} = 7.62 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

d) Conductividad térmica de la losa aligerada del piso del museo

$$k_{p_crm} = 1.3 \frac{W}{mK}; k_{L_crt} = 0.77 \frac{W}{mK}; k_{tcnp} = 0.037 \frac{W}{mK}; k_{tarrj} = 1.40 \frac{W}{mK}$$

e) Resistencia térmica de la losa aligerada del piso del museo

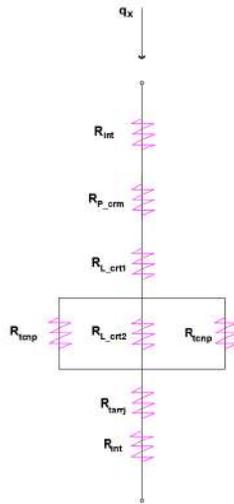
$$R_{int} = 0.0651 \frac{m^2K}{W}; R_{ext} = 0.1312 \frac{m^2K}{W}; R_{p_crm} = 0.0077 \frac{m^2K}{W}; R_{L_crt1} = 0.0649 \frac{m^2K}{W}$$

$$R_{L_crt2} = 0.2597 \frac{m^2K}{W}; R_{tcnp} = 1.3514 \frac{m^2K}{W}; R_{tarrj} = 0.0107 \frac{m^2K}{W};$$

f) Resistencia térmica total del piso del museo

Figura 33

Circuito térmico de la losa aligerada del piso del museo



Nota: La imagen representa la composición de las redes de resistencia de la losa aligerada del piso del museo, elaboración propia.

$$R_{M4} = R_{int} + R_{P_crm} + R_{L_crt1} + \frac{R_{tarp} * R_{L_crt2}}{2R_{L_crt2} + R_{tarp}} + R_{tarp} + R_{ext} \left(\frac{m^2K}{W} \right)$$

$$R_{M4} = 0.0651 + 0.0077 + 0.0649 + \frac{(1.3514 \times 0.2597)}{(2 \times 0.2597 + 1.3514)} + 0.0107 + 0.1312 \left(\frac{m^2K}{W} \right)$$

$$R_{M4} = 0.4673 \frac{m^2K}{W}$$

g) Coeficiente de transferencia del piso del museo

$$U_{M4} = \frac{1}{R_{M4}} = \frac{1}{0.4673} = 2.139 \frac{W}{m^2K}$$

Factor de conversión a $\frac{Kcal}{h * m^2 * ^\circ C}$ multiplicar por 0.8598

$$U_p = 2.139 * 0.8598 = 1.839 \frac{Kcal}{h * m^2 * ^\circ C}$$

Variación de temperatura para la pérdida máxima de carga a las 2 pm.

Temperaturas espacios inferior y los costados del piso del museo, se observa en **tabla**

11: $T_{ext} = 15 \text{ } ^\circ C$ Temperatura de interna del museo, **tabla 12:** $T_{int_museo} = 21 \text{ } ^\circ C$

$$\text{Reemplazando: } \Delta T_{equiv} = T_{ext} - T_{int_museo} = 15 - 21 = -6 \text{ } ^\circ C$$

La pérdida de carga de enfriamiento del piso del museo las 2 pm es:

Datos:

$$A_{M4}=916.5 \text{ m}^2 ; U_{M4}=1.882 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}*\text{m}^2*^{\circ}\text{C}}$$

$$Q_{M4_2PM} = U_{M4} * A_{M4} * \Delta T_{\text{equiv}} = 1.882 * 916.5 * (-6) = -10349.118 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

Se tiene un resumen de la perdida de carga térmica del Piso M4 desde las 9 am hasta las 5 pm, como se observa en la tabla.

Tabla 27

Resumen ganancia de carga térmica del techo M4

Hora	$U \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{hr}*\text{m}^2*^{\circ}\text{C}} \right)$	$A \left(\text{m}^2 \right)$	$T_{\text{int_museo}} \left(^{\circ}\text{C} \right)$	$T_{\text{ext}} \left(^{\circ}\text{C} \right)$	$\Delta T_{\text{equiv}} \left(^{\circ}\text{C} \right)$	$Q \left(\text{Kcal/hr} \right)$
9	1.882	916.5	21	13.5	-7.5	-12936.398
10	1.882	916.5	21	14.7	-6.3	-10866.574
11	1.882	916.5	21	15.3	-5.7	-9831.6621
12	1.882	916.5	21	15.6	-5.4	-9314.2062
13	1.882	916.5	21	15.2	-5.8	-10004.147
14	1.882	916.5	21	15	-6	-10349.118
15	1.882	916.5	21	15	-6	-10349.118
16	1.882	916.5	21	15	-6	-10349.118
17	1.882	916.5	21	15	-6	-10349.118

Nota: La tabla representa un resumen de la ganancia de carga térmica del techo M4 en 17 horas, elaboración propia.

4.5.6. Perdida de carga de enfriamiento en muros interiores (N)

Las condiciones geométricas y físicas, de los muros interiores N 1_2_3, son los mismos. Están compuestos por muro ladrillo y enlucidos ambas caras, como se muestra en siguientes.

a) Características de los muros interiores

Este compuesto por muro de ladrillos de construcción tipo sogá, revestido a ambas caras.

Figura 34

Composición de los muros interiores N 1_2_3



Nota: La figura representa la composición de los muros interiores N 1, 2 y 3, elaboración propia.

b) Condiciones de geométricas y físicas de N 1_2_3

$$v_{int} = 2.54 \frac{m}{s}, v_{ext} = 0.07 \frac{m}{s}, e_{m_ldr} = 0.13m, e_{tarrj_1_2} = 0.015m$$

h) Coeficiente de transferencia de calor del muro interior (N)

$$h_{int} = 15.35 \frac{W}{m^2 \cdot K}; h_{ext} = 7.49 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

c) Conductividad térmica del muro interior (N)

$$k_{m_ldr} = 0.91 \frac{W}{mK}; k_{alc} = 0.118626 \frac{W}{mK}; k_{tarrj_1_2} = 1.40 \frac{W}{mK}$$

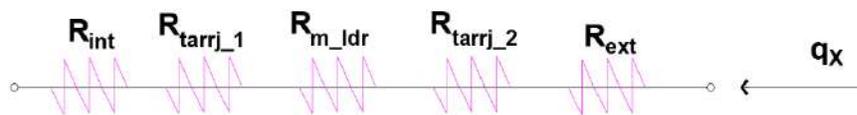
d) Resistencia térmica del muro interior (N)

$$R_{int} = 0.0651 \frac{m^2K}{W}; R_{ext} = 0.1334 \frac{m^2K}{W}; R_{m_ldr} = 0.1429 \frac{m^2K}{W}; R_{tarrj} = 0.0107 \frac{m^2K}{W}$$

i) Resistencia térmica total del muro interior (N)

Figura 35

Redes de resistencia térmica del muro (N 1, 2 y 3)



Nota: La imagen representa las redes de resistencia térmica del muro (N 1, 2 y 3), elaboración propia.

$$R_{\text{total}_N} = R_{\text{int}} + R_{\text{tarrj}_1} + R_{\text{m_ldr}} + R_{\text{tarrj}_2} + R_{\text{ext}} \left(\frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \right)$$

$$R_{\text{total}_N} = 0.0651 + 0.0107 + 0.1429 + 0.0107 + 0.1334 \left(\frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \right) = 0.3629 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

j) Coeficiente de transferencia global de muro de interior (N)

$$U_N = \frac{1}{R_{\text{total}_N}} \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \right) = \frac{1}{0.3629} = 2.7559 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

Factor de conversión a $\frac{\text{Kcal}}{\text{h} * \text{m}^2 * ^\circ\text{C}}$ multiplicar por 0.8598

$$U_N = 2.7559 * 0.8598 = 2.37 \frac{\text{Kcal}}{\text{h} * \text{m}^2 * ^\circ\text{C}}$$

Variación de temperatura para perdida máxima de carga a las 2 pm.

Temperaturas espacios inferior como son los muros interiores del museo: $T_{\text{ext}} = 15 ^\circ\text{C}$

Temperatura de interna del museo: $T_{\text{int_museo}} = 21 ^\circ\text{C}$, Reemplazando:

$$\Delta T_{\text{equiv}} = T_{\text{ext}} - T_{\text{int_museo}} = 15 - 21 = -6 ^\circ\text{C}$$

La ganancia máxima ganancia carga térmica de los muros interiores N 1, 2 y 3 del museo las 2 pm es:

$$\text{Datos: } A_{N1} = 80.4 \text{ m}^2 ; A_{N2} = 23.22 \text{ m}^2 ; A_{N3} = 48 \text{ m}^2 \quad U_N = 2.37 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr} * \text{m}^2 * ^\circ\text{C}}$$

$$A_{N_1_2_3} = A_{N1} + A_{N2} + A_{N3} = 80.4 + 23.22 + 48 = 151.62 \text{ m}^2 ,$$

$$Q_{N_2PM} = U_N * A_{N_1_2_3} * \Delta T_{\text{equiv}} = 2.37 * 151.62 * (-6) = -2156.0364 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

Se tiene un resumen de la perdida de carga térmica pared interna N_1_2_3 desde las 9 am hasta las 5 pm, como se observa en la tabla.

Tabla 28

Resumen de la perdida de carga térmica del techo N_1_2_3

Hora	U (Kcal/(hr·m²·°C))	A (m²)	T_int_museo (°C)	T_ext (°C)	ΔT_equiv (°C)	Q (Kcal/hr)
9	2.37	151.62	21	13.5	-7.5	2695.0455

10	2.37	151.62	21	14.7	-6.3	-	2263.8382
11	2.37	151.62	21	15.3	-5.7	-	2048.2346
12	2.37	151.62	21	15.6	-5.4	-	1940.4328
13	2.37	151.62	21	15.2	-5.8	-	2084.1685
14	2.37	151.62	21	15	-6	-	2156.0364
15	2.37	151.62	21	15	-6	-	2156.0364
16	2.37	151.62	21	15	-6	-	2156.0364
17	2.37	151.62	21	15	-6	-	2156.0364

Nota: La tabla representa un resumen de la pérdida de carga térmica del techo N 1, 2, 3 desde las 9 hasta las 17 horas, elaboración propia.

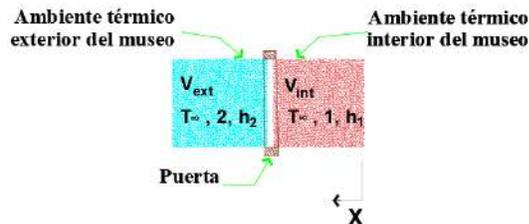
4.5.7. Carga de enfriamiento por infiltración en el museo

a) Características de los ambientes interior y exterior

El ambiente interior es el del museo, mientras que el ambiente exterior corresponde a las áreas de entrada y salida del museo, donde las puertas permanecen abiertas desde las 9 am hasta las 17 horas.

Figura 36

Composición de carga por infiltración por la puerta abierta D_1_2



Nota: La figura representa la composición de carga por infiltración a través de la puerta abierta D 1, 2. El color celeste indica el ambiente exterior y el color rojo el interior, elaboración propia.

b) Condiciones de geométricas y físicas del D_1_2

$$v_{int} = 2.54 \frac{m}{s} (\text{velocidad adecuada recomendada})$$

$$v_{ext} = 0.07 \frac{m}{s} (\text{ubicada debajo del segundo nivel del museo})$$

c) Coeficiente de transferencia de D_1_2 y Resistencia térmica de D_1_2

$$h_{\text{int}} = 15.35 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}; h_{\text{ext}} = 7.49 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}; R_{\text{int}} = 0.0651 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}; R_{\text{ext}} = 0.1334 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

d) Resistencia térmica total del D_1_2

Figura 37

Redes de resistencia térmica D_1_2.



Nota: La imagen representa las redes de resistencia térmica de las puertas D 1, 2, elaboración propia.

$$R_{\text{total}_D} = R_{\text{int}} + R_{\text{ext}} \left(\frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}} \right) = 0.1986 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

e) Coeficiente de transferencia global de D_1_2

$$U_D = \frac{1}{R_{\text{total}_D}} \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}} \right) = \frac{1}{0.1986} = 5.0358 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

Factor de conversión a $\frac{\text{Kcal}}{\text{h} * \text{m}^2 * ^\circ \text{C}}$ multiplicar por 0.8598

$$U_D = 5.0358 * 0.8598 = 4.329 \frac{\text{Kcal}}{\text{h} * \text{m}^2 * ^\circ \text{C}}$$

Variación de temperatura para para máxima ganancia de carga a las 2 pm.

Temperaturas **exteriores ubicados detrás de las puestas:** $T_{\text{ext}} = 15 \text{ } ^\circ \text{C}$,Temperatura de interna del museo: $T_{\text{int}_\text{museo}} = 21 \text{ } ^\circ \text{C}$

$$\text{Reemplazando: } \Delta T_{\text{equiv}} = T_{\text{ext}} - T_{\text{int}_\text{museo}} = 15 - 21 = -6 \text{ } ^\circ \text{C}$$

La ganancia perdida máxima de carga térmica de las puertas abiertas D1 y D2 del museo las 2 pm es:

$$\text{Datos: } A_D = A_{D1} + A_{D2} \left(\text{m}^2 \right) = 18.75 + 12.3 = 31.05 \text{ m}^2, U_D = 4.329 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{°C}}$$

$$Q_{D_2\text{pm}} = U_D * A_D * \Delta T_{\text{equiv}} = 4.329 * 31.05 * (-6) = -806.49 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

Se tiene un resumen de la pérdida de carga térmica puestas D_1_2 desde las 9 am hasta las 5 pm, como se observa en la tabla.

Tabla 29

Resumen de la pérdida carga térmica de las puertas D_1_2

Hora	U (Kcal/(hr·m²·°C))	A (m²)	T_int_museo (°C)	T_ext (°C)	ΔTequiv (°C)	Q (Kcal/hr)
9	4.329	31.05	21	13.5	-7.5	-1008.1159
10	4.329	31.05	21	14.7	-6.3	-846.81734
11	4.329	31.05	21	15.3	-5.7	-766.16807
12	4.329	31.05	21	15.6	-5.4	-725.84343
13	4.329	31.05	21	15.2	-5.8	-779.60961
14	4.329	31.05	21	15	-6	-806.4927
15	4.329	31.05	21	15	-6	-806.4927
16	4.329	31.05	21	15	-6	-806.4927
17	4.329	31.05	21	15	-6	-806.4927

Nota: La tabla representa un resumen de la pérdida de carga térmica de las puertas D 1, 2 desde las 9 hasta las 17 horas, elaboración propia.

4.6.Carga de enfriamiento de la luminaria del museo

4.6.1. Calor de Luminaria del museo

La luminaria de Calca está incompleta y se reemplazará por luminarias LED. Para calcular la carga de iluminación, se usará el área del museo siguiendo las recomendaciones de ASHRAE y la tabla 5-17. Se considerará si las luces LED están al ras del techo o suspendidas, aplicando un descuento porcentual según las **tabla 111**.

Tabla 30

Área del Tipo de Montaje de la Luminaria y la Ubicación en Zona Térmica

Tipo de montaje y Zona térmica	Área
Zona térmica 1 la luminaria al ras de techo	9865.12 ft² (916.5 m²)

Nota: La tabla representa el área del tipo de montaje de la luminaria y la ubicación en zona térmica, obtenida del plano del museo de Calca (2024).

Carga térmica de luminaria del museo: $Q_L = \%_{ga} * LPD * AREA$

$LDP=0.55 \frac{W}{ft^2}$ Valor densidad de potencia de iluminación.

$AREA_{ZT1} = 9865.12 \text{ ft}^2$ Área de la zona térmica 1 y la luminaria está al ras del techo.

$$Q_{L1} = 0.55 * 9865.12 = 5425.816 \text{ W} = 5425.816 * 0.8598 = 4665.117 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

Convirtiendo a multiplicando por factor 0.8598 y el 50% de la ganancia de calor se aporta al espacio de museo, entonces la carga de luminaria es:

$$Q_{L1} = 50\% * 4665.117 = 2332.559 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

4.7.Carga de enfriamiento de los visitantes al museo

Las condiciones de adultos y niños en un museo se ajustan de acuerdo con el grado de actividad, ya sea caminando o de pie. Se considera un valor de 71 Kcal/h de calor sensible y 42 Kcal/h de calor latente.

Ganancia de calor de adultos y niños en proporciones normales

$N=30$ personas por hora: Cantidad máxima de personas que pueden ingresar al museo que se consideran adultos y niños (Figueroa 2024).

$Q_L = 42 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$, El calor latente de las personas que se encuentran en el ambiente del

museo. $Q_S = 71 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$ El calor sensible de las personas que se encuentran en el ambiente del museo.

$$Q_{LP} = Q_L * N = 42 * 30 = 1260 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}, \quad Q_{SP} = Q_S * N = 71 * 30 = 2130 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

$$\text{Ganancia total de las personas: } Q_{TP} = Q_{LP} + Q_{SP} = 1260 + 2130 = 3390 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

4.8.Carga de enfriamiento total de Paredes Exteriores y Techo Exterior

Se muestran las ganancias de las cargas térmicas por radiación solar de las paredes exteriores y el techo.

Tabla 31*Carga Térmica Total de Paredes Exteriores y Techo Exterior*

Hora	Pared M1 (Kcal/hr)	Pared M2 (Kcal/hr)	Pared M3 (Kcal/hr)	Techo N4 (Kcal/hr)	Total (Kcal/hr)
1	-347.98	281.206	189.725	3,592.8	3,715.745
2	-	161.603	57.698	-145.3	-1,005.223
3	1447.35	45.608	95.260	-2,259.0	-3,565.436
4	-	102.868	-21.157	-3,931.7	-5,656.101
5	1806.12	-28.777	5.421	-6,287.2	-8,425.845
6	-	-148.381	-109.167	-7,268.7	-9,711.150
7	2115.25	-148.381	-300.852	-9,428.0	-12,475.067
8	-	-265.939	-374.498	-10,896.0	-14,089.178
9	2552.76	1936.594	-424.212	-9,268.8	-7,957.401
10	-200.97	3091.937	-483.870	-5,286.1	3,443.864
11	6121.89	3833.668	-373.908	2,818.9	12,089.701
12	5811.09	4618.237	-235.426	10,391.7	20,284.038
13	5509.52	4060.524	514.612	19,384.2	27,743.431
14	3784.09	3736.686	1011.205	27,395.2	34,211.206
15	2068.10	2936.546	2701.640	33,631.1	41,598.069
16	2328.76	2243.492	3814.486	38,837.2	47,473.957
17	2578.79	1606.134	4276.978	42,464.5	51,297.971
18	3380.94	1311.949	4447.371	41,528.5	50,668.789
19	3020.04	1097.929	4314.979	37,790.5	46,223.421
20	2722.59	894.569	4190.555	31,648.5	39,456.204
21	2283.89	825.789	2261.838	24,963.2	30,334.697
22	1846.17	747.121	886.227	19,111.4	22,590.947
23	1118.33	535.663	416.764	12,923.9	14,994.639
24	379.86	325.768	242.079	6,491.7	7,439.384

Nota: La tabla representa un resumen de la carga térmica total de paredes y techo exteriores en 24 horas, elaboración propia.

La ganancia de carga térmica máxima es a las 17 pm, como se observa en el cuadro con números en formato negrita.

4.9. Resumen de carga de enfriamiento del museo

Tabla 32

Resumen de la carga de enfriamiento del museo de Calca

Símbolo	Orientación	Área (m ²)	Coefficiente Global de Transferencia de Calor U (Kcal/hr-m ² -°C)	DT o DTequiv (°C)	Calor Sensible (Kcal/hr)	Calor Latente (Kcal/hr)
Pérdida de Calor por Paredes Interiores, Piso y Puertas						
N-1-2-3	V	151.62 m2	2.37	-6.00 °C	-2,156.04	
M-4	V	916.50 m2	1.88	-6.00 °C	-10,349.12	
D-1-2	V	31.05 m2	4.33	-6.00 °C	-806.49	
Calor por Radiación Solar a Través de las Paredes Exteriores (DTequiv)						
M1	SE	304.92 m2	2.360	4.100 °C	2,950.41	
M2	NE	130.20 m2	1.740	7.090 °C	1,606.13	
M3	NO	124.74 m2	1.740	19.705 °C	4,276.98	
Calor por Radiación Solar a Través del Techo (DTequiv)						
N4	H	916.51 m2	1.61	28.074 °C	41,528.53	
Calor Debido a las Personas						
			Ganancia Sensible =	71 Kcal/hr	2,130.00	1,260.00
	Número de Personas =	30	Ganancia Latente =	42 Kcal/hr		
Calor Debido a la Iluminación						
	Iluminación				2,332.56	
			Carga Térmica Total (kcal/hr) =		41,512.96	1,260.00
			Carga Térmica Sensible (kcal/hr) =		41,512.96 (kcal/hr)	
			Carga Térmica Latente (kcal/hr) =		1,260.00 (kcal/hr)	
			Carga Térmica Total (kcal/hr) =		42,772.96 (kcal/hr)	
			Carga Total (kcal/hr) =		14.14 TR	
			Factor de Calor Sencible=		0.97	

Nota: La tabla representa un resumen detallado de la carga de enfriamiento del museo de Calca, elaboración propia.

4.10. Carga de enfriamiento con un Factor de Seguridad del 15% Adicional

Tabla 33

Resumen de la carga térmica con factor de seguridad del museo de Calca

Día de Mayor Aportación Solar 22 de setiembre
La Hora de Mayor Carga Térmica Simultánea 17 horas
Carga Térmica Sensible (kcal/hr) = 47,740 Kcal /hr
Carga Térmica Latente (kcal/hr) = 1,449 Kcal /hr
Carga Térmica Total (kcal/hr) = 49,189 Kcal /hr
16.27 Tons
Factor por Área = 213 Btuh / m ²
Factor de Calor Sensible = 0.97

Nota: La tabla representa un resumen de la carga de enfriamiento con un factor de seguridad del 15% adicional, elaboración propia.

Gráficos de análisis de carga térmica:

Figura 38

Gráficos de análisis de carga térmica de enfriamiento.



Nota: Las figuras representan gráficos de análisis de carga térmica de enfriamiento en porcentaje de pérdida y ganancia de calor, elaboración propia.

4.11. Cargas de calefacción

Las cargas están compuestas por pérdida de las paredes internas y exteriores, donde se tienen pérdidas considerables del piso y el techo, es así que los parámetros de transferencia fueron hallados detalladamente en el apartado de cargas de refrigeración, esta sección procedemos hallar de manera resumida y puntual.

Cargas de calefacción En paredes interiores y techos (N)

Paredes internas N 1_2_3, datos:

$$U_N = 2.37 \frac{\text{Kcal}}{\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}, (\text{Coeficiente de transferencia global de paredes internas})$$

$$A_{N_{123}} = 151.62 \text{ m}^2, (\text{Área total de paredes internas}); T_{\text{ext}} = 11.5 ^\circ\text{C}, (\text{Temperatura exterior de calefacción})$$

$$T_{\text{int_museo}} = 21 ^\circ\text{C}, (\text{Temperatura de confort})$$

Variación de temperatura:

$$\Delta T_{\text{DT}} = T_{\text{int_museo}} - T_{\text{ext}} (^\circ\text{C}) = 21 - 11.5 = 9.50 ^\circ\text{C}$$

Cargas de calefacción en paredes internas:

$$Q_N = U_N * A_{N_{1_2_3}} * \Delta T_{\text{DT}} \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right) = 2.37 * 151.62 * 9.5 \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right) = 3413.72 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

Techo N4

$$\text{Datos: } U_{N4} = 1.614 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr} * \text{m}^2 * ^\circ\text{C}}; A_{N4} = 916.5 \text{ m}^2; \Delta T_{\text{DT}} = 9.50 ^\circ\text{C}$$

$$Q_{N4} = U_{N4} * A_{N4} * \Delta T_{\text{DT}} \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right) = 1.614 * 916.5 * 9.5 \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right) = 14052.69 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

Cargas de calefacción en paredes externos y piso (M)

Para muro M1

$$\text{Datos: } U_{M1} = 2.36 \frac{\text{Kcal}}{\text{h} * \text{m}^2 * ^\circ\text{C}}; A_{M1} = 304.92 \text{ m}^2; \Delta T_{\text{DT}} = 9.50 ^\circ\text{C}$$

$$Q_{M1} = U_{M1} * A_{M1} * \Delta T_{\text{DT}} \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right) = 2.36 * 304.92 * 9.5 \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right) = 6836.31 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

Para muro M2

Datos: $U_{M2} = 1.74 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$; $A_{M2} = 130.2 \text{ m}^2$; $\Delta T_{DT} = 9.50 \text{ }^\circ\text{C}$

$$Q_{M2} = U_{M2} \cdot A_{M2} \cdot \Delta T_{DT} \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right) = 1.74 \cdot 130.2 \cdot 9.5 \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right) = 2152.21 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

Para muro M3

Datos: $U_{M3} = 1.74 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$; $A_{M3} = 124.74 \text{ m}^2$; $\Delta T_{DT} = 9.50 \text{ }^\circ\text{C}$

$$Q_{M3} = U_{M3} \cdot A_{M3} \cdot \Delta T_{DT} \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right) = 1.74 \cdot 124.74 \cdot 9.5 \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right) = 2061.95 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

Techo N4

Datos: $U_{N4} = 1.614 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$; $A_{N4} = 916.5 \text{ m}^2$; $\Delta T_{DT} = 9.50 \text{ }^\circ\text{C}$

$$Q_{N4} = U_{N4} \cdot A_{N4} \cdot \Delta T_{DT} \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right) = 1.614 \cdot 916.5 \cdot 9.5 \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right) = 14052.69 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

Piso M4

Datos: $U_{M4} = 1.882 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$; $A_{M4} = 916.5 \text{ m}^2$; $\Delta T_{DT} = 9.50 \text{ }^\circ\text{C}$

$$Q_{M4} = U_{M4} \cdot A_{M4} \cdot \Delta T_{DT} \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right) = 1.882 \cdot 916.5 \cdot 9.5 \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right) = 16386.10 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \lim_{\delta x \rightarrow 0}$$

Carga térmica de calefacción por infiltración

Datos: $U_D = 4.329 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$; $A_D = 31.05 \text{ m}^2$; $\Delta T_{DT} = 9.50 \text{ }^\circ\text{C}$

$$Q_D = U_D \cdot A_D \cdot \Delta T_{DT} \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right) = 4.329 \cdot 31.05 \cdot 9.5 \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right) = 1276.95 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

Carga térmica de calefacción por luminaria

Es carga que se da al sistema, en si el museo se calienta con la carga por luminaria eso es para sistema de calefacción que retaría. En las cargas para refrigeración se hallaron, son las mimas.

$$Q_{LI} = -2332.559 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

Carga térmica de calefacción de los visitantes al museo

En este caso en lo mismo que la condición de que la carga de térmica de los visitantes se resta a la carga total de calefacción.

$$Q_{TP} = -3390 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

4.12. Resumen de carga térmica de calefacción

Tabla 34

Resumen de carga térmica de calefacción

Símbolo	Orientación	Área (m ²)	Coeficiente Global de Transferencia de Calor U		Calor	
			(Kcal/hr-m ² -°C)	DTequiv (°C)	Sensible (Kcal/hr)	Latente (Kcal/hr)
Pérdida de Calor por Paredes Interiores, Piso y Puertas						
N-1-2-3	V	151.62 m ²	2.37	9.50°C	3413.72	
M-4	V	916.50 m ²	1.88	9.50°C	16386.10	
D-1-2	V	31.05 m ²	4.33	9.50°C	1276.95	
Pérdida de Calor por Paredes Exteriores						
M1	SE	304.92 m ²	2.360	9.50°C	6836.31	
M2	NE	130.20 m ²	1.740	9.50°C	2152.21	
M3	NO	124.74 m ²	1.740	9.50°C	2061.95	
Pérdida de Calor a Través del Techo						
N4	H	916.51 m ²	1.61	9.50°C	14052.69	
Calor Debido a las Personas						
			Ganancia Sensible =	71 Kcal/hr	-2130.00	-1260.00
	Número de		Ganancia Latente =	42 Kcal/hr		
	Personas =	30				
Calor Debido a la Iluminación						
	Iluminación				-2332.56	
			Carga Térmica Total (kcal/hr) =		41717.37	-1260.00
			Carga Térmica Sensible (kcal/hr) =	40457.371		(kcal/hr)
			Carga Térmica Latente (kcal/hr) =	-1260.00		(kcal/hr)
			Carga Térmica Total (kcal/hr) =	40457.371		(kcal/hr)

Nota: La tabla representa un resumen detallado de la carga térmica de calefacción del museo de Calca, elaboración propia.

4.13. Carga térmica de calefacción con un Factor de Seguridad del 15% Adicional

Tabla 35

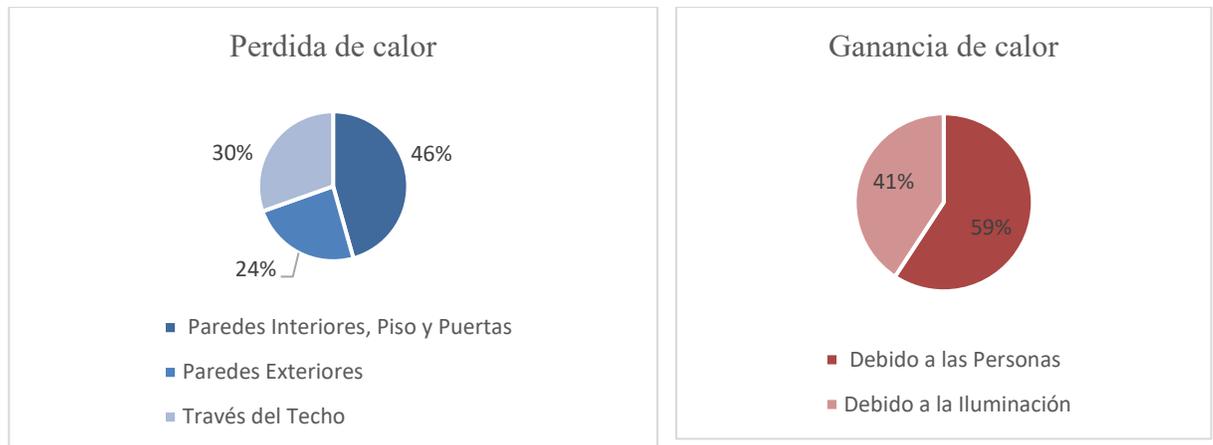
Carga Térmica de calefacción con un Factor de Seguridad del 15% adicional

Carga Térmica Sensible (kcal/hr) =	40457.371 Kcal /hr
Carga Térmica Latente (kcal/hr) =	-1260.00 Kcal /hr
Carga Térmica Total (kcal/hr) =	46525.98 Kcal /hr

Nota: La tabla representa un resumen de la carga térmica de calefacción con un factor de seguridad del 15% adicional, elaboración propia.

Figura 39

Gráficos de análisis de carga térmica de calefacción



Nota: Las figuras representan análisis de carga térmica de calefacción en porcentaje de pérdida y ganancia de calor, elaboración propia.

CAPÍTULO V

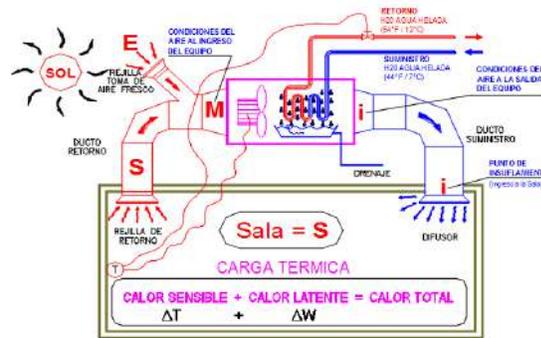
5. DISEÑO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

5.1. Capacidad de Equipos para carga de enfriamiento.

Se calculará la carga térmica de enfriamiento del museo de Calca, considerando el factor de seguridad y las características del ambiente. Se utilizará una carta psicrométrica a 2926 m.s.n.m. El equipo de aire acondicionado incluye: toma de aire (E), insuflación de aire fresco (I), rejilla de retorno (R), punto de mezcla (M) y el ambiente del museo (S).

Figura 40

Modelo de equipo de aire acondicionado al ambiente del museo (ERP 2021)



Nota: La figura representa el modelo de equipo de aire acondicionado diseñado para el ambiente del museo, utilizado en el estudio de la carta psicrométrica, obtenido de ERP (2021).

Datos:

Ubicación el Punto E: Condiciones exteriores del ambiente de museo.

$$T_E = 25.31^\circ\text{C}; \text{HR}_E = 78.95 \%; h_E = 84.63 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}; \rho_E = 0.815 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Volumen específico del aire:

$$V_{\text{esp.}_E} = \frac{1}{\rho_E} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right) = \frac{1}{0.815} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right) = 1.2269 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$\text{Humedad absoluta: } w_E = 0.0232 \frac{\text{Kg H}_2\text{O}}{\text{kg Aire}}$$

Ubicación el Punto S, Condiciones interiores del ambiente del museo:

$$T_{\text{int}} = T_s = 21^\circ\text{C}; H_{\text{int}} = H_s = 50 \%$$

Datos recolectados para condiciones interiores de la carta psicrométrica:

$$h_s = 11.802 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \text{ (Entalpía)}; \rho_s = 0.833 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ (Densidad del aire)}$$

$$\text{Volumen específico del aire en punto S. } V_{\text{esp.}_S} = \frac{1}{\rho_s} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right) = \frac{1}{0.833} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right) = 1.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

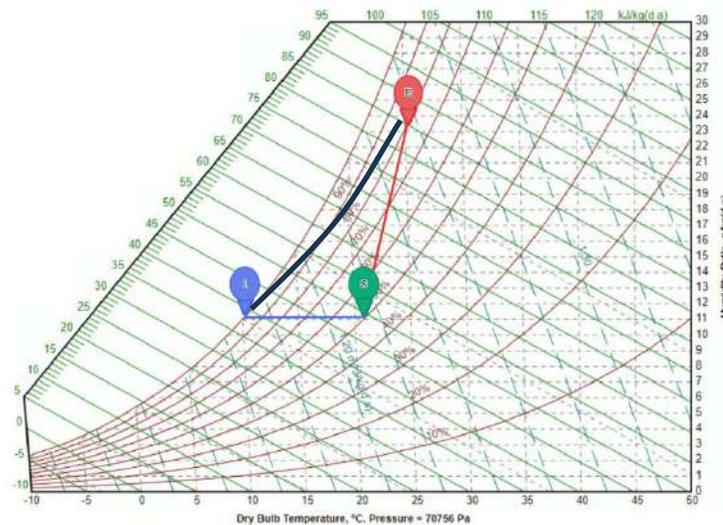
$$\text{Humedad absoluta: } w_s = 0.011129 \frac{\text{Kg H}_2\text{O}}{\text{kg Aire}}$$

Ubicación del punto de insuflamiento (i)

Para ubicar el punto de insuflamiento lo realizaremos mediante la carta psicrométrica, se encuentra al trazar una paralela en el punto S.

Figura 41

Carta psicrométrica para la carga de enfriamiento



Nota: La figura representa la carta psicrométrica para la carga de enfriamiento, utilizada bajo las condiciones del museo de Calca, modificada de Flycarpet (2024).

Ubicación el Punto i, punto de insúflamelo y valores obtenidos de la carta psicometría:

$T_i = 10.11 \text{ }^\circ\text{C}$ (Temperatura del bulbo seco), $HR_i = 95\%$ (Humedad relativa)

$h_i = 8.812 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$ (Entalpía), $\rho_i = 0.865 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ (Densidad del aire)

Volumen específico del aire: $V_{\text{esp.}_i} = \frac{1}{\rho_s} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right) = \frac{1}{0.865} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right) = 1.15606 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Humedad absoluta: $w_i = 0.010563 \frac{\text{Kg H}_2\text{O}}{\text{kg Aire}}$

5.2. Flujo de insuflamiento

En la imagen de la carta psicrométrica, el aire va desde el punto de insuflamiento al punto S de la sala, donde se observa una variación de entalpía. Si dividimos esta variación de entalpía por la carga térmica total de enfriamiento, se obtendría un flujo volumétrico.

$Q_{\text{total}} = m_i \times \Delta h_{s-i} \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right); m_i \left(\frac{\text{kg}}{\text{hr}} \right)$ Flujo de masa de insuflamiento

$\Delta h_{s-i} \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right)$ Variación de entalpía entre la sala y el insuflamiento

Datos: $h_i = 8.812 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right), h_s = 11.802 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right), Q_{\text{Total}} = 49189 \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right)$

Hallando el flujo de insuflamiento

$$\dot{m}_i = \frac{\dot{Q}_{\text{total}}}{\Delta h_{s-i}} = \frac{49189}{11.802 - 8.812} = 16451.1705 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}$$

Dividiendo por la densidad del insuflamiento, se obtendrá el flujo volumétrico de insuflamiento en CFM.

$\rho_i = 0.865 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ (Densidad del aire de insuflamiento)

$\dot{m}_{i_v} = \frac{\dot{m}_i}{\rho_i} = \frac{16451.1705}{0.865} = 19018.694 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ (Flujo volumetrico)

$\dot{m}_{i_v} = 19018.694 \cdot 0.58861$ (CFM) = 11194.593 CFM \approx 11200 CFM

$A_{N4} = 916.5 \text{ m}^2, \dot{m}_{i_v_A} = \frac{11200}{916.5} \left(\frac{\text{CFM}}{\text{m}^2} \right) = 12.22 \frac{\text{CFM}}{\text{m}^2}$ (Flujo por area)

5.3. Aire exterior

La ventilación interna del museo, ASHRAE y derivación de ella que es la norma técnica EM.030 indica la ventilación mínima de un ambiente debe tener, la calidad de aire debe ser la idónea para las personas que se encuentran en recinto (EM.030 2020a). El museo es

un ambiente muy cerrado, se acumulan gases contaminantes no renovados y olores como dióxido de carbono existentes en el espacio. Por lo tanto, es prescindible tener ventiladores en el ambiente para tener una renovación adecuada del aire, se suministre aire fresco y se retire el aire viciado, a fin de tener un confort térmico adecuado.

$$\dot{V}_E = R_p \times P + R_a \times A \left(\frac{1}{s} \right), A = 916.5 \text{ m}^2 \text{ Área total de museo, } P_{er} = 30 \text{ pers. Número de personas}$$

Factores mínimos de ventilación para el museo obtenidos.

$$\text{Caudal del aire exterior por persona: } R_p = 3.8 \left(\frac{1}{s \cdot \text{personas}} \right)$$

$$\text{Caudal de aire exterior por superficie: } R_a = 0.3 \left(\frac{1}{s \cdot \text{m}^2} \right)$$

Reemplazando

$$V_E = 3.8 \cdot 30 + 0.3 \cdot 916.5 = 388.95 \frac{1}{s} \quad (\text{Cálculo inicial del volumen})$$

$$V_E = 388.95 \cdot 1.3 = 505.635 \frac{1}{s} \quad (\text{Volumen con factor de seguridad})$$

$$V_E = 2.11888 \cdot 505.635 = 1071.3798 \text{ CFM} \quad (\text{Volumen en CFM})$$

$$V_E = 0.58861 \cdot 1071.3798 = 630.6248 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \quad (\text{Volumen ajustado por factor})$$

$$\rho_E = 0.815 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (\text{Densidad del aire exterior})$$

$$m_E = \rho_E \cdot V_E \left(\frac{\text{Kg}}{\text{hr}} \right) = 0.815 \cdot 630.6248 = 513.959 \frac{\text{Kg}}{\text{hr}} \quad (\text{Flujo másico del aire exterior})$$

5.4. Porcentaje de Aire Exterior

El porcentaje de aire exterior es la división del flujo de masa exterior entre el flujo de masa de insuflamiento.

$$\%AE = \frac{\dot{m}_E}{\dot{m}_i} \quad (\text{Porcentaje de aire exterior del museo})$$

$$\dot{m}_i = 16451.1705 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} \quad (\text{Flujo de insuflamiento}), \dot{m}_E = 513.959 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} \quad (\text{Flujo de exterior})$$

$$\%AE = \frac{\dot{m}_E}{\dot{m}_i} (\%) = \frac{513.959}{16451.1705} = 0.031 \times 100 (\%) = 3.1\%$$

5.5. Punto de mezcla

El punto de mezcla está ubicado entre el punto exterior y el punto de sala. Esto implica que la temperatura de mezcla está compuesta por el porcentaje de aire exterior y las variables de la temperatura exterior y de la sala, como se observa en el siguiente cálculo:

Temperatura de mezcla en el ambiente del museo

$$T_M = T_S + (\%AE) \times (T_E - T_S) \quad (\text{Ecuación para calcular la temperatura})$$

$$T_E = 25.31^\circ\text{C} \quad (\text{Temperatura E}), T_S = 21^\circ\text{C} \quad (\text{Temperatura S})$$

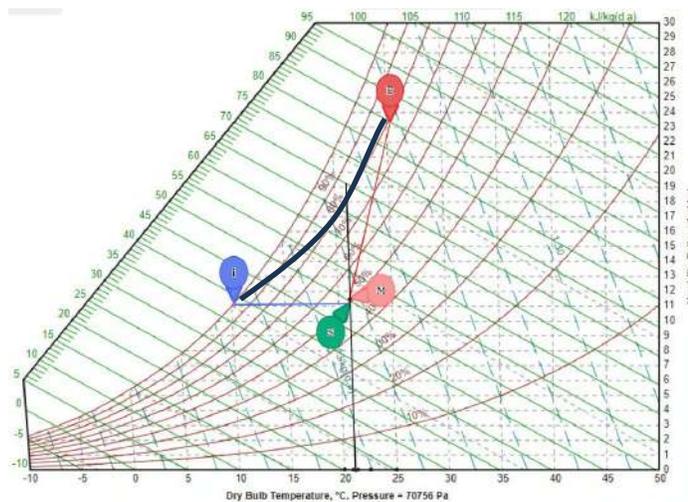
$$\%AE = 3.1\% \quad (\text{Porcentaje AE})$$

$$T_M = 21 + (3.1\%) \times (25.31 - 21) = 21.134^\circ\text{C}$$

Con la temperatura del punto de mezcla de bulbo seco, se ingresa a la carta psicrométrica, se intercepta la recta de los puntos de la temperatura exterior y la temperatura de la sala, y se encuentran las propiedades del aire en el punto de mezcla, como se observa en la imagen.

Figura 42

Ubicación de punto de mezcla en la carta psicrométrica (Flycarpet 2024)



Nota: La figura representa la carta psicométrica del punto de mezcla, utilizada bajo las condiciones del museo de Calca, adaptada de Flycarpet (2024).

$$H_M = 51.5\% \text{ (Humedad relativa del punto de mezcla)}, h_M = 12.09847 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \text{ (Entalpía)}$$

$$\rho_M = 0.832 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ (Densidad del aire punto de insuflamiento)}$$

$$V_M = \frac{1}{\rho_S} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right) \text{ (Volumen específico del aire en punto M.)}$$

$$V_M = \frac{1}{0.832} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right), V_M = 1.2019 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, w_M = 0.011563 \frac{\text{Kg } H_2O}{\text{kg Aire}} \text{ (Humedad absoluta en punto M.)}$$

5.6. Capacidad de equipo

La capacidad del equipo se encuentra entre el punto de mezcla y el punto de insuflamiento. Se observa una variación de entalpía que, multiplicada por la masa de aire insuflada, determinará la capacidad del equipo.

$$\dot{Q}_{CE} = \dot{m}_i \times (\Delta h_{M-i}) \text{ (Kcal/hr) (Capacidad total del equipo)}$$

$$\dot{m}_i = 16451.171 \text{ kg/hr (Datos de flujo de masa de punto de insuflamiento)}$$

$$h_i = 8.812 \text{ kcal/kg (Entalpía de insuflamiento)}, h_M = 12.099 \text{ kcal/kg (Entalpía en punto de mezcla)}$$

$$\Delta h_{M-i} = h_M - h_i \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right) \text{ (Variación de entalpía entre la entalpía de mezcla y el punto de insuflamiento)}$$

$$\Delta h = 12.099 - 8.812 \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right), \Delta h_{M-i} = 3.287 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

$$\dot{Q}_{CE} = 16451.171 \times 3.287 = 54074.999 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

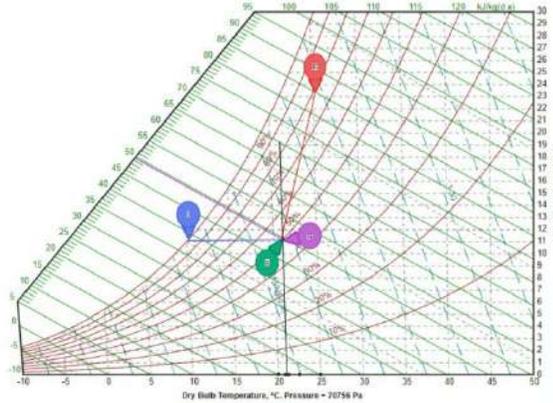
$$\dot{Q}_{CE} = \frac{54074.999}{3024} = 17.882 \text{ TR} \approx 18 \text{ TR}$$

Capacidad sensible y latente del equipo

Se determina h_x que es la intersección de la recta horizontal que pasa por punto de insuflamiento (i) y la recta vertical que pasa por punto de mezcla (M). Como se muestra en la figura de la carta psicométrica.

Figura 43

Punto de intercesión de punto x en la carta psicométrica



Nota: La figura representa la carta psicrométrica del punto de intersección de punto X, utilizada bajo las condiciones del museo de Calca, adaptada de Flycarpet (2024).

Datos obtenidos:

$$h_x = 11.845 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \text{ (Entalpía en punto X)}$$

$$\dot{Q}_{cs} = \dot{m}_i \times (h_x - h_i) \left[\frac{\text{kcal}}{\text{hr}} \right] \text{ (Capacidad Sensible del Equipo)}$$

$$\dot{m}_i = 16451.171 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} \text{ (Datos de flujo de masa de punto de insuflamiento)}$$

$$h_i = 8.812 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \text{ (Entalpía de insuflamiento)}$$

$$\dot{Q}_{cs} = 16451.171 \times (11.845 - 8.812) = 49896.402 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

$$Q_{cs} = \frac{49896.402}{3024} = 16.5 \text{ TR (Calor sensible total)}$$

$$\dot{Q}_{CL} = \dot{m}_i \times (h_M - h_x) \left[\frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \right] \text{ (Capacidad latente del equipo)}$$

$$h_M = 12.099 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \text{ (Entalpía en punto de mezcla)}$$

$$\dot{Q}_{CL} = 16451.171 \times (12.099 - 11.845) = 4178.597 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

$$\dot{Q}_{CL} = \frac{4178.597}{3024} = 1.3818 \text{ TR}$$

5.7. Flujo de Agua Helada

Se elige un factor de agua helada para determinar la tubería comercial, que es un valor de 2.4 GPM/TR.

$$f_{AH} = 2.40 \frac{GPM}{TR} \text{ (Factor Agua helada), } \dot{Q}_{CE} = 18 TR \text{ (Capacidad del equipo) +}$$

$$\dot{F}_{AH} = \dot{Q}_{CE} \times f_{AH} \text{ (GPM) Flujo de agua helada}$$

$$\dot{F}_{AH} = 18 \times f_{AH} = 18 \times 2.40 = 43.2 GPM \text{ (Flujo de agua helada calculado)}$$

5.8. Flujo de Agua Drenada

Para determinar cuánta agua se drenará cuando funcione el sistema y también para la selección de la tubería de drenaje.

$$\dot{F}_{AD} = \dot{m}_i \times (w_M - w_i) \text{ (Flujo de agua helada), } \dot{m}_i = 47041.386 \frac{kg}{hr} \text{ (Flujo de masa de insuflamiento)}$$

$$w_M = 0.011563 \frac{Kg H_2O}{kg Aire} \text{ (Humedad absoluta del punto de mezcla)}$$

$$w_i = 0.010563 \frac{Kg H_2O}{kg Aire} \text{ (Humedad absoluta del punto de insuflamiento)}$$

$$\dot{F}_{AD} = 47041.386 \times (0.011563 - 0.010563) = 47.04 \frac{Kg H_2O}{hr}$$

$$\dot{F}_{AD} = 47.04 \times 2.2 \frac{Lb H_2O}{hr} \text{ (Multiplicamos por factor 2.2 para tener en } \frac{Lb H_2O}{hr} \text{)}$$

$$\dot{F}_{AD} = 103.488 \frac{Lb H_2O}{hr}$$

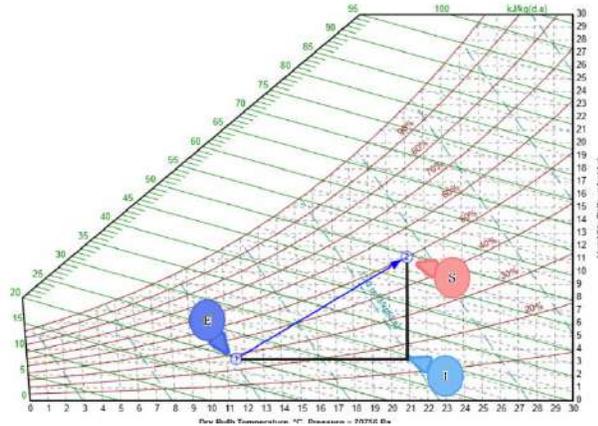
5.9. Capacidad de equipos de para carga de calefacción

Mediante el uso de la carta psicrométrica se realiza el cálculo de los equipos de calefacción a las condiciones psicrométricas parametrizadas, la carta psicrométrica tiene características a una altitud de 2926 m.s.n.m. Las características son recolectadas gracias a la plataforma online de servicio de carta psicrométrica (Flycarpet 2024).

Proceso de calefacción del museo de calca

Figura 44

Proceso de calefacción del museo de calca (Flycarpet 2024)



Nota: La figura representa la carta psicrométrica del proceso de calefacción del museo de Calca, utilizada bajo las condiciones del museo de Calca, adaptada de Flycarpet (2024).

Condiciones exteriores del museo para cargas de calefacción

Ubicación el Punto E:

Condiciones exteriores del ambiente de museo para calefacción

$$T_E = 11.5^\circ C, HR_E = 27.06 \%, h_E = 4.723 \frac{kcal}{kg} \quad (\text{Entalpía}), \quad \rho_E = 0.864 \frac{kg}{m^3} \quad (\text{Densidad del aire})$$

$$V_{esp_E} = \frac{1}{\rho_E} \left(\frac{m^3}{kg} \right) = \frac{1}{0.864} \left(\frac{m^3}{kg} \right) = 1.158 \frac{m^3}{kg} \quad (\text{Volumen específico del aire})$$

$$w_E = 0.003251 \frac{kg H_2O}{kg Aire} \quad (\text{Humedad absoluta})$$

Ubicación el Punto S:

$$T_{int} = T_s = 21^\circ C \quad (\text{Temperatura interior}), H_{int} = H_s = 50\% \quad (\text{Humedad relativa})$$

$$h_s = 11.802 \frac{kcal}{kg} \quad (\text{Entalpía}), \quad \rho_s = 0.833 \frac{kg}{m^3} \quad (\text{Densidad del aire})$$

$$V_{esp_s} = \frac{1}{\rho_s} \left(\frac{m^3}{kg} \right) \quad (\text{Volumen específico del aire en punto S})$$

$$V_{esp_s} = \frac{1}{0.833} \left(\frac{m^3}{kg} \right), V_{esp_s} = 1.2 \frac{kg}{m^3}, w_s = 0.011129 \frac{Kg H_2O}{kg Aire} \text{ (Humedad absoluta)}$$

Ubicación el Punto i:

$T_i = 21 \text{ }^\circ\text{C}$; (Temperatura del bulbo seco del punto de insúflamelo, obtenido de carta psicométrica)
 $HR_i = 14.462 \%$; (Intercepción de líneas horizontal y perpendicular, proyecciones de los puntos E y S)

Valores termodinámicos de la carta psicométrico

$$h_i = 6.955 \frac{kcal}{kg} \text{ (Entalpía)}, \rho_i = 0.837 \frac{kg}{m^3} \text{ (Densidad del aire)}$$

$$V_{esp_i} = \frac{1}{\rho_s} \left(\frac{m^3}{kg} \right) \text{ (Volumen específico del aire),}$$

$$V_{esp_i} = \frac{1}{0.837} = 1.1947 \frac{kg}{m^3}, w_i = 0.003173 \frac{Kg H_2O}{kg Aire} \text{ (Humedad absoluta)}$$

Masa de insuflamiento para la carga de calefacción

$$Q_{Total} = 46525.98 \frac{Kcal}{hr} \text{ (Carga térmica de calefacción total del museo)}$$

$$\dot{Q}_{total} = \dot{m}_i \times \Delta h_{i_E} \left(\frac{Kcal}{hr} \right)$$

$$\dot{m}_i = \frac{\dot{Q}_{total}}{\Delta h_{s_i}} = \frac{46525.98}{11.802 - 6.955} = 9598.923 \frac{kg}{hr}$$

$$\rho_i = 0.837 \frac{kg}{m^3} \text{ (Densidad del aire de insuflamiento)}$$

$$\dot{m}_{i_v} = \frac{\dot{m}_i \left(\frac{kg}{m^3} \right)}{\rho_i} = \frac{9598.923}{0.837} = 11468.247 \frac{kg}{m^3}$$

$$\dot{m}_{i_v} = 11468.247 \cdot 0.58861 = 6750.324 \text{ CFM} \approx 6751 \text{ CFM}$$

Humidificador

$$w_i = 0.003173 \frac{\text{Kg } H_2O}{\text{kg Aire}} \quad (\text{Humedad absoluta en I.})$$

$$w_s = 0.011129 \frac{\text{Kg } H_2O}{\text{kg Aire}} \quad (\text{Humedad absoluta en S.})$$

$$\dot{m}_i = 9598.923 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} \quad (\text{Flujo másico de aire})$$

$$\dot{m}_{\text{vapor}} = \dot{m}_i \times (w_s - w_i) \left[\frac{\text{Kg } H_2O}{\text{hr}} \right] \quad (\text{Suministro de agua para la humidificación})$$

$$\dot{m}_{\text{vapor}} = 9598.923 \times (0.011129 - 0.003173) = 76.369 \frac{\text{Kg } H_2O}{\text{hr}} \approx 80 \frac{\text{Kg } H_2O}{\text{hr}}$$

5.10. Diseño de ductos de aire acondicionado

Para el diseño de ducto se realiza con acero galvanizado. Se debe conocer la caída de presión por longitud, recomendable es de 0.1 que puede ser mayor o menor eso dependerá de la velocidad del aire.

Características de ductos de aire frío (Azahuanche 2021a):

- Caída de Presión por Unidad de Longitud (DP/L) = 0.1

La caída de presión total del sistema de ductos es aquel que tenga una ruta crítica, es decir es aquel ducto que tiene una longitud considerable y con diferentes accesorios de conexión, esto se debe calcular.

5.10.1. Distribución de caudal de aire

Según los cálculos de la carta psicométrica y el flujo de insuflamiento de aire con valor de 11200 CFM y por cada 1 metros cuadrado del museo, el insuflamiento de aire es de 12.22 CFM.

Se distribuye en cuadro zonas como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 36

Zonas distribución de flujo insuflamiento

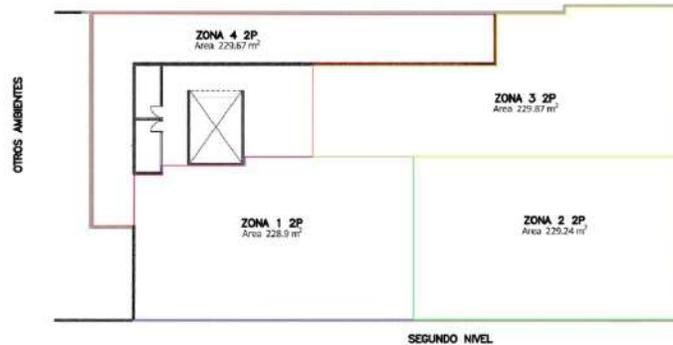
Zona	Área (m ²)
Zona 1 2p	228.9
Zona 2 2p	229.24
Zona 3 2p	229.87

Nota: La tabla representa las zonas de distribución del flujo de insuflamiento del establecimiento del museo de Calca, elaboración propia.

Las Zonas se observa en la siguiente imagen del plano distribuido.

Figura 45

Zonas asignadas con su respectiva característica geométrica



Nota: La figura representa las zonas asignadas con sus respectivas características geométricas del museo de Calca, adaptadas de los planos del museo de Calca (2017).

Cálculo de CFM de insuflamiento de aire por zonas

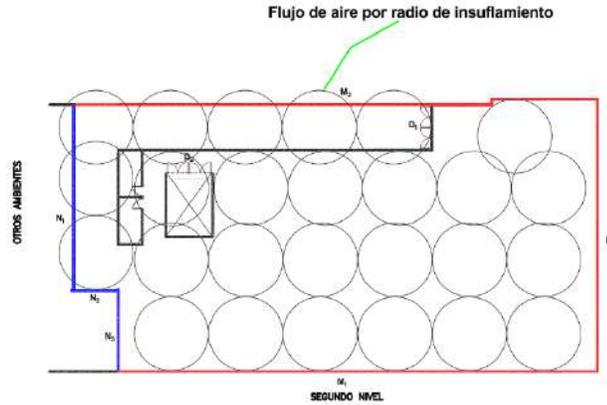
ZONA	$A_{\text{zona}} \times \left(12.22 \frac{\text{CFM}}{\text{m}^2} \right)$	Flujo de insuflamiento de cada Zona
ZONA 1 2P	$Z_{\text{isufl}_1} = 228.9 \times 12.22 \text{ (CFM)}$	$Z_{\text{isufl}_1} = 2797.158 \text{CFM} \approx 2800 \text{CFM}$
ZONA 2 2P	$Z_{\text{isufl}_2} = 229.24 \times 12.22 \text{ (CFM)}$	$Z_{\text{isufl}_2} = 2801.31 \text{CFM} \approx 2800 \text{CFM}$
ZONA 3 2P	$Z_{\text{isufl}_3} = 229.87 \times 12.22 \text{ (CFM)}$	$Z_{\text{isufl}_3} = 2809.01 \text{CFM} \approx 2800 \text{CFM}$
ZONA 4 2P	$Z_{\text{isufl}_4} = 229.67 \times 12.22 \text{ (CFM)}$	$Z_{\text{isufl}_4} = 2806.56 \text{CFM} \approx 2800 \text{CFM}$

5.10.2. Diseño previo del sistema de suministro de aire

Los lugares de difusores y rejillas se asignan de acuerdo recomendaciones de normas y autores, mencionan que el radio de difusión es de aproximadamente 10 pies (3.048 metros) (Pita 1994:303). Las rejillas deben estar ubicadas dentro de ese radio y pueden estar en el techo o en las paredes, dependiendo de la aplicación y los espacios disponibles. Según esto, se ubica el punto de difusión y las rejillas, como se observa en la siguiente imagen.

Figura 46

Flujo de aire por radio (10 pies) de insuflamiento



Nota: La figura representa el flujo de aire por radio (10 pies) de insuflamiento del museo de Calca, adaptada de los planos del museo de Calca (2017).

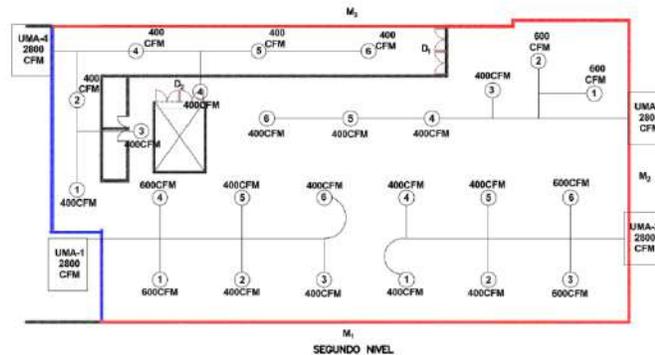
5.10.3. Distribución de flujo de aire por radio de insuflamiento

La distribución de flujo de aire se realizará de acuerdo con el radio de insuflamiento (10 pie) como parámetro inicial si, el área aumenta se aumentará el flujo de insuflamiento de manera proporcional.

Con estas consideraciones, se dispone a distribuir el flujo de aire y asignar las unidades manejadoras de aire, como se aprecia en la siguiente imagen.

Figura 47

Distribución del flujo de insuflamiento con respecto al radio de insuflamiento



Nota: La figura representa la distribución del flujo de insuflamiento con respecto al radio de insuflamiento del museo de Calca, adaptada de los planos del museo de Calca (2017).

Se hizo la distribución respetando las normas de velocidad de flujo en tuberías principales y secundarias y también respetando el área de insuflamiento

5.11. Diseño de ductos mediante método de igual fricción

Para esto se debe cumplir siguientes parámetros: Las velocidades de oscilación para los ductos principales son de 1000 a 1300 FPM, mientras que para los ductos secundarios son de 600 a 900 FPM. La caída de presión por unidad de longitud (DP/L) es de 0.1 in.wc por cada 100 pies. Se asigna un caudal de aire de 0 a 2800 CFM y se debe considerar el radio de insuflación.

5.11.1. Diseño de ductos con las de tablas de ASHRAE

El diseño consta de entrar a la tabla con datos de caudal de aire y la caída de presión por unidad de longitud, usando las siguientes tablas: Los ductos rectangulares pueden tener una altura máxima de seis veces la base. Además, se dispone de una tabla de fricción para conductos redondos que muestra el caudal de aire en CFM en el eje X y la pérdida por fricción en in. de agua por cada 100 pies en el eje Y. También se cuenta con una tabla de dimensiones equivalentes para conductos rectangulares que asegura la misma fricción y caudal de aire.

5.11.2. Diseño de ductos con McQuay DuctSize

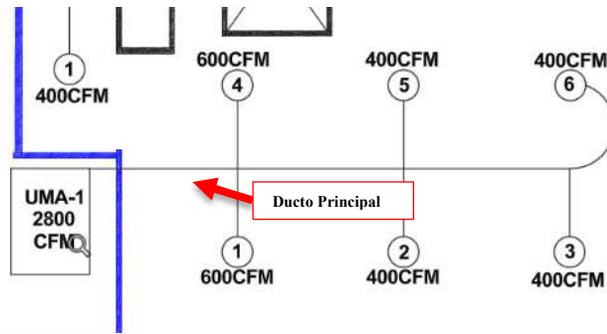
Este software que te da todo el procesamiento de las tablas con solo ingresar datos de:

-Caudal de aire en CFM - La pérdida por fricción en in w.c/100 ft

Y para la selección del ducto considerar: Los ductos rectangulares pueden tener una altura máxima de seis veces la base. Para evitar el ruido, las velocidades de oscilación deben ser de 1000 a 1300 FPM en los ductos principales y de 600 a 900 FPM en los ductos secundarios. Se realiza un ejemplo para los dos casos eligiendo un ducto principal de sistema de suministro de aire de la UMA-1, como se observa en la imagen:

Figura 48

Ducto principal del sistema de suministro de aire de la UMA-01



Nota: La figura representa el ducto principal del sistema de suministro de aire de la UMA-01 del museo de Calca, adaptada de los planos del museo de Calca (2017).

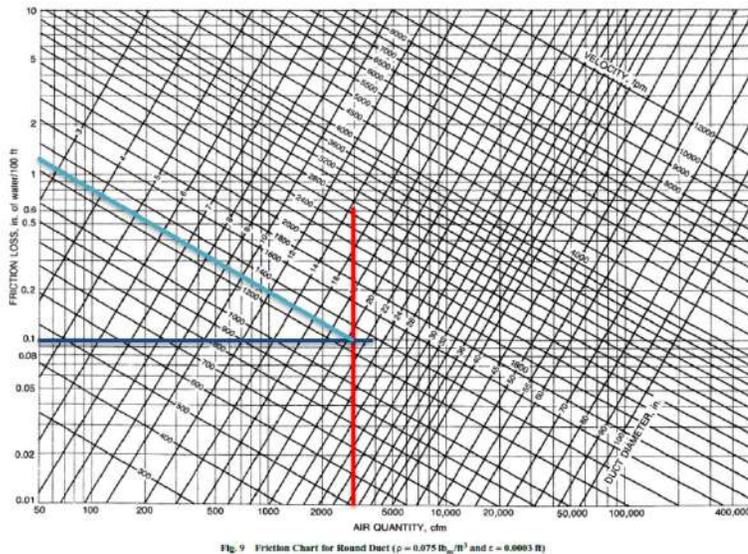
Características del ducto principal

- Caudal de aire 2800 CFM
- La pérdida por fricción en 0.1 in.wc/100 ft

Diseño con las tablas de ductos de ASHRAE y ingresamos a la tabla con esos datos.

Figura 49

Tabla de Fricción para Ducto Redondo (ASHRAE 2021:620)



Nota: La figura representa el diseño del ducto mediante la tabla de fricción para ducto redondo, adaptada de la norma ASHRAE (2021).

Datos encontrados: Diámetro equivalente: 21 in, Velocidad de flujo de aire: 1280 FPM

Conversión a ducto rectangular: Uso de la tabla Dimensiones equivalentes de un conducto rectangular para igual fricción y caudal de aire.

Figura 50

Dimensiones equivalentes de un conducto rectangular para la misma fricción y caudal de aire (ASHRAE 2021:622).

Circular Diameter, in.	Length of One Side of Rectangular Duct, in.																					
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	
4	5																					
5.5	6	5																				
6	8	6																				
6.5	7	7	6																			
7	11	8	7																			
7.5	13	10	8	7																		
8	15	12	9	8																		
8.5	17	13	10	9																		
9	20	15	12	10	9																	
9.5	22	17	13	11	10																	
10	25	19	14	12	10																	
10.5	29	21	16	14	12	10																
11	32	24	18	15	13	10																
11.5	36	26	19	16	14	12	11															
12	39	29	21	18	15	13	12															
12.5	43	32	23	19	16	14	13															
13	46	35	25	20	17	15	14															
13.5	49	38	27	21	18	16	15															
14	52	41	29	22	19	17	16															
14.5	55	44	31	23	20	18	17															
15	58	47	33	24	21	19	18															
15.5	61	50	35	25	22	20	19															
16	64	53	37	26	23	21	20															
16.5	67	56	39	27	24	22	21															
17	70	59	41	28	25	23	22															
17.5	73	62	43	29	26	24	23															
18	76	65	45	30	27	25	24															
18.5	79	68	47	31	28	26	25															
19	82	71	49	32	29	27	26															
19.5	85	74	51	33	30	28	27															
20	88	77	53	34	31	29	28															
20.5	91	80	55	35	32	30	29															
21	94	83	57	36	33	31	30															
21.5	97	86	59	37	34	32	31															
22	100	89	61	38	35	33	32															
22.5	103	92	63	39	36	34	33															
23	106	95	65	40	37	35	34															
23.5	109	98	67	41	38	36	35															
24	112	101	69	42	39	37	36															
24.5	115	104	71	43	40	38	37															
25	118	107	73	44	41	39	38															
25.5	121	110	75	45	42	40	39															
26	124	113	77	46	43	41	40															
26.5	127	116	79	47	44	42	41															
27	130	119	81	48	45	43	42															
27.5	133	122	83	49	46	44	43															
28	136	125	85	50	47	45	44															
28.5	139	128	87	51	48	46	45															
29	142	131	89	52	49	47	46															
29.5	145	134	91	53	50	48	47															
30	148	137	93	54	51	49	48															
30.5	151	140	95	55	52	50	49															
31	154	143	97	56	53	51	50															
31.5	157	146	99	57	54	52	51															
32	160	149	101	58	55	53	52															
32.5	163	152	103	59	56	54	53															
33	166	155	105	60	57	55	54															
33.5	169	158	107	61	58	56	55															
34	172	161	109	62	59	57	56															
34.5	175	164	111	63	60	58	57															
35	178	167	113	64	61	59	58															
35.5	181	170	115	65	62	60	59															
36	184	173	117	66	63	61	60															
36.5	187	176	119	67	64	62	61															
37	190	179	121	68	65	63	62															
37.5	193	182	123	69	66	64	63															
38	196	185	125	70	67	65	64															
38.5	199	188	127	71	68	66	65															
39	202	191	129	72	69	67	66															
39.5	205	194	131	73	70	68	67															
40	208	197	133	74	71	69	68															

Nota: La figura representa el diseño del ducto, incluyendo las dimensiones equivalentes de un conducto rectangular para la misma fricción y caudal de aire, adaptada de la norma ASHRAE (2021).

Datos obtenidos del ducto rectangular: Ancho b: 20 i, Altura h: 18 in

- Cumple la condición: $\frac{h}{b} < \left(\frac{1}{6}, \frac{18}{20} < \left(\frac{1}{6}, 0.9 < 0.166\right) \right)$ (¡Si cumple!)

Diseño de ductos con el software de McQuay DuctSize

Ingresamos con los datos siguientes: Caudal de aire 2800 CFM, La pérdida por fricción en 0.1 in.wc/100 ft

Figura 51
Cálculo de dimensiones de ductos mediante software McQuay



Nota: La figura representa el diseño del ducto, mediante el software McQuay, obtenido de McQuay (2024).

Datos obtenidos: Velocidad 1223.5 FPM, Diámetro equivalente: 20.5 in, Ducto rectangular : Ancho: 20 in y Altura: 18 in

Como observa el procedimiento de cálculo de las dimensiones de los ductos de aire acondicionado con las tablas de ASHRAE y software McQuay, son los mismo. Se procede al calcular para los cuatro sistemas insuflamiento con caudal de 2800 CFM cada uno.

5.12. Suministro de Aire 01

Para tener dimensiones de los ductos y modelado apropiado de la ubicación de los ductos en el recinto del museo, se modela todo el edificio del museo con sus dimensiones reales. El software elido donde se debe detalla la ubicación del sistema de ductos como es el de suministro y retorno de aire. Es el software Revit Mep- 2025 que cuenta con familias de equipos de climatización comerciales y que estos se puedan conectar de acuerdo con las dimensiones elegidas (Revit 2024).

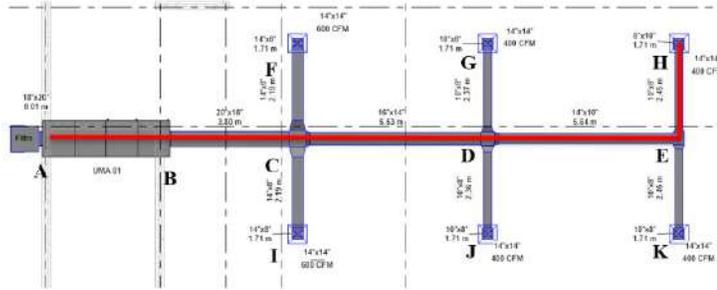
Equipos de climatización del suministro de Aire 01

- Unidad manejadora de aire Horizontal (UMA)
Caudal de aire: 2800 CFM, Bobina de refrigeración, Filtros, Compuestas de aire, Compuerta de control, Ventilador.
- Ductos
Ductos dimensionados por software o las tablas de ASHRAE. Difusores de suministro. Uniones de conductos

Plano de detalle de Equipos de climatización del suministro de Aire 01

Figura 52

Disposición de Suministro de aire 01 y la ruta crítica línea roja



Nota: La figura representa la disposición de suministro de aire 01 y la ruta crítica (línea roja) para determinar la potencia del ventilador del museo de Calca, adaptada de Revit (2024).

Tabla de ductos del suministro de aire 01

En la tabla se detallan las velocidades, la longitud, el ducto que forma parte de la ruta crítica, tamaño, flujo, y las pérdidas de presión.

Tabla 37

Tabla de conductos - UMA 01 - Suministro de Aire 01

Sección	Flujo (CFM)	Longitud (m)	Velocidad (FPM)	Tamaño total	Fricción (in-wg/100ft)	Pérdida de carga (in-wg)	Ruta crítica
B-C	2800	3.8	1120	20"x18"	0.085	0.011	Sí
A	2000	0.01	800	18"x20"	0.046	0	Sí
C-D	1600	5.53	1030	16"x14"	0.097	0.018	Sí
D-E	800	5.64	820	14"x10"	0.088	0.016	Sí
C-F	600	2.19	770	14"x8"	0.092	0.007	No
F	600	1.71	770	14"x8"	0.092	0.005	No
C-I	600	2.19	770	14"x8"	0.092	0.007	No
I	600	1.71	770	14"x8"	0.092	0.005	No
E-H	400	2.45	720	10"x8"	0.097	0.008	Sí
E-K	400	2.45	720	10"x8"	0.097	0.008	No
D-J	400	2.36	720	10"x8"	0.097	0.007	No
H	400	1.71	720	8"x10"	0.097	0.005	Sí
J	400	1.71	720	10"x8"	0.097	0.005	No
K	400	1.71	720	10"x8"	0.097	0.005	No
D-G	400	2.37	720	10"x8"	0.097	0.008	No

Nota: La tabla representa características de conductos - UMA 01 - Suministro de Aire 01, con características importantes de la ruta crítica y pérdidas de carga, adaptada de Revit (2024).

Tabla de uniones de conducto de suministro de aire 01

En la tabla se muestra la familia el tipo de uniones de conducto de suministro de aire 01; así mismo el tamaño, la perdida de carga y la ruta crítica.

Tabla 38

Tabla de planificación de uniones de conducto Suministro de Aire 01

Familia y tipo	Tamaño	Pérdida de presión	
		in de agua	Ruta crítica
Rectangular Cross: Standard	20"x18"-20"x18"-20"x18"-20"x18"	0	Sí
Rectangular Tee: Standard	14"x10"-14"x10"-14"x10"	0	Sí
Rectangular Cross: Standard	16"x14"-16"x14"-16"x14"-16"x14"	0	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	No
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	No
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x14"-8"x14"	0.03	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x14"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x14"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x14"-8"x10"	0.01	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x14"-8"x14"	0.03	No
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-16"x14"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x14"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x14"-14"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x14"-14"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x10"-10"x8"	0.01	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x10"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x14"-14"x10"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x14"-10"x8"	0	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x14"-10"x8"	0	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-14"x8"	0	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-14"x8"	0	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-18"x20"	0	Sí

Nota: La tabla representa las características de planificación de uniones de conducto para el Suministro de Aire 01, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de presión, adaptada de Revit (2024).

Tabla de terminales y quipo de aire de conducto de suministro de aire 01

Se detalla la familia y tipo de terminales de aire; además el flujo que maneja, el tamaño, la pérdida de carga y ruta crítica.

Tabla 39

Terminales y equipos de aire de conducto de suministro de aire 01

Familia y tipo	Flujo	Tamaño	Pérdida de carga (in-wg)	Ruta crítica
Supply Diffuser: Difusor de 14 x 14 de 600	600 CFM	14"x14"	0.033	No
Supply Diffuser: Difusor 14 x 14 de 400	400 CFM	14"x14"	0.015	No
Supply Diffuser: Difusor 14 x 14 de 400	400 CFM	14"x14"	0.015	Sí
Supply Diffuser: Difusor 14 x 14 de 400	400 CFM	14"x14"	0.015	No
Supply Diffuser: Difusor 14 x 14 de 400	400 CFM	14"x14"	0.015	No
Supply Diffuser: Difusor de 14 x 14 de 600	600 CFM	14"x14"	0.033	No
Filtro	2800 CFM	20"x18"	0.43	SI

Nota: La tabla representa las características de terminales y equipos de aire del conducto de suministro de aire 01, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de presión, adaptada de Revit (2024).

Pérdida total de presión de ductos del suministro de aire 01

Es necesario calcular la pérdida total del sistema de suministro de aire 01 porque es parámetro importante para elegir el ventilador. En este sentido, la mayor cantidad de pérdidas de presión no los dará la ruta crítica.

Tabla 40

Perdida de la ruta crítica del suministro de aire 01

Conductos de Suministro de Aire				
Sección y Tipo	Tamaño	Fricción (in-wg/100ft)	Pérdida de carga (in-wg)	Ruta crítica
B-C	20"x18"	0.085	0.011	Sí

A	18"x20"	0.046	0	Si
C-D	16"x14"	0.097	0.018	Si
D-E	14"x10"	0.088	0.016	Si
E-H	10"x8"	0.097	0.008	Si
H	8"x10"	0.097	0.005	Si
Uniones de conducto Suministro de Aire				
Rectangular Cross: Standard	20"x18"-20"x18"-20"x18"-20"x18"		0	Si
Rectangular Tee: Standard	14"x10"-14"x10"-14"x10"		0	Si
Rectangular Cross: Standard	16"x14"-16"x14"-16"x14"-16"x14"		0	Si
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"		0.03	Si
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x14"-8"x10"		0.01	Si
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x10"-10"x8"		0.01	Si
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x14"-14"x10"		0	Si
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-16"x14"		0	Si
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-18"x20"		0	Si
Terminal y equipo de aire de conducto de suministro de aire				
Supply Diffuser: Difusor 14 x 14 de 400	14"x14"		0.015	Si
Filtro	20"x18"		0.43	SI
Pérdida total de presión en el sistema=			0.553	

Nota: La tabla representa el resumen de la pérdida de la ruta crítica del suministro de aire 01, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de presión, adaptada de Revit (2024).

5.13. Retorno de Aire 01

Para tener dimensiones de los ductos de retorno de aire y modelado apropiado de la ubicación de los ductos y no interferencia con los ductos de suministro de aire se modela. El software Revit Mep- 2025 que cuenta con familias de equipos de climatización comerciales y que estos se puedan conectar de acuerdo a las dimensiones elegidas (Revit 2024).

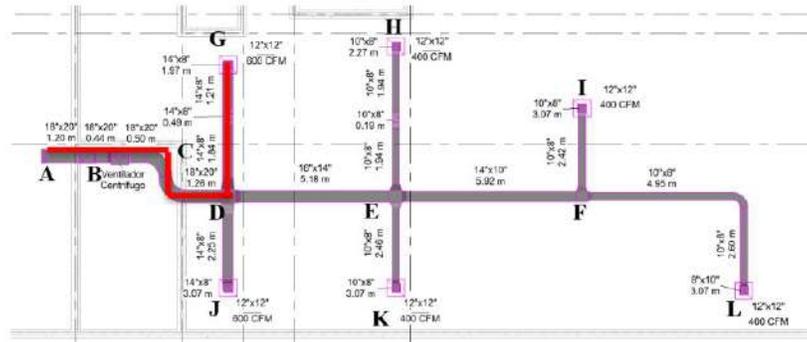
Equipos de climatización del retorno Aire 01

- Ventilador centrifugo: Caudal de aire: 2800 CFM, Compuestas de aire, Compuerta de control.
- Ductos: Ductos dimensionados por software o las tablas de ASHRAE: Difusores de retorno y Uniones de conductos.

Plano de detalle de Equipos de climatización del Retorno de Aire 01

Figura 53

Disposición de Retorno de aire 01 y la ruta crítica línea roja



Nota: La figura representa la disposición de retorno de aire 01 y la ruta crítica (línea roja) para determinar la potencia del ventilador del museo de Calca, adaptada de Revit (2024).

Tabla de ductos del retorno de aire 01

En la tabla se detallan las velocidades, la longitud, el ducto que forma parte de la ruta crítica, tamaño, flujo, y las pérdidas de presión.

Tabla 41

Conductos de Retorno de Aire 01

Sección	Flujo (CFM)	Longitud (m)	Velocidad (FPM)	Tamaño total	Fricción (in-wg/100ft)	Pérdida de carga (in-wg)	Ruta crítica
C	2800	0.03	1120	18"x20"	0.085	0	Sí
C-D	2800	1.26	1120	18"x20"	0.085	0.004	Sí
C	2800	0.5	1120	18"x20"	0.085	0.001	Sí
B	2800	0.44	1120	18"x20"	0.085	0.001	Sí
B'	1850	0.04	740	20"x18"	0.039	0	No
B'	1850	0.04	740	20"x18"	0.039	0	No
D-E	1600	5.18	1030	16"x14"	0.097	0.016	No
A-B	950	1.2	380	18"x20"	0.012	0	Sí
E-F	800	5.92	820	14"x10"	0.088	0.017	No
J	600	3.07	770	14"x8"	0.092	0.009	No
D-J	600	2.25	770	14"x8"	0.092	0.007	No
D-G	600	1.84	770	14"x8"	0.092	0.006	Sí
D'	600	0.49	770	14"x8"	0.092	0.001	Sí
D''	600	1.21	770	14"x8"	0.092	0.004	Sí
G'	600	1.97	770	14"x8"	0.092	0.006	Sí
F-L'	400	4.95	720	10"x8"	0.097	0.016	No

K'	400	3.07	720	10"x8"	0.097	0.01	No
I'	400	3.07	720	10"x8"	0.097	0.01	No
L'	400	3.07	720	8"x10"	0.097	0.01	No
F-L'	400	2.42	720	10"x8"	0.097	0.008	No
E-K	400	2.46	720	10"x8"	0.097	0.008	No
F'-L	400	2.6	720	10"x8"	0.097	0.008	No
E-H'	400	1.94	720	10"x8"	0.097	0.006	No
H"	400	0.19	720	10"x8"	0.097	0.001	No
H'	400	1.94	720	10"x8"	0.097	0.006	No
H	400	2.27	720	10"x8"	0.097	0.007	No

Nota: La tabla representa las características de los conductos de retorno de aire 01, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de carga, adaptada de Revit (2024).

Tabla de uniones de conducto de Retorno de aire 01

En la tabla se muestra la familia el tipo de uniones de conducto de Retorno de aire 01; así mismo el tamaño, la perdida de carga y la ruta crítica.

Tabla 42

Uniones de conducto Retorno de Aire 01

Familia y tipo	Tamaño	Pérdida de presión in de agua	Ruta crítica
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	18"x20"-18"x20"	0.06	Sí
Rectangular Tee: Standard	14"x10"-14"x10"-14"x10"	0	No
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	No
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	No
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x14"-8"x14"	0.017	No
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	10"x8"-10"x8"	0.03	No
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	No
Rectangular Cross: Standard	18"x20"-18"x20"-18"x20"-18"x20"	0	Sí
Rectangular Cross: Standard	16"x14"-16"x14"-16"x14"-16"x14"	0	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-14"x8"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-14"x8"	0	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-10"x8"	0	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-8"x10"	0	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-10"x8"	0	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x10"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x20"-14"x8"	0.01	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x20"-14"x8"	0.01	No

Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x20"-16"x14"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-10"x8"	0	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x14"-14"x10"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x14"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x14"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x14"-8"x14"	0.17	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x14"-8"x14"	0.17	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x14"-8"x14"	0.17	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.17	No
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.17	No
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.17	No
Rectangular Tee: Standard	20"x18"-20"x18"-20"x18"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x20"-18"x18"	0	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	18"x20"-18"x20"	0.06	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x20"-18"x18"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x10"-10"x8"	0.01	No

Nota: La tabla representa las características de las uniones de conducto de retorno de aire 01, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de presión, adaptada de Revit (2024).

Tabla de terminales y equipo de aire de conducto de retorno de aire 01

Se detalla la familia y tipo de terminales de aire; además el flujo que maneja, el tamaño, la pérdida de carga y ruta crítica.

Tabla 43

Terminales y equipo de aire de conducto de Retorno de aire 01

Familia y tipo	Flujo	Tamaño	Pérdida de carga	Ruta crítica
Return Diffuser: Difusor de retorno de Z2	600 CFM	12"x12"	0.4122	Sí
Return Diffuser: Difusor de retorno de Z2	600 CFM	12"x12"	0.4122	No
Return Diffuser: Difusor de retorno de Z2	400 CFM	12"x12"	0.2067	No
Return Diffuser: Difusor de retorno de Z2	400 CFM	12"x12"	0.2067	No
Return Diffuser: Difusor de retorno de Z2	400 CFM	12"x12"	0.2067	No
Return Diffuser: Difusor de retorno de Z2	400 CFM	12"x12"	0.2067	No
Control Damper	2800 CFM	18"x20"	0.02	Sí

Nota: La tabla representa las características de terminales y equipos de aire del conducto de retorno de aire 01, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de presión, adaptada de Revit (2024).

Pérdida total de presión de ductos de retorno de aire 01

Es necesario calcular la pérdida total del sistema de retorno de aire 01 porque es parámetro importante para elegir el ventilador. En este sentido, la mayor cantidad de pérdidas de presión no los dará la ruta crítica.

Tabla 44

Perdida de carga de la ruta crítica del retorno de aire 01

Sección y Tipo	Tamaño	Pérdida de carga (in-wg)	Ruta crítica
Conductos de Retorno de Aire			
C	18"x20"	0	Sí
C-D	18"x20"	0.004	Sí
C	18"x20"	0.001	Sí
B	18"x20"	0.001	Sí
A-B	18"x20"	0	Sí
D-G	14"x8"	0.006	Sí
D'	14"x8"	0.001	Sí
D"	14"x8"	0.004	Sí
G'	14"x8"	0.006	Sí
Uniones de conducto Retorno de Aire			
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	18"x20"-18"x20"	0.06	Sí
Rectangular Cross: Standard	18"x20"-18"x20"-18"x20"-18"x20"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-14"x8"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x20"-14"x8"	0.01	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x14"-8"x14"	0.17	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x14"-8"x14"	0.17	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x14"-8"x14"	0.17	Sí
Rectangular Tee: Standard	20"x18"-20"x18"-20"x18"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x20"-18"x18"	0	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	18"x20"-18"x20"	0.06	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x20"-18"x18"	0	Sí
Terminal y equipo de aire de conducto de retorno de aire			
Return Diffuser: Difusor de retorno de Z2	12"x12"	0.4122	Sí
Control Damper	18"x20"	0.02	Sí
Pérdida total de presión en el sistema =		1.0952	

Nota: La tabla representa el resumen de la pérdida de carga de la ruta crítica del retorno de aire 01, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de presión, adaptada de Revit (2024).

5.14. Suministro de Aire 02

Para tener dimensiones de los ductos y modelado apropiado de la ubicación de los ductos en el recinto del museo, se modela todo el edificio del museo con sus dimensiones reales. El software elido donde se debe detalla la ubicación del sistema de ductos como es el de suministro y retorno de aire. Es el software Revit Mep- 2025 que cuenta con familias de equipos de climatización comerciales y que estos se puedan conectar de acuerdo a las dimensiones elegidas (Revit 2024).

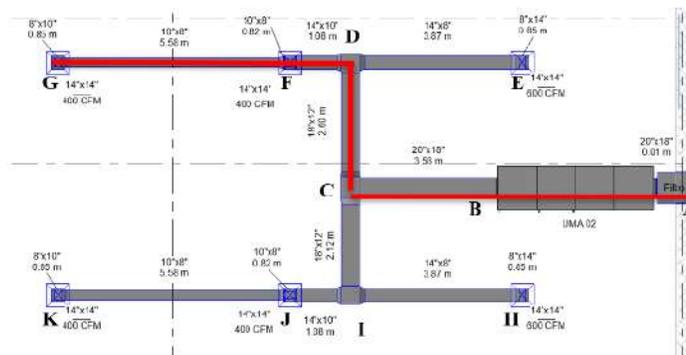
Equipos de climatización del suministro de Aire 02

- Unidad manejadora de aire Horizontal (UMA): Caudal de aire: 2800 CFM
Bobina de refrigeración, Filtros, Compuestas de air, Compuerta de control Ventilador.
- Ductos: Ductos dimensionados por software o las tablas de ASHRAE. Difusores de suministro y Uniones de conductos

Plano de detalle de Equipos de climatización del suministro de Aire 02

Figura 54

Disposición de Suministro de aire 02 y la ruta critica línea roja



Nota: La figura representa la disposición de suministro de aire 02 y la ruta crítica (línea roja) para determinar la potencia del ventilador del museo de Calca, adaptada de Revit (2024).

Tabla de ductos del suministro de aire 02

En la tabla se detallan las velocidades, la longitud, el ducto que forma parte de la ruta crítica, tamaño, flujo, y las pérdidas de presión.

Tabla 45*Conductos de Suministro de Aire 02*

Sección	Flujo (CFM)	Longitud (m)	Velocidad (FPM)	Tamaño total	Fricción (in-wg/100ft)	Pérdida de carga (in-wg)	Ruta crítica
B-C	2800	3.58	1120	20"x18"	0.085	0.01	Sí
A	2000	0.01	800	20"x18"	0.046	0	Sí
C-D	1400	2.6	930	18"x12"	0.085	0.007	Sí
C-I	1400	2.12	930	18"x12"	0.085	0.006	No
D-F	800	1.08	820	14"x10"	0.088	0.003	Sí
I-J	800	1.08	820	14"x10"	0.088	0.003	No
I-H	600	3.87	770	14"x8"	0.092	0.012	No
D-E	600	3.87	770	14"x8"	0.092	0.012	No
E	600	0.85	770	8"x14"	0.092	0.003	No
H	600	0.85	770	8"x14"	0.092	0.003	No
F	400	0.82	720	10"x8"	0.097	0.003	No
F-G	400	5.58	720	10"x8"	0.097	0.018	Sí
G	400	0.85	720	8"x10"	0.097	0.003	Sí
J	400	0.82	720	10"x8"	0.097	0.003	No
J'	400	0.85	720	8"x10"	0.097	0.003	No
J-K	400	5.58	720	10"x8"	0.097	0.018	No

Nota: La tabla representa características de conductos - UMA 02 - Suministro de Aire 02, con características importantes de la ruta crítica y pérdidas de carga, adaptada de Revit (2024).

Tabla de uniones de conducto de suministro de aire 02

En la tabla se muestra la familia el tipo de uniones de conducto de suministro de aire 02; así mismo el tamaño, la pérdida de carga y la ruta crítica.

Tabla 46*Uniones del conducto Suministro de Aire 02*

Familia y tipo	Tamaño	Pérdida de presión in de agua	Ruta crítica
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x14"-8"x14"	0.03	No
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	Sí
Rectangular Tee: Standard	18"x12"-18"x12"-18"x12"	0	No

Rectangular Tee: Standard	18"x12"-18"x12"-18"x12"	0	Sí
Rectangular Tee: Standard	10"x14"-10"x14"-10"x14"	0	Sí
Rectangular Tee: Standard	20"x18"-20"x18"-20"x18"	0	Sí
Rectangular Tee: Standard	10"x14"-10"x14"-10"x14"	0	No
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-18"x12"	0.01	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-18"x12"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x12"-14"x10"	0.01	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x12"-14"x10"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x12"-14"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x12"-14"x8"	0.01	No
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x14"-8"x14"	0.03	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x14"-8"x14"	0.03	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x14"-8"x14"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x14"-8"x10"	0.01	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x10"-10"x8"	0.01	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x14"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	10"x14"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x14"-8"x10"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x14"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x10"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	10"x14"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x20"-20"x18"	0	Sí

Nota: La tabla representa las características de planificación de uniones de conducto para el Suministro de Aire 02, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de presión, adaptada de Revit (2024).

Tabla de terminales y quipo de aire de conducto de suministro de aire 02

Se detalla la familia y tipo de terminales de aire; además el flujo que maneja, el tamaño, la pérdida de carga y ruta crítica.

Tabla 47

Terminales y equipo de aire de conducto de suministro de aire 02

Familia y tipo	Flujo	Tamaño	Pérdida de presión in de agua	Ruta crítica
Supply Diffuser: Difusor de 14 x 14 de 600	600 CFM	14"x14"	0.4122	No
Supply Diffuser: Difusor de 14 x 14 de 600	600 CFM	14"x14"	0.4122	No

Supply Diffuser: Difusor 14 x 14 de 400	400 CFM	14"x14"	0.2067	No
Supply Diffuser: Difusor 14 x 14 de 400	400 CFM	14"x14"	0.2067	No
Supply Diffuser: Difusor 14 x 14 de 400	400 CFM	14"x14"	0.2067	Sí
Supply Diffuser: Difusor 14 x 14 de 400	400 CFM	14"x14"	0.2067	No
Filtro	2800 CFM	20"x18"	0.43	SI

Nota: La tabla representa las características de terminales y equipos de aire del conducto de suministro de aire 02, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de presión, adaptada de Revit (2024).

Pérdida total de presión de ductos del suministro de aire 02

Es necesario calcular la pérdida total del sistema de suministro de aire 02 porque es parámetro importante para elegir el ventilador. En este sentido, la mayor cantidad de pérdidas de presión no los dará la ruta crítica.

Tabla 48

Perdida de la ruta crítica del suministro de aire 02

Sección	Tamaño total	Pérdida de carga (in-wg)	Ruta crítica
Conductos de Suministro de Aire			
B-C	20"x18"	0.01	Sí
A	20"x18"	0	Sí
		0.00	
C-D	18"x12"	7	Sí
		0.00	
D-F	14"x10"	3	Sí
		0.01	
F-G	10"x8"	8	Sí
		0.00	
G	8"x10"	3	Sí
Uniones de conducto Suministro de Aire			
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	Sí
Rectangular Tee: Standard	18"x12"-18"x12"-18"x12"	0	Sí
Rectangular Tee: Standard	10"x14"-10"x14"-10"x14"	0	Sí
Rectangular Tee: Standard	20"x18"-20"x18"-20"x18"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-18"x12"	0.01	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x12"-14"x10"	0.01	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x14"-8"x10"	0.01	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x10"-10"x8"	0.01	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x20"-20"x18"	0	Sí

Terminal y equipo de aire de conducto de suministro de aire			
Supply Diffuser: Difusor 14 x 14 de 400	14"x14"	0.2067	Sí
Filtro	20"x18"	0.43	Sí
Pérdida total de presión en el sistema=		0.7477	

Nota: La tabla representa las características de terminales y equipos de aire del conducto de suministro de aire 02, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de presión, adaptada de Revit (2024).

5.15. Retorno de Aire 02

Para tener dimensiones de los ductos de retorno de aire y modelado apropiado de la ubicación de los ductos y no interferencia con los ductos de suministro de aire se modela.. El software Revit Mep- 2025 que cuenta con familias de equipos de climatización comerciales y que estos se puedan conectar de acuerdo a las dimensiones elegidas (Revit 2024).

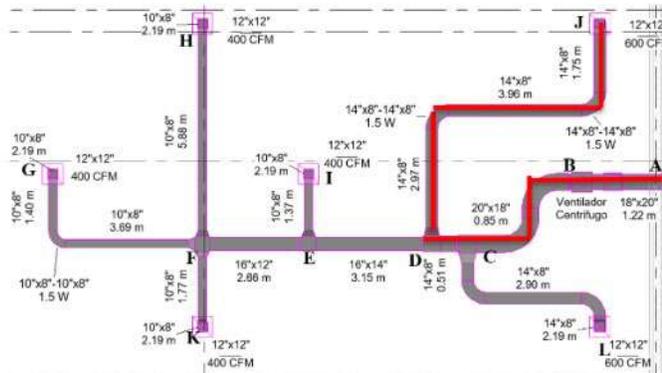
Equipos de climatización del retorno Aire 02

- Ventilador centrífugo: Caudal de aire: 2800 CFM, Compuestas de air, Compuerta de control.
- Ductos: Ductos dimensionados por software o las tablas de ASHRA, Difusores de retorno y Uniones de conductos.

Plano de detalle de Equipos de climatización del Retorno de Aire 02

Figura 55

Disposición de Retorno de aire 02 y la ruta critica línea roja



Nota: La figura representa la disposición de retorno de aire 02 y la ruta crítica (línea roja) para determinar la potencia del ventilador del museo de Calca, adaptada de Revit (2024).

Tabla de ductos del retorno de aire 02

En la tabla se detallan las velocidades, la longitud, el ducto que forma parte de la ruta crítica, tamaño, flujo, y las pérdidas de presión.

Tabla 49

Conductos de Retorno de Aire 02

Sección	Flujo (CFM)	Longitud (m)	Velocidad (FPM)	Tamaño total	Fricción (in-wg/100ft)	Pérdida de carga (in-wg)	Ruta crítica
B'	2800	0.33	1120	20"x18"	0.085	0.001	Si
B''	2800	0.38	1120	20"x18"	0.085	0.001	Si
B'''	2800	0.85	1120	20"x18"	0.085	0.002	Si
A'	2800	0.26	1120	18"x20"	0.085	0.001	Si
C'	2200	0.47	1100	18"x16"	0.094	0.001	Si
A''	1864	0.02	750	20"x18"	0.04	0	No
A'''	1864	0.04	750	20"x18"	0.04	0	No
D-E	1600	3.15	1030	16"x14"	0.097	0.01	No
E-F	1200	2.66	900	16"x12"	0.084	0.007	No
A	936	1.22	370	18"x20"	0.012	0	Si
D'-J	600	1.75	770	14"x8"	0.092	0.005	Si
L	600	0.03	770	14"x8"	0.092	0	No
L'	600	2.19	770	14"x8"	0.092	0.007	No
J	600	2.19	770	14"x8"	0.092	0.007	Si
D''-J	600	3.96	770	14"x8"	0.092	0.012	Si
D'''-J	600	2.97	770	14"x8"	0.092	0.009	Si
C'-L	600	2.9	770	14"x8"	0.092	0.009	No
C''-L	600	0.51	770	14"x8"	0.092	0.002	No
E-L	400	1.37	720	10"x8"	0.097	0.004	No
F-H	400	5.88	720	10"x8"	0.097	0.019	No
F'-G	400	1.4	720	10"x8"	0.097	0.004	No
F''-G	400	3.69	720	10"x8"	0.097	0.012	No

K	400	2.19	720 10"x8"	0.097	0.007	No
I	400	2.19	720 10"x8"	0.097	0.007	No
G	400	2.19	720 10"x8"	0.097	0.007	No
H	400	2.19	720 10"x8"	0.097	0.007	No
F-K	400	1.77	720 10"x8"	0.097	0.006	No

Nota: La tabla representa las características de los conductos de retorno de aire 02, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de carga, adaptada de Revit (2024).

Tabla de uniones de conducto de Retorno de aire 02

En la tabla se muestra la familia el tipo de uniones de conducto de Retorno de aire 02; así mismo el tamaño, la perdida de carga y la ruta crítica.

Tabla 50

Uniones de conducto Retorno de Aire 02

Familia y tipo	Tamaño	Pérdida de presión in de agua	Ruta crítica
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	20"x18"-20"x18"	0.06	Sí
Rectangular Tee: Standard	16"x14"-16"x14"-16"x14"	0	No
Rectangular Cross: Standard	16"x12"-16"x12"-16"x12"-16"x12"	0	No
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	No
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	No
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	No
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	No
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	10"x8"-10"x8"	0.03	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-10"x8"	0	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-10"x8"	0	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-10"x8"	0	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-10"x8"	0	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-14"x8"	0	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-14"x8"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x12"-10"x8"	0.1	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x12"-10"x8"	0.1	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x12"-10"x8"	0.1	No
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x14"-8"x14"	0.17	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	14"x8"-14"x8"	0.17	Sí
Rectangular Tee: Standard	18"x16"-18"x16"-18"x16"	0	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	14"x8"-14"x8"	0.17	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x14"-8"x14"	0.17	No

Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	14"x8"-14"x8"	0.17	No
Rectangular Tee: Standard	20"x18"-20"x18"-20"x18"	0	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	14"x8"-14"x8"	0.17	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-18"x16"	0.1	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-14"x8"	0.1	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x16"-16"x14"	0.1	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x16"-14"x8"	0.1	Sí
Rectangular Tee: Standard	20"x18"-20"x18"-20"x18"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x20"-18"x18"	0	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	20"x18"-20"x18"	0.6	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-18"x18"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x14"-16"x12"	0	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x14"-10"x8"	0.1	No

Nota: La tabla representa las características de las uniones de conducto de retorno de aire 02, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de presión, adaptada de Revit (2024).

Tabla de terminales y equipo de aire de conducto de retorno de aire 02

Se detalla la familia y tipo de terminales de aire; además el flujo que maneja, el tamaño, la pérdida de carga y ruta crítica.

Tabla 51

Terminales y equipo de aire de conducto de retorno de aire 02

Familia y tipo	Flujo	Tamaño	Pérdida de presión in de	
			agua	Ruta crítica
Return Diffuser: Difusor de retorno de Z2	400 CFM	12"x12"	0.2067	No
Return Diffuser: Difusor de retorno de Z2	400 CFM	12"x12"	0.2067	No
Return Diffuser: Difusor de retorno de Z2	600 CFM	12"x12"	0.4122	Sí
Return Diffuser: Difusor de retorno de Z2	600 CFM	12"x12"	0.4122	No
Return Diffuser: Difusor de retorno de Z2	400 CFM	12"x12"	0.2067	No
Return Diffuser: Difusor de retorno de Z2	400 CFM	12"x12"	0.2067	No
Control Damper	2800 CFM	18"x20"	0.02	Sí

Nota: La tabla representa las características de terminales y equipos de aire del conducto de retorno de aire 02, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de presión, adaptada de Revit (2024).

Pérdida total de presión de ductos de retorne de aire 02

Es necesario calcular la pérdida total del sistema de retorno de aire 02 porque es parámetro importante para elegir el ventilador. En este sentido, la mayor cantidad de pérdidas de presión no los dará la ruta crítica.

Tabla 52

Pérdida de carga de la ruta crítica del retorno de aire 02

Sección	Tamaño total	Pérdida de carga (in-wg)	Ruta crítica
Conductos de Retorno de Aire			
B'	20"x18"	0.001	Sí
B"	20"x18"	0.001	Sí
B"	20"x18"	0.002	Sí
A'	18"x20"	0.001	Sí
C'	18"x16"	0.001	Sí
A	18"x20"	0	Sí
D'-J	14"x8"	0.005	Sí
J	14"x8"	0.007	Sí
D"-J	14"x8"	0.012	Sí
D'''-J	14"x8"	0.009	Sí
Uniones de conducto Retorno de Aire			
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	20"x18"-20"x18"	0.06	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-14"x8"	0	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x14"-8"x14"	0.17	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	14"x8"-14"x8"	0.17	Sí
Rectangular Tee: Standard	18"x16"-18"x16"-18"x16"	0	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	14"x8"-14"x8"	0.17	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-18"x16"	0.1	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x16"-14"x8"	0.1	Sí
Rectangular Tee: Standard	20"x18"-20"x18"-20"x18"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x20"-18"x18"	0	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	20"x18"-20"x18"	0.6	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-18"x18"	0	Sí
Terminal y equipo de aire de conducto de retorno de aire			
Return Diffuser: Difusor de retorno de Z2	12"x12"	0.4122	Sí
Control Damper	18"x20"	0.02	Sí
Pérdida total de presión en el sistema =		1.8412	

Nota: La tabla representa el resumen de la pérdida de carga de la ruta crítica del retorno de aire 02, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de presión, adaptada de Revit (2024).

5.16. Suministro de Aire 03

Para tener dimensiones de los ductos y modelado apropiado de la ubicación de los ductos en el recinto del museo, se modela todo el edificio del museo con sus dimensiones reales. El software elido donde se debe detalla la ubicación del sistema de ductos como es el de suministro y retorno de aire. Es el software Revit Mep- 2025 que cuenta con familias de equipos de climatización comerciales y que estos se puedan conectar de acuerdo a las dimensiones elegidas (Revit 2024).

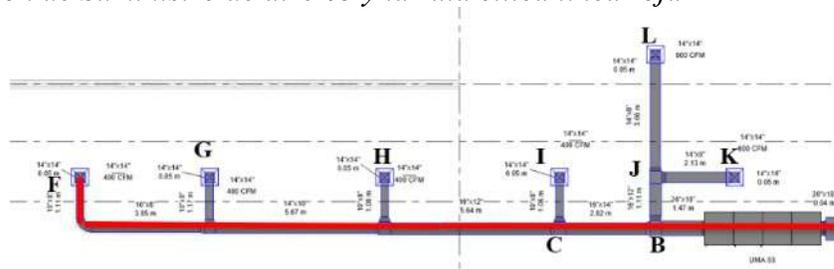
Equipos de climatización del suministro de Aire 03

- Unidad manejadora de aire Horizontal (UMA): Caudal de aire: 2800 CF, Bobina de refrigeración, Filtros, Compuestas de air, Compuerta de contro y Ventilador.
- Ductos : Ductos dimensionados por software o las tablas de ASHRAE y Difusores de suministro y Uniones de conductos.

Plano de detalle de Equipos de climatización del suministro de Aire 03

Figura 56

Disposición de Suministro de aire 03 y la ruta critica línea roja



Nota: La figura representa la disposición de suministro de aire 03 y la ruta crítica (línea roja) para determinar la potencia del ventilador del museo de Calca, adaptada de Revit (2024).

Tabla de ductos del suministro de aire 03

En la tabla se detallan las velocidades, la longitud, el ducto que forma parte de la ruta crítica, tamaño, flujo, y las pérdidas de presión.

Tabla 53

Conductos de Suministro de Aire 03

Sección	Flujo (CFM)	Longitud (m)	Velocidad (FPM)	Tamaño total (pulgadas)	Fricción (in-wg/100ft)	Pérdida de carga (in-wg)	Ruta crítica
A'-B	2800	1.47	1120	20"x18"	0.085	0.004	Sí
A	2000	0.04	800	20"x18"	0.046	0	Sí
B-C	1600	2.82	1030	16"x14"	0.097	0.009	Sí
C-D	1200	5.64	900	16"x12"	0.084	0.016	Sí
B-J	1200	1.11	900	16"x12"	0.084	0.003	No
D-E	800	5.67	820	14"x10"	0.088	0.016	Sí
L	600	0.05	440	14"x14"	0.023	0	No
J-L	600	3.66	770	14"x8"	0.092	0.011	No
K	600	0.05	440	14"x14"	0.023	0	No
J-K	600	2.13	770	14"x8"	0.092	0.006	No
E-F'	400	3.85	720	10"x8"	0.097	0.012	Sí
E'-F	400	1.11	720	10"x8"	0.097	0.004	Sí
F	400	0.05	290	14"x14"	0.011	0	Sí
G	400	0.05	290	14"x14"	0.011	0	No
E-G	400	1.17	720	10"x8"	0.097	0.004	No
H	400	0.05	290	14"x14"	0.011	0	No
D-H	400	1.08	720	10"x8"	0.097	0.003	No
I	400	0.05	290	14"x14"	0.011	0	No
C-I	400	1.08	720	10"x8"	0.097	0.003	No

Nota: La tabla representa características de conductos - UMA 03 - Suministro de Aire 03, con características importantes de la ruta crítica y pérdidas de carga, adaptada de Revit (2024).

Tabla de uniones de conducto de suministro de aire 03

En la tabla se muestra la familia el tipo de uniones de conducto de suministro de aire 03; así mismo el tamaño, la pérdida de carga y la ruta crítica.

Tabla 54

Uniones del conducto Suministro de Aire 03

Familia y tipo	Tamaño	Pérdida de presión in de	
		agua	Ruta crítica
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	10"x8"-10"x8"	0.03	Sí
Rectangular Tee: Standard	14"x10"-14"x10"-14"x10"	0	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	No
Rectangular Tee: Standard	16"x12"-16"x12"-16"x12"	0	Sí

Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	No
Rectangular Tee: Standard	16"x14"-16"x14"-16"x14"	0	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	No
Rectangular Tee: Standard	20"x18"-20"x18"-14"x18"	0	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x14"-8"x14"	0.03	No
Rectangular Tee: Standard	16"x12"-16"x12"-16"x12"	0	No
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x14"-8"x14"	0	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x14"-10"x8"	0.01	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x14"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x14"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x14"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x18"-16"x12"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x12"-14"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x12"-14"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x14"-14"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x14"-8"x14"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-16"x14"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x14"-10"x8"	0	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x14"-16"x12"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x12"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x12"-14"x10"	0.01	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x10"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x10"-10"x8"	0.01	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x20"-20"x18"	0	Sí

Nota: La tabla representa las características de planificación de uniones de conducto para el Suministro de Aire 03, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de presión, adaptada de Revit (2024).

Tabla de terminales y quipo de aire de conducto de suministro de aire 03

Se detalla la familia y tipo de terminales de aire; además el flujo que maneja, el tamaño, la pérdida de carga y ruta crítica.

Tabla 55

Terminales y equipo de aire de conducto de suministro de aire 03

Familia y tipo	Flujo	Tamaño	Pérdida de presión in de	
			agua	Ruta crítica
Supply Diffuser: Difusor de 14 x 14 de 600	600 CFM	14"x14"	0.4122	No
Supply Diffuser: Difusor de 14 x 14 de 600	600 CFM	14"x14"	0.4122	No

Supply Diffuser: Difusor 14 x 14 de 400	400 CFM	14"x14"	0.2067	No
Supply Diffuser: Difusor 14 x 14 de 400	400 CFM	14"x14"	0.2067	No
Supply Diffuser: Difusor 14 x 14 de 400	400 CFM	14"x14"	0.2067	No
Supply Diffuser: Difusor 14 x 14 de 400	400 CFM	14"x14"	0.2067	Sí
Filtro	2800 CFM	20"x18"	0.43	SI

Nota: La tabla representa las características de terminales y equipos de aire del conducto de suministro de aire 03, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de presión, adaptada de Revit (2024).

Pérdida total de presión de ductos del suministro de aire 03

Es necesario calcular la pérdida total del sistema de suministro de aire 03 porque es parámetro importante para elegir el ventilador. En este sentido, la mayor cantidad de pérdidas de presión no los dará la ruta crítica.

Tabla 56

Pérdida de la ruta crítica del suministro de aire 03

Sección, Familia y tipo	Tamaño total (pulgadas)	Pérdida de carga (in-wg)	Ruta crítica
Conductos de Suministro de Aire			
A'-B	20"x18"	0.004	Sí
A	20"x18"	0	Sí
B-C	16"x14"	0.009	Sí
C-D	16"x12"	0.016	Sí
D-E	14"x10"	0.016	Sí
E-F'	10"x8"	0.012	Sí
E'-F	10"x8"	0.004	Sí
F	14"x14"	0	Sí
Uniones de conducto Suministro de Aire			
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	10"x8"-10"x8"	0.03	Sí
Rectangular Tee: Standard	14"x10"-14"x10"-14"x10"	0	Sí
Rectangular Tee: Standard	16"x12"-16"x12"-16"x12"	0	Sí
Rectangular Tee: Standard	16"x14"-16"x14"-16"x14"	0	Sí
Rectangular Tee: Standard	20"x18"-20"x18"-14"x18"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x14"-10"x8"	0.01	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-16"x14"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x14"-16"x12"	0	Sí

Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x12"-14"x10"	0.01	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x10"-10"x8"	0.01	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x20"-20"x18"	0	Sí
Terminal y equipo de aire de conducto de suministro de aire			
Supply Diffuser: Difusor 14 x 14 de 400	14"x14"	0.2067	Sí
Filtro	20"x18"	0.43	Sí
Pérdida total de presión en el sistema=		0.7877	

Nota: La tabla representa las características de terminales y equipos de aire del conducto de suministro de aire 03, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de presión, adaptada de Revit (2024).

5.17. Retorno de Aire 03

Para tener dimensiones de los ductos de retorno de aire y modelado apropiado de la ubicación de los ductos y no interferencia con los ductos de suministro de aire se modela. El software Revit Mep- 2025 que cuenta con familias de equipos de climatización comerciales y que estos se puedan conectar de acuerdo a las dimensiones elegidas (Revit 2024).

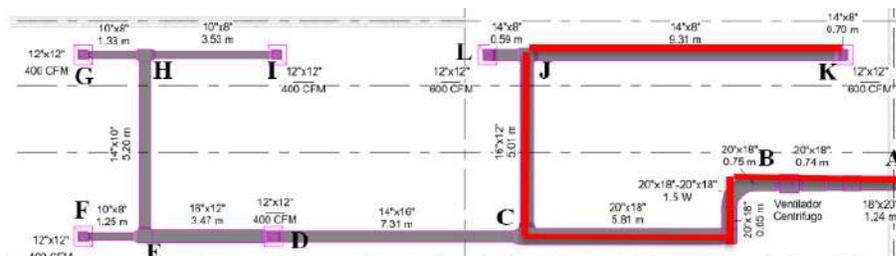
Equipos de climatización del retorno Aire 03

- Ventilador centrífugo: Caudal de aire: 2800 CF, Compuestas de aire y Compuerta de control.
- Ductos : Ductos dimensionados por software o las tablas de ASHRAE, Difusores de retorno y Uniones de conductos

Plano de detalle de Equipos de climatización del Retorno de Aire 03

Figura 57

Disposición de Retorno de aire 03 y la ruta crítica línea roja



Nota: La figura representa la disposición de retorno de aire 03 y la ruta crítica (línea roja) para determinar la potencia del ventilador del museo de Calca, adaptada de Revit (2024).

Tabla de ductos del retorno de aire 03

En la tabla se detallan las velocidades, la longitud, el ducto que forma parte de la ruta crítica, tamaño, flujo, y las pérdidas de presión.

Tabla 57

Conductos de Retorno de Aire 03

Sección	Flujo (CFM)	Longitud (m)	Velocidad (FPM)	Tamaño total (pulgadas)	Fricción (in-wg/100ft)	Pérdida de carga (in-wg)	Ruta crítica
B'-C	2800	0.65	1120	20x18	0.085	0.002	Sí
B"-C	2800	0.19	1120	20x18	0.085	0.001	Sí
B'''-C	2800	5.81	1120	20x18	0.085	0.016	Sí
A'	2800	0.51	1120	18x20	0.085	0.001	Sí
A''	2800	0.74	1120	20x18	0.085	0.002	Sí
A'''	2800	0.75	1120	20x18	0.085	0.002	Sí
A''''	1847	0.05	740	20x18	0.039	0	No
A'''''	1847	0.05	740	20x18	0.039	0	No
C-D	1600	7.31	1030	14x16	0.097	0.023	No
C-J	1200	5.01	900	16x12	0.084	0.014	Sí
D-E	1200	3.47	900	16x12	0.084	0.01	No
A1	953	1.24	380	18x20	0.012	0	Sí
E-H	800	5.2	820	14x10	0.088	0.015	No
J-L	600	0.59	770	14x8	0.092	0.002	No
K	600	0.7	770	14x8	0.092	0.002	Sí
J-K	600	9.31	770	14x8	0.092	0.028	Sí
L	600	0.67	770	8x14	0.092	0.002	No
L'	600	0.02	600	12x12	0.048	0	No
E-F	400	1.25	720	10x8	0.097	0.004	No
F	400	0.7	720	8x10	0.097	0.002	No
H-G	400	1.33	720	10x8	0.097	0.004	No
G	400	0.7	720	8x10	0.097	0.002	No
H-I	400	3.53	720	10x8	0.097	0.011	No
I	400	0.7	720	8x10	0.097	0.002	No
D	400	0.59	720	8x10	0.097	0.002	No

Nota: La tabla representa las características de los conductos de retorno de aire 03, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de carga, adaptada de Revit (2024).

Tabla de uniones de conducto de Retorno de aire 03

En la tabla se muestra la familia el tipo de uniones de conducto de Retorno de aire 03; así mismo el tamaño, la pérdida de carga y la ruta crítica.

Tabla 58

Uniones de conducto Retorno de Aire 03

Familia y tipo	Tamaño	Pérdida de presión in de	
		agua	Ruta crítica
Rectangular Elbow - Mitered: Standard	18"x20"-18"x20"	0.06	Sí
Rectangular Elbow - Mitered: Standard	20"x18"-20"x18"	0.06	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10" 20"x18"-20"x18"-	0.03	No
Rectangular Tee: Standard	20"x18" 16"x12"-16"x12"-	0	Sí
Rectangular Tee: Standard	16"x12"	0	No
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10" 14"x10"-14"x10"-	0.03	No
Rectangular Tee: Standard	14"x10"	0	No
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10" 16"x12"-16"x12"-	0.03	No
Rectangular Tee: Standard	16"x12"	0	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x14"-8"x14" 16"x14"-16"x14"-	0.17	No
Rectangular Tee: Standard	16"x14"	0	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-8"x10"	0	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-8"x10"	0	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-14"x8"	0	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x14"-8"x14" 20"x18"-20"x18"-	0.17	Sí
Rectangular Tee: Standard	20"x18"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-18"x18"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-18"x20"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-18"x18"	0	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	20"x18"-20"x18"	0.06	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-8"x14"	0	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x12"-14"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x12"-14"x8"	0.01	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-8"x10"	0	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-8"x10"	0	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x10"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x10"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x12"-10"x8"	0	No

Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x12"-14"x10"	0	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x16"-16"x12"	0	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x16"-8"x10"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-14"x16"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-16"x12"	0.01	Sí

Nota: La tabla representa las características de las uniones de conducto de retorno de aire 03, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de presión, adaptada de Revit (2024).

Tabla de terminales y equipo de aire de conducto de retorno de aire 03

Se detalla la familia y tipo de terminales de aire; además el flujo que maneja, el tamaño, la pérdida de carga y ruta crítica.

Tabla 59

Terminales y equipo de aire de conducto de retorno de aire 03

Familia y tipo	Flujo	Tamaño	Pérdida de presión in de agua	Ruta crítica
Return Diffuser: Difusor de retorno de Z2	600 CFM	12"x12"	0.4122	No
Return Diffuser: Difusor de retorno de Z2	600 CFM	12"x12"	0.4122	Sí
Return Diffuser: Difusor de retorno de Z2	400 CFM	12"x12"	0.2067	No
Return Diffuser: Difusor de retorno de Z2	400 CFM	12"x12"	0.2067	No
Return Diffuser: Difusor de retorno de Z2	400 CFM	12"x12"	0.2067	No
Return Diffuser: Difusor de retorno de Z2	400 CFM	12"x12"	0.2067	No
Control Damper	2800 CFM	18"x20"	0.02	Sí

Nota: La tabla representa las características de terminales y equipos de aire del conducto de retorno de aire 03, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de presión, adaptada de Revit (2024).

Pérdida total de presión de ductos de retorno de aire 03

Es necesario calcular la pérdida total del sistema de retorno de aire 03 porque es parámetro importante para elegir el ventilador. En este sentido, la mayor cantidad de pérdidas de presión no los dará la ruta crítica.

Tabla 60

Perdida de carga de la ruta crítica del retorno de aire 03

Sección	Tamaño total (pulgadas)	Pérdida de carga (in-wg)	Ruta crítica
Conductos de Retorno de Aire			
B'-C	20x18	0.002	Sí

B"-C	20x18	0.001	Sí
B'''-C	20x18	0.016	Sí
A'	18x20	0.001	Sí
A"	20x18	0.002	Sí
A'''	20x18	0.002	Sí
C-J	16x12	0.014	Sí
A1	18x20	0	Sí
K	14x8	0.002	Sí
J-K	14x8	0.028	Sí
Uniones de conducto Retorno de Aire			
Rectangular Elbow - Mitered: Standard	18"x20"-18"x20"	0.06	Sí
Rectangular Elbow - Mitered: Standard	20"x18"-20"x18"	0.06	Sí
Rectangular Tee: Standard	20"x18"-20"x18"-20"x18"	0	Sí
Rectangular Tee: Standard	16"x12"-16"x12"-16"x12"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-14"x8"	0	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x14"-8"x14"	0.17	Sí
Rectangular Tee: Standard	20"x18"-20"x18"-20"x18"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-18"x18"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-18"x20"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-18"x18"	0	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	20"x18"-20"x18"	0.06	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x12"-14"x8"	0.01	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-16"x12"	0.01	Sí
Terminal y equipo de aire de conducto de retorno de aire			
Return Diffuser: Difusor de retorno de Z2	12"x12"	0.4122	Sí
Control Damper	18"x20"	0.02	Sí
Pérdida total de presión en el sistema =		0.8702	

Nota: La tabla representa el resumen de la pérdida de carga de la ruta crítica del retorno de aire 03, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de presión, adaptada de Revit (2024).

5.18. Suministro de Aire 04

Para tener dimensiones de los ductos y modelado apropiado de la ubicación de los ductos en el recinto del museo, se modela todo el edificio del museo con sus dimensiones reales. El software elido donde se debe detalla la ubicación del sistema de ductos como es el de suministro y retorno de aire. Es el software Revit Mep- 2025 que cuenta con familias de equipos de climatización comerciales y que estos se puedan conectar de acuerdo a las dimensiones elegidas (Revit 2024).

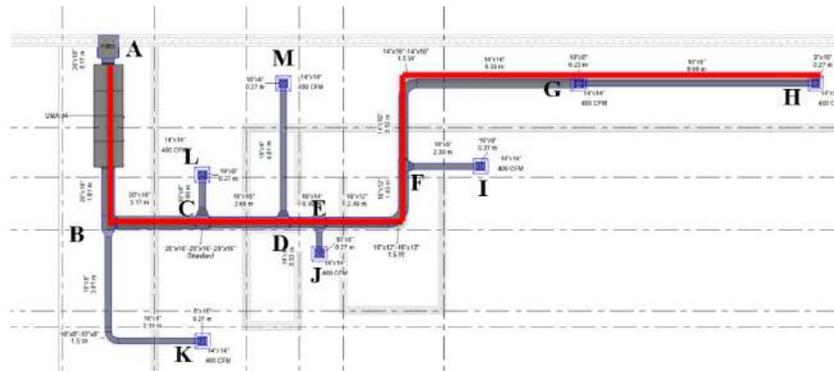
Equipos de climatización del suministro de Aire 04

- Unidad manejadora de aire Horizontal (UMA): Caudal de aire: 2800 CFM, Bobina de refrigeración, Filtros, Compuestas de aire, Compuerta de control y Ventilador
- Ductos: Ductos dimensionados por software o las tablas de ASHRAE y Difusores de suministro y Uniones de conductos.

Plano de detalle de Equipos de climatización del suministro de Aire 04

Figura 58

Disposición de Suministro de aire 04 y la ruta critica línea roja



Nota: La figura representa la disposición de suministro de aire 04 y la ruta crítica (línea roja) para determinar la potencia del ventilador del museo de Calca, adaptada de Revit (2024).

Tabla de ductos del suministro de aire 04

En la tabla se detallan las velocidades, la longitud, el ducto que forma parte de la ruta crítica, tamaño, flujo, y las pérdidas de presión.

Tabla 61

Conductos de Suministro de Aire 04

Sección	Flujo (CFM)	Longitud (m)	Velocidad (FPM)	Tamaño total (pulgadas)	Fricción (in-wg/100ft)	Pérdida de carga (in-wg)	Ruta crítica
A'-B	2800	1.91	1120	20x18	0.085	0.005	Sí
B-C	2400	3.17	1080	20x16	0.086	0.009	Sí
C-D	2000	2.68	1070	18x15	0.093	0.008	Sí
D-E	1600	0.9	1030	16x14	0.097	0.003	Sí
J'-F	1200	2.49	900	16x12	0.084	0.007	Sí
J''-F	1200	1.43	900	16x12	0.084	0.004	Sí

F"-G	800	6.38	820	14x10	0.088	0.018	Sí
F'-G	800	2.52	820	14x10	0.088	0.007	Sí
B-K'	400	3.81	720	10x8	0.097	0.012	No
B'-K	400	3.11	720	10x8	0.097	0.01	No
K	400	0.27	720	8x10	0.097	0.001	No
G-H	400	8.98	720	10x8	0.097	0.028	Sí
M	400	0.27	720	10x8	0.097	0.001	No
D-M	400	4.81	720	10x8	0.097	0.015	No
H	400	0.27	720	8x10	0.097	0.001	Sí
G	400	0.23	720	10x8	0.097	0.001	No
L	400	0.27	720	10x8	0.097	0.001	No
C-L	400	1.03	720	10x8	0.097	0.003	No
I	400	0.27	720	10x8	0.097	0.001	No
F-I	400	2.39	720	10x8	0.097	0.008	No
J	400	0.27	720	10x8	0.097	0.001	No
F-J	400	0.53	720	10x8	0.097	0.002	No

Nota: La tabla representa características de conductos - UMA 04 - Suministro de Aire 04, con características importantes de la ruta crítica y pérdidas de carga, adaptada de Revit (2024).

Tabla de uniones de conducto de suministro de aire 04

En la tabla se muestra la familia el tipo de uniones de conducto de suministro de aire 04; así mismo el tamaño, la pérdida de carga y la ruta crítica.

Tabla 62

Uniones de conducto Retorno de Aire 04

Familia y tipo	Tamaño	Pérdida de presión in de	
		agua	Ruta crítica
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	No
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	10"x8"-10"x8"	0.03	No
Rectangular Tee: Standard	18"x20"-18"x20"-18"x20"	0	Sí
Rectangular Elbow - Mitered: Standard	15"x18"-15"x18"	0.06	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	20"x16"-20"x16"	0.06	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	Sí
Rectangular Tee: Standard	16"x12"-16"x12"-16"x12"	0	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	No
Rectangular Tee: Standard	20"x16"-20"x16"-20"x16"	0	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	No
Rectangular Tee: Standard	14"x10"-14"x10"-14"x10"	0	No

Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-10"x8"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-8"x10"	0	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-14"x10"	0.01	No
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x10"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x10"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-15"x18"	0.01	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-18"x18"	0	Sí
Rectangular Tee: Standard	20"x18"-20"x18"-20"x18"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x20"-18"x18"	0	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	10"x8"-10"x8"	0.03	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	20"x16"-20"x16"	0.06	Sí
Rectangular Tee: Standard	14"x10"-14"x10"-14"x10"	0	Sí
Rectangular Tee: Standard	18"x15"-18"x15"-18"x15"	0	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x10"-10"x8"	0.01	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x10"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x12"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x12"-14"x10"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x16"-18"x15"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x16"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x16"-18"x15"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x15"-16"x12"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x15"-10"x8"	0.01	No

Nota: La tabla representa las características de planificación de uniones de conducto para el Suministro de Aire 04, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de presión, adaptada de Revit (2024).

Tabla de terminales y quipo de aire de conducto de suministro de aire 04

Se detalla la familia y tipo de terminales de aire; además el flujo que maneja, el tamaño, la pérdida de carga y ruta crítica.

Tabla 63

Terminales y equipos de aire de conducto de suministro de aire 03

Familia y tipo	Flujo	Tamaño	Pérdida de presión in de agua	Ruta crítica
Supply Diffuser: Difusor 14 x 14 de 400	400 CFM	14"x14"	0.2067	No
Supply Diffuser: Difusor 14 x 14 de 400	400 CFM	14"x14"	0.2067	No
Supply Diffuser: Difusor de 14 x 14 de 600	400 CFM	14"x14"	0.2067	No
Supply Diffuser: 14 x 14 Difusor de 500	400 CFM	14"x14"	0.2067	No
Supply Diffuser: Difusor 14 x 14 de 400	400 CFM	14"x14"	0.2067	Sí
Supply Diffuser: Difusor 14 x 14 de 400	400 CFM	14"x14"	0.2067	No
Supply Diffuser: Difusor de 14 x 14 de 600	400 CFM	14"x14"	0.2067	No
Filtro	2800 CFM	20"x18"	0.43	SI

Nota: La tabla representa las características de terminales y equipos de aire del conducto de suministro de aire 04, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de presión, adaptada de Revit (2024).

Pérdida total de presión de ductos del suministro de aire 04

Es necesario calcular la pérdida total del sistema de suministro de aire 04 porque es parámetro importante para elegir el ventilador. En este sentido, la mayor cantidad de pérdidas de presión no los dará la ruta crítica.

Tabla 64

Pérdida de la ruta crítica del suministro de aire 04

Sección, familia y tipo	Tamaño total (pulgadas)	Pérdida de carga (in-wg)	Ruta crítica
Conductos de Suministro de Aire			
A'-B	20x18	0.005	Sí
B-C	20x16	0.009	Sí
C-D	18x15	0.008	Sí
D-E	16x14	0.003	Sí
J'-F	16x12	0.007	Sí
J"-F	16x12	0.004	Sí
F"-G	14x10	0.018	Sí
F'-G	14x10	0.007	Sí
G-H	10x8	0.028	Sí
H	8x10	0.001	Sí
Uniones de conducto Suministro de Aire			
Rectangular Tee: Standard	18"x20"-18"x20"-18"x20"	0	Sí
Rectangular Elbow - Mitered: Standard	15"x18"-15"x18"	0.06	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	20"x16"-20"x16"	0.06	Sí
Rectangular Tee: Standard	16"x12"-16"x12"-16"x12"	0	Sí
Rectangular Tee: Standard	20"x16"-20"x16"-20"x16"	0	Sí

Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-10"x8"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-15"x18"	0.01	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-18"x18"	0	Sí
Rectangular Tee: Standard	20"x18"-20"x18"-20"x18"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x20"-18"x18"	0	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	10"x8"-10"x8"	0.03	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	20"x16"-20"x16"	0.06	Sí
Rectangular Tee: Standard	14"x10"-14"x10"-14"x10"	0	Sí
Rectangular Tee: Standard	18"x15"-18"x15"-18"x15"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x10"-10"x8"	0.01	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x12"-14"x10"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x16"-18"x15"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x15"-16"x12"	0	Sí
Terminal y equipo de aire de conducto de suministro de aire			
Supply Diffuser: Difusor 14 x 14 de 400	14"x14"	0.2067	Sí
Filtro	20"x18"	0.43	Sí
Pérdida total de presión en el sistema=		0.9567	

Nota: La tabla representa las características de terminales y equipos de aire del conducto de suministro de aire 04, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de presión, adaptada de Revit (2024).

5.19. Retorno de Aire 04

Para tener dimensiones de los ductos de retorno de aire y modelado apropiado de la ubicación de los ductos y no interferencia con los ductos de suministro de aire se modela. El software Revit Mep- 2025 que cuenta con familias de equipos de climatización comerciales y que estos se puedan conectar de acuerdo a las dimensiones elegidas (Revit 2024).

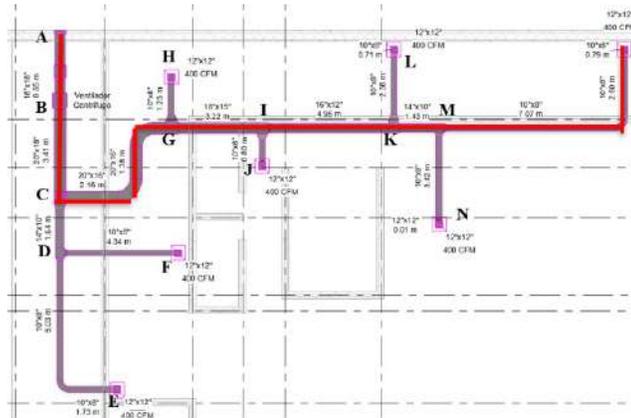
Equipos de climatización del retorno Aire 04

- Ventilador centrífugo: : Caudal de aire: 2800 CF, Compuestas de aire y Compuerta de control.
- Ductos : Ductos dimensionados por software o las tablas de ASHRAE, Difusores de retorno y Uniones de conductos.

Plano de detalle de Equipos de climatización del Retorno de Aire 04

Figura 59

Disposición de Retorno de aire 04 y la ruta crítica línea roja



Nota: La figura representa la disposición de retorno de aire 04 y la ruta crítica (línea roja) para determinar la potencia del ventilador del museo de Calca, adaptada de Revit (2024).

Tabla de ductos del retorno de aire 04

En la tabla se detallan las velocidades, la longitud, el ducto que forma parte de la ruta crítica, tamaño, flujo, y las pérdidas de presión.

Tabla 65

Conductos de Retorno de Aire 04

Sección	Flujo (CFM)	Longitud (m)	Velocidad (FPM)	Tamaño total	Fricción (in-wg/100ft)	Pérdida de carga (in-wg)	Ruta crítica
B-C	2800	3.41	1120	20"x18"	0.085	0.01	Sí
A'-B	2800	0.55	1240	18"x18"	0.11	0.002	Sí
C	2000	0.21	800	20"x18"	0.046	0	Sí
C'-G	2000	2.16	900	20"x16"	0.061	0.004	Sí
C''-G	2000	1.38	900	20"x16"	0.061	0.003	Sí
C'''-G	2000	0.45	900	20"x16"	0.061	0.001	Sí
A''-B	1869	0.04	750	20"x18"	0.04	0	No
A'''-B	1869	0.04	750	20"x18"	0.04	0	No
G-I	1600	3.22	850	18"x15"	0.061	0.006	Sí
I-K	1200	4.95	900	16"x12"	0.084	0.014	Sí
A-B'	931	1.29	370	18"x20"	0.011	0	Sí
C-D	800	1.64	820	14"x10"	0.088	0.005	No
K-M	800	1.43	820	14"x10"	0.088	0.004	Sí
D-E'	400	5.03	720	10"x8"	0.097	0.016	No

D'-E	400	1.73	720	10"x8"	0.097	0.005	No
E	400	1.62	720	8"x10"	0.097	0.005	No
M'-L	400	2.6	720	10"x8"	0.097	0.008	Sí
L	400	0.79	720	10"x8"	0.097	0.003	Sí
M-L'	400	7.07	720	10"x8"	0.097	0.022	Sí
K-L	400	2.38	720	10"x8"	0.097	0.008	No
L	400	0.71	720	10"x8"	0.097	0.002	No
G-H	400	1.25	720	10"x8"	0.097	0.004	No
H	400	0.71	720	10"x8"	0.097	0.002	No
D-F	400	4.34	720	10"x8"	0.097	0.014	No
F	400	1.62	720	10"x8"	0.097	0.005	No
N	400	0.78	720	10"x8"	0.097	0.002	No
K-N	400	3.42	720	10"x8"	0.097	0.011	No
J	400	0.79	720	10"x8"	0.097	0.003	No
I-J	400	0.8	720	10"x8"	0.097	0.003	No
N'	400	0.01	400	12"x12"	0.023	0	No

Nota: La tabla representa las características de los conductos de retorno de aire 04, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de carga, adaptada de Revit (2024).

Tabla de uniones de conducto de Retorno de aire 04

En la tabla se muestra la familia el tipo de uniones de conducto de Retorno de aire 04; así mismo el tamaño, la perdida de carga y la ruta crítica.

Tabla 66

Uniones de conducto Retorno de Aire 04

Familia y tipo	Tamaño	Pérdida de presión in de agua	Ruta crítica
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	No
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	10"x8"-10"x8"	0.03	No
Rectangular Tee: Standard	18"x20"-18"x20"-18"x20"	0	Sí
Rectangular Elbow - Mitered: Standard	15"x18"-15"x18"	0.06	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	20"x16"-20"x16"	0.06	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	Sí
Rectangular Tee: Standard	16"x12"-16"x12"-16"x12"	0	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	No
Rectangular Tee: Standard	20"x16"-20"x16"-20"x16"	0	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	No

Rectangular Tee: Standard	14"x10"-14"x10"-14"x10"	0	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-10"x8"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-8"x10"	0	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-14"x10"	0.01	No
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x10"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x10"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-15"x18"	0.01	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-18"x18"	0	Sí
Rectangular Tee: Standard	20"x18"-20"x18"-20"x18"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x20"-18"x18"	0	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	10"x8"-10"x8"	0.03	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	20"x16"-20"x16"	0.06	Sí
Rectangular Tee: Standard	14"x10"-14"x10"-14"x10"	0	Sí
Rectangular Tee: Standard	18"x15"-18"x15"-18"x15"	0	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x10"-10"x8"	0.01	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x10"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x12"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x12"-14"x10"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x16"-18"x15"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x16"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x16"-18"x15"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-10"x8"	0.01	No
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x15"-16"x12"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x15"-10"x8"	0.01	No

Nota: La tabla representa las características de las uniones de conducto de retorno de aire 04, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de presión, adaptada de Revit (2024).

Tabla de terminales y equipo de aire de conducto de retorno de aire 04

Se detalla la familia y tipo de terminales de aire; además el flujo que maneja, el tamaño, la pérdida de carga y ruta crítica.

Tabla 67*Terminales y equipos de aire de conducto de Retorno de aire 04*

Familia y tipo	Flujo	Tamaño	Pérdida de presión in de agua	Ruta crítica
Return Diffuser: Difusor de retorno de Z2	400 CFM	12"x12"	0.2067	No
Return Diffuser: Difusor de retorno de Z2	400 CFM	12"x12"	0.2067	No
Return Diffuser: Difusor de retorno de Z2	400 CFM	12"x12"	0.2067	No
Return Diffuser: Difusor de retorno de Z2	400 CFM	12"x12"	0.2067	No
Return Diffuser: Difusor de retorno de Z2	400 CFM	12"x12"	0.2067	Sí
Return Diffuser: Difusor de retorno de Z2	400 CFM	12"x12"	0.2067	No
Return Diffuser: Difusor de retorno de Z2	400 CFM	12"x12"	0.2067	No
Control Damper	2800 CFM	18"x20"	0.02	Sí

Nota: La tabla representa las características de terminales y equipos de aire del conducto de retorno de aire 04, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de presión, adaptada de Revit (2024).

Pérdida total de presión de ductos de retorne de aire 04

Es necesario calcular la pérdida total del sistema de retorno de aire 04 porque es parámetro importante para elegir el ventilador. En este sentido, la mayor cantidad de pérdidas de presión no los dará la ruta crítica.

Tabla 68*Perdida de carga de la ruta crítica del retorno de aire 04*

Sección, familia y tipo	Tamaño total	Pérdida de carga (in-wg)	Ruta crítica
Conductos de Retorno de Aire			
B-C	20"x18"	0.01	Sí
A'-B	18"x18"	0.002	Sí
C	20"x18"	0	Sí
C'-G	20"x16"	0.004	Sí
C''-G	20"x16"	0.003	Sí
C'''-G	20"x16"	0.001	Sí
G-I	18"x15"	0.006	Sí
I-K	16"x12"	0.014	Sí
A-B'	18"x20"	0	Sí
K-M	14"x10"	0.004	Sí

M'-L	10"x8"	0.008	Sí
L	10"x8"	0.003	Sí
M-L'	10"x8"	0.022	Sí

Uniones de conducto Retorno de Aire

Rectangular Tee: Standard	18"x20"-18"x20"-18"x20"	0	Sí
Rectangular Elbow - Mitered: Standard	15"x18"-15"x18"	0.06	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	20"x16"-20"x16"	0.06	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	0.03	Sí
Rectangular Tee: Standard	16"x12"-16"x12"-16"x12"	0	Sí
Rectangular Tee: Standard	20"x16"-20"x16"-20"x16"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-10"x8"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-15"x18"	0.01	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-18"x18"	0	Sí
Rectangular Tee: Standard	20"x18"-20"x18"-20"x18"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x20"-18"x18"	0	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	10"x8"-10"x8"	0.03	Sí
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	20"x16"-20"x16"	0.06	Sí
Rectangular Tee: Standard	14"x10"-14"x10"-14"x10"	0	Sí
Rectangular Tee: Standard	18"x15"-18"x15"-18"x15"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x10"-10"x8"	0.01	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x12"-14"x10"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x16"-18"x15"	0	Sí
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x15"-16"x12"	0	Sí

Terminal y equipo de aire de conducto de retorno de aire

Return Diffuser: Difusor de retorno de Z2	12"x12"	0.2067	Sí
Control Damper	18"x20"	0.02	Sí

Pérdida total de presión en el sistema = 0.5637

Nota: La tabla representa el resumen de la pérdida de carga de la ruta crítica del retorno de aire 04, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de presión, adaptada de Revit (2024).

5.20. Características de elección de ventilador centrífugo

Se elige de los catálogos de ventiladores centrífugo con las recomendaciones de 800 rpm y con de seguridad de 1.2 a la perdida de carga (Azahuanche 2021b).

Tabla 69

Características de elección de ventilador centrífugo

Característica	Pérdida de carga (in-wg)	Pérdida de carga con factor	
		de seguridad (in-wg)	Flujo (CFM)

Suministro de aire 1	0.553	0.664	2800
Suministro de aire 2	0.7477	0.897	2800
Suministro de aire 3	0.7877	0.945	2800
Suministro de aire 4	0.9567	1.148	2800
Retorno de aire 1	1.0952	1.314	2800
Retorno de aire 2	1.8412	2.209	2800
Retorno de aire 3	0.8702	1.044	2800
Retorno de aire 4	0.5637	0.676	2800

Nota: La tabla representa las características de elección del ventilador centrífugo, mediante el conteo de las pérdidas de carga de la ruta crítica y considerando los cuatro suministros y retorno de aire, elaboración propia.

5.21. Diseño de tubería de agua fría

Se realizará mediante el método de fricción igual: Donde se tiene un circuito preestablecido por el diseñador, se debe tener una velocidad de 4 a 6 pies por segundo y la pérdida de fricción debe ser de 1 a 5 pies de agua por cada 100 pies de tubo. El diámetro del tubo se selecciona con las gráficas de Carrier Estas tuberías están compuesta por material de de acero Schedule 40 que compuesto de codos de 90 y 45 grados con una rugosidad de 0.00180".

La tubería de agua helada se diseña para la siguiente temperatura (Euipo comercial):
 Ingreso de agua helada a la unidad manejadora (Salida de Scroll Chiller - Air Cooled): 45.
 Salida de agua helada a la unidad manejadora (Salida de Scroll Chiller - Air Cooled): 55 °F

5.21.1. Sistema de tuberías de agua fría

El sistema de tubería de agua fría consta de lo siguiente equipos: Scroll Chiller - Air Cooled de 18 tons, bomba en línea – circulador de 43.2 GPM, motor control valve, colador en Y, regulador de circuito, válvula de globo, válvula de mariposa, manómetro, indicador de temperatura.

El scroll chiller de air cooled alimentara

Cuadro unidades manejadoras tipo horizontal de flujo de aire de 2800 CFM y y con una alimentación de 10.8 GPM cada una.

5.21.2. Dimensionamiento de la tubería de agua fría

Método de fricción igual

Consta de ingresar a tablas de Carrier con las siguientes características: Flujo de agua helada en 2.4 GPM, temperatura de entrada del agua: 45°F, temperatura de salida del agua: 55°F, caída de presión estática por unidad de longitud de 1 a 4 ft/100 ft, velocidad de fluido de 4 a 6 pies por segundo en la tubería principal.

Tomando estas consideraciones se tiene una tabla que simplifica el dimensionamiento de las tuberías de agua fría, que consta de un diseño de 2.4 GPM por tonelada de refrigeración y asignando rangos de valores de toneladas mínimas y máximas y consecuentemente los GPM en él se encuentra y teniendo un valor de diámetro tubería, que esto deriva de las tablas de Carrier:

Tabla 70

Dimensión de tuberías de agua helada (ERP 2021)

Tuberías de Agua Helada (2.4 GPM / Ton)				
Tons_Min	Tons_Max	GPM_Min	GPM_Max	Tubería
0	0.5	0	1.2	1/2"Φ
0.5	1.5	1.2	3.6	3/4"Φ
1.5	3	3.6	7.2	1"Φ
3	6.5	7.2	15.6	1 1/4"Φ
6.5	10	15.6	24	1 1/2"Φ
10	19.5	24	46.8	2"Φ
19.5	31	46.8	74.4	2 1/2"Φ
31	55.5	74.4	133.2	3"Φ
55.5	113.5	133.2	272.4	4"Φ
113.5	178	272.4	427.2	5"Φ
178	257.5	427.2	618	6"Φ
257.5	462.5	618	1110	8"Φ
462.5	736	1110	1766.4	10"Φ
736	1051.5	1766.4	2523.6	12"Φ
1051.5	1277.5	2523.6	3066	14"Φ

Nota: La tabla representa las dimensiones de las tuberías de agua helada y las características de la tubería de agua fría, obtenida de ERP (2021).

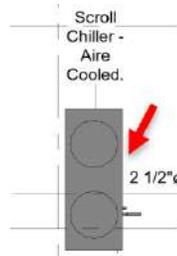
Tubería de agua helada de suministro hidrónico

El diseño se realizará asignando dimensiones de acuerdo a la tabla de dimensionamiento de agua helada de (2.4 GPM/Ton) o también se podría usar las tablas de Carrier que son los mismos, dentro de suministro hidráulico se tiene que alimentar agua fría con a las 4 unidades manejadoras de aire de 4.5 toneladas de refrigeración y que será alimentado por Scroll chiller de air cooled de 18 toneladas de refrigeración.

Ejemplo del uso de la tabla : Se realizará el ejemplo para sistema de salida de la tubería de agua helada del Scroll Chiller - Aire Cooled. Ubicación en plano:

Figura 60

Diseño de la tubería de agua helada en la salida de Scroll Chiller - Aire Cooled.



Nota: La figura representa el diseño de la tubería de parte del inicio del scroll chiller - aire enfriado, adaptada de Revit (2024).

Cálculos para la tubería de salida: Capacidad de Scroll Chiller- Aire Cooled: 18 Tons. Se tiene Factor de Agua Helada: 2.4 GPM/Ton

Datos:

$$\dot{Q}_{CE} = 17.882 \approx 18 \text{ TR} \quad \text{Capacidad del equipo}$$

$$\dot{F}_{AH} = 18 \times F_{AH} \text{ (GPM)} \quad \text{Flujo de agua helada}$$

$$\dot{F}_{AH} = 18 \times 2.40 \text{ (GPM)}$$

$$\dot{F}_{AH} = 43.2 \text{ GPM}$$

Según la tabla dimensiones de agua helada:

Rango de Toneladas

10 tons < 18 tons < 19.5 tons

Diámetro de la tubería: $\Phi = 2$ pulgadas

Rango de GPM:

24 GPM < 43.2 GPM < 46.8 GPM

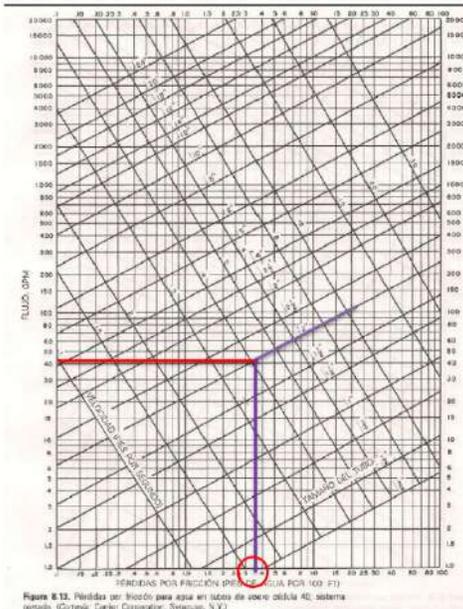
Perdida de la tubería de salida de tubería

La pérdida se puede hallar varias formas, uno con uso de software de McQuay Pipe o con el uso de las tablas de Carrier, como se realizará en siguiente ejemplo:

Datos: Flujo de agua helada: 43.2 GPM, diámetro de ducto:

Figura 61

Perdidas por fricción para agua de tubos de acero cedula 40 (Carrier 1980)



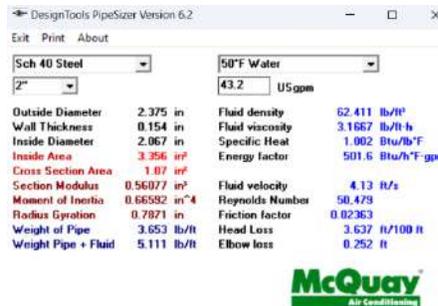
Nota: La figura representa el diseño de la tubería mediante las pérdidas por fricción para agua en tubos de acero cédula 40, adaptada de Carrier (1980).

Se tiene una perdida según la gráfica de Carrier de 3.59 ft/100 ft

La pérdida también se puede obtener del software McQuay, como se aprecia en la imagen con una perdida 3.637 ft/100 ft.

Figura 62

Diseño de tubería mediante el software McQuay



Nota: La figura representa el diseño de tubería mediante el software McQuay, obtenido de McQuay (2024).

5.22. Tubería de suministro de agua helada

Para tener dimensiones de las tuberías de agua helada y modelado apropiado de la ubicación de las tuberías de agua helada en el recinto del museo, se modela todo el edificio del museo con sus dimensiones reales y también la disposición de los ductos de aire acondicionado para no tener interferencia en sistema mecánico. El software elido donde se debe detalla la ubicación del sistema tuberías de agua helada como es el de suministro y retorno de agua helada. Es el software Revit Mep- 2025 que cuenta con familias de equipos de tuberías de agua helada comerciales y que estos se puedan conectar de acuerdo a las dimensiones elegidas (Revit 2024).

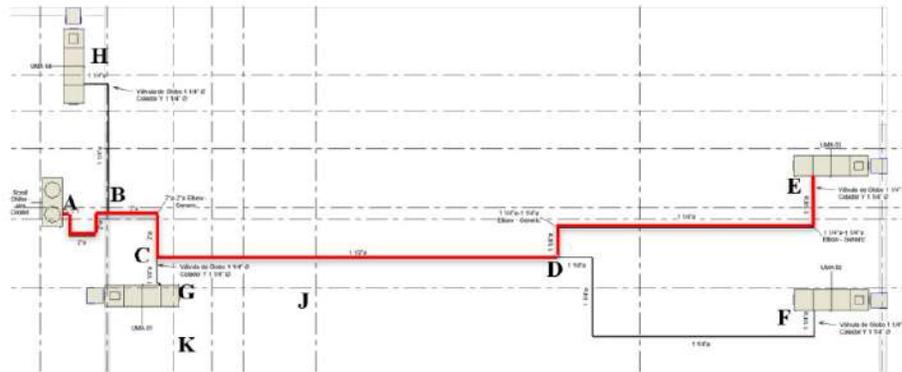
Equipos de tuberías para el suministro de Agua helada 01

Unidad manejadora de aire horizontal (UMA), capacidad de refrigeración: 4.5 tons, caudal de agua helada: 20.8 GPM, tuberías dimensionadas por software o tablas de ASHRAE o Carrier, válvula de globo, colador en Y.

Plano de detalle del sistema de tubería de suministro de agua helada 01

Figura 63

Disposición de Suministro de agua helada 01 y la ruta critica línea roja



Nota: La figura representa la disposición del suministro de agua helada 01 y la ruta crítica (línea roja) para determinar la potencia de la bomba, adaptada de Revit (2024).

Tabla de tuberías de suministro de agua helada

En la tabla se detallan las velocidades, la longitud, la tubería que forma parte de la ruta crítica, tamaño, flujo, y las pérdidas de presión.

Tabla 71

Tubería de Suministro de Agua Helada 01

Sección	Longitud (m)	Velocidad (FPS)	Flujo (GPM)	Diámetro (pulgadas)	Fricción (FT/100ft)	Pérdida de carga (psi)	Ruta crítica
C1-G	0.13	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.004	No
C2-G	0.4	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.013	No
C3-G	0.02	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.001	No
C4-G	0.11	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.003	No
B1-C	2.65	3.11	32.4	2	2.225	0.084	Sí
D1-F	4.35	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.136	No
D2-F	1.77	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.055	No
C5-G	0.62	3.34	21.6	1 1/2	3.421	0.03	Sí
B2-C	2.33	3.11	32.4	2	2.225	0.074	Sí
D1-E	14.13	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.442	Sí
D3-F	1.63	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.051	Sí
D	0.72	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.023	Sí
C-D	22.38	3.34	21.6	1 1/2	3.421	1.089	Sí
B1-H	0.22	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.007	No
B2-H	1.05	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.033	No
B3-H	6.45	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.202	No
B	0.59	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.018	No
A-B1	0.66	4.15	43.2	2	3.775	0.035	Sí
D4-F	12.31	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.385	No
D5-F	0.38	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.012	No
D2-E	0.29	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.009	Sí
D6-F	1.05	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.033	No
D7-F	0.39	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.012	No
B4-H	0.54	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.017	No
A1-B	0.28	4.15	43.2	2	3.775	0.015	Sí
A2-B	1.37	4.15	43.2	2	3.775	0.074	Sí
A3-B	1.13	4.15	43.2	2	3.775	0.061	Sí
C6-G	0.18	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.006	No
D-F1	0.06	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.002	No
D-F2	0.05	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.002	No
D-E1	2	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.063	Sí
D-E2	0.24	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.008	Sí
B-H1	0.59	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.019	No

B-H2	0.4	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.013	No
C-G1	0.13	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.004	No
C-G2	0.37	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.012	No
A4-B	1.13	4.15	43.2	2	3.775	0.061	Sí

Nota: La tabla representa las características de las tuberías de suministro de agua helada, incluyendo aspectos importantes de la ruta crítica y las pérdidas de carga, adaptada de Revit (2024).

Tabla de uniones y equipos de tuberías de suministro de agua helada

En la tabla se muestra la familia el tipo de uniones de tuberías de suministro de agua helada 01; así mismo el tamaño, la pérdida de carga y la ruta crítica.

Tabla 72

Uniones de y accesorios de tuberías de retorno de agua helada

Familia y tipo	Tamaño	Pérdida de carga	
		(psi)	Ruta crítica
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	No
Tee - Generic: Standard	2"ø-2"ø-2"ø	1.136	Sí
Elbow - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/2"ø	0.06	Sí
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	No
Tee - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/2"ø-1 1/2"ø	0.125	Sí
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	Sí
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	Sí
Elbow - Generic: Standard	2"ø-2"ø	0.043	Sí
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	No
Tee - Generic: Standard	2"ø-2"ø-2"ø	0.136	Sí
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	No
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	No
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	No
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	No
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	Sí
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	No
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	No
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	No
Transition - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/4"ø	0	Sí
Transition - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/4"ø	0	Sí
Transition - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/4"ø	0	No
Transition - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/4"ø	0	No
Transition - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/4"ø	0	No

Transition - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/4"ø	0	No
Transition - Generic: Standard	2"ø-1 1/2"ø	0	Sí
Elbow - Generic: Standard	2"ø-2"ø	0.084	Sí
Elbow - Generic: Standard	2"ø-2"ø	0.084	Sí
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	No
Transition - Generic: Standard	2"ø-1 1/4"ø	0	No
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	No
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	No
Elbow - Generic: Standard	2"ø-2"ø	0.084	Sí
Elbow - Generic: Standard	2"ø-2"ø	0.084	Sí
Transition - Generic: Standard	2"ø-1 1/4"ø	0	No
Válvula de Globo- 4 unidades	1 1/4"ø	0.27	Sí
Colador Y- 4 unidades	1 1/4"ø	0.3	Sí

Nota: La tabla representa las características de planificación de uniones y accesorios de tuberías de retorno de agua helada, incluyendo aspectos importantes de la ruta crítica y las pérdidas de presión, adaptada de Revit (2024).

Pérdida total de presión de tuberías del suministro de agua helada

Es necesario calcular la pérdida total del sistema tuberías del suministro de agua helada porque es parámetro importante para elegir la bomba. En este sentido, la mayor cantidad de pérdidas de presión no los dará la ruta crítica.

Tabla 73

Perdida de la

ruta crítica del suministro de agua helada

Sección, familia y tipo	Diámetro (pulgadas)	Pérdida de carga (psi)	Ruta crítica
Tubería de Suministro de agua helada			
B1-C	2	0.084	Sí
C5-G	1 1/2	0.03	Sí
B2-C	2	0.074	Sí
D1-E	1 1/4	0.442	Sí
D3-F	1 1/4	0.051	Sí
D	1 1/4	0.023	Sí
C-D	1 1/2	1.089	Sí
A-B1	2	0.035	Sí
D2-E	1 1/4	0.009	Sí

A1-B	2	0.015	Sí
A2-B	2	0.074	Sí
A3-B	2	0.061	Sí
D-E1	1 1/4	0.063	Sí
D-E2	1 1/4	0.008	Sí
A4-B	2	0.061	Sí
Uniones y accesorio de tubería de agua helada			
Tee - Generic: Standard	2"ø-2"ø-2"ø	1.136	Sí
Elbow - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/2"ø	0.06	Sí
Tee - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/2"ø-1 1/2"ø	0.125	Sí
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	Sí
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	Sí
Elbow - Generic: Standard	2"ø-2"ø	0.043	Sí
Tee - Generic: Standard	2"ø-2"ø-2"ø	0.136	Sí
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	Sí
Transition - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/4"ø	0	Sí
Transition - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/4"ø	0	Sí
Transition - Generic: Standard	2"ø-1 1/2"ø	0	Sí
Elbow - Generic: Standard	2"ø-2"ø	0.084	Sí
Elbow - Generic: Standard	2"ø-2"ø	0.084	Sí
Elbow - Generic: Standard	2"ø-2"ø	0.084	Sí
Elbow - Generic: Standard	2"ø-2"ø	0.084	Sí
Válvula de Globo- 4 unidades	1 1/4"ø	0.27	Sí
Colador Y- 4 unidades	1 1/4"ø	0.3	Sí
Pérdida total de presión en el sistema=		4.6192	

Nota: La tabla representa el resumen de las pérdidas de la ruta crítica del suministro de agua helada, incluyendo aspectos importantes de la ruta crítica y las pérdidas de presión, adaptada de Revit (2024).

5.23. Retorno de tubería de agua helada

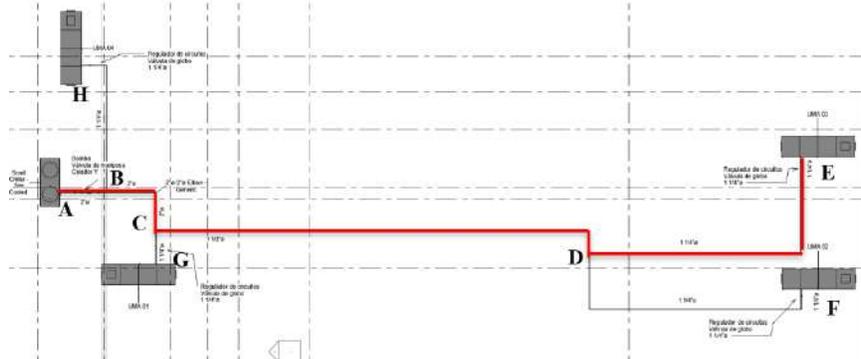
Para tener dimensiones de los ductos de retorno de agua helada y modelado apropiado de la ubicación de las tuberías y no interferencia con los ductos de suministro y retorno de aire se modela. El software Revit Mep- 2025 que cuenta con familias de tuberías comerciales y que estos se puedan conectar de acuerdo con las dimensiones elegidas (Revit 2024).

Equipos de tubería del retorno de agua helada: bomba con flujo de 43.2 GPM, tuberías y accesorios dimensionados por software o tablas de ASHRAE o Carrier, válvula de

mariposa de agua helada, válvula de globo, colador en Y, regulador de circuitos. Plano de detalle de tuberías de retorno de agua helada

Figura 64

Disposición de retorno de agua helada y la ruta crítica línea roja



Nota: La figura representa la disposición de retorno de agua helada y la ruta crítica (línea roja) para determinar la potencia de la bomba, adaptada de Revit (2024).

Tabla de tubería de retorno de agua helada

En la tabla se detallan las velocidades, la longitud, el ducto que forma parte de la ruta crítica, tamaño, flujo, y las pérdidas de presión.

Tabla 74

Tuberías de Retorno de agua helada

Sección	Longitud (m)	Velocidad (FPS)	Flujo (GPM)	Diámetro (")	Fricción (FT/100ft)	Pérdida de carga (psi)	Ruta crítica
B1-C	2.7	3.11	32.4	2	2.225	0.086	Sí
C-G1	0.57	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.018	No
B-H1	0.2	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.006	No
A-B1	0.38	4.15	43.2	2	3.775	0.02	Sí
D1-F	11.93	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.373	No
C-D1	1.17	3.34	21.6	1 1/2	3.421	0.057	Sí
C-D	24.42	3.34	21.6	1 1/2	3.421	1.188	Sí
D-E1	0.34	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.011	Sí
D	0.87	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.027	Sí
D2-F	3.11	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.097	No
C-G2	0.82	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.026	No
B-C1	2.15	3.11	32.4	2	2.225	0.068	Sí
D-E2	0.15	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.005	Sí
D-F1	0.26	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.008	No
B-H2	0.34	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.011	No
A1-B	0.19	4.15	43.2	2	3.775	0.01	Sí

C-G2	0.21	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.006	No
D-F2	0.11	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.004	No
D-E3	4.36	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.137	Sí
B-H3	1.26	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.04	No
D-E4	0.64	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.02	Sí
D-F3	0.5	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.016	No
B-H4	0.92	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.029	No
C-G3	0.34	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.011	No
C-G4	0.35	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.011	No
A2-B	0.74	4.15	43.2	2	3.775	0.04	Sí
A-B1	0.36	4.15	43.2	2	3.775	0.019	Sí
A-B2	0.28	4.15	43.2	2	3.775	0.015	Sí
B1-H	0.19	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.006	No
B2-H	5.48	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.172	No
C	0.76	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.024	No
D2-F	11.51	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.36	Sí
D3-F	0.09	2.33	10.8	1 1/4	2.201	0.003	Sí

Nota: La tabla representa las características de las tuberías de retorno de agua helada, incluyendo aspectos importantes de la ruta crítica y las pérdidas de carga, adaptada de Revit (2024).

Tabla de uniones y accesorios de conducto de tuberías de retorno de agua helada

En la tabla se muestra la familia el tipo de uniones de tuberías de retorno de agua helada; así mismo el tamaño, la pérdida de carga y la ruta crítica.

Tabla 75

Uniones de y accesorios de tuberías de retorno de agua helada

Familia y tipo	Tamaño	Pérdida de carga (psi)	Ruta crítica
Tee - Generic: Standard	2"ø-2"ø-2"ø	0.136	Sí
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	No
Tee - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/2"ø-1 1/2"ø	0.125	Sí
Elbow - Generic: Standard	2"ø-2"ø	0.136	Sí
Elbow - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/2"ø	0.06	Sí
Tee - Generic: Standard	2"ø-2"ø-2"ø	0.136	Sí
Transition - Generic: Standard	2"ø-1 1/2"ø	0	Sí
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	Sí
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	No
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	No

Transition - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/4"ø	0	Sí
Transition - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/4"ø	0	No
Transition - Generic: Standard	2"ø-1 1/4"ø	0	No
Transition - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/4"ø	0	Sí
Transition - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/4"ø	0	No
Transition - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/4"ø	0	No
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	No
Transition - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/4"ø	0	No
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	No
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	No
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	No
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	No
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	Sí
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	Sí
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	Sí
Transition - Generic: Standard	2"ø-1 1/4"ø	0	No
Transition - Generic: Standard	2 1/2"ø-2"ø	0	Sí
Transition - Generic: Standard	2"ø-1 1/2"ø	0	Sí
Transition - Generic: Standard	2 1/2"ø-2"ø	0	Sí
Transition - Generic: Standard	2"ø-1 1/2"ø	0	Sí
Válvula de Globo- 4 unidades	1 1/4"ø	0.27	Sí
Configurador de circuitos- 4 unidades	2 1/4"ø	1	Sí
Válvula de mariposa	2"ø	0.1	Sí
Colador Y - 4 unidades	2"ø	0.45	Sí

Nota: La tabla representa las características de las uniones de conducto de retorno de agua helada, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de presión, adaptada de Revit (2024).

Pérdida total de presión de tuberías de retorno de agua helada

Es necesario calcular la pérdida total del sistema tuberías de retorno de agua helada porque es parámetro importante para elegir la bomba. En este sentido, la mayor cantidad de pérdidas de presión no los dará la ruta crítica.

Tabla 76

Perdida de la ruta crítica del suministro de agua helada

Sección, familia y tipo	Diámetro (pulgadas)	Pérdida de carga (psi)	Ruta crítica
Tubería de Retorno de agua helada			

B1-C	2	0.086	Sí
A-B1	2	0.02	Sí
C-D1	1 1/2	0.057	Sí
C-D	1 1/2	1.188	Sí
D-E1	1 1/4	0.011	Sí
D	1 1/4	0.027	Sí
B-C1	2	0.068	Sí
D-E2	1 1/4	0.005	Sí
A1-B	2	0.01	Sí
D-E3	1 1/4	0.137	Sí
D-E4	1 1/4	0.02	Sí
A2-B	2	0.04	Sí
A-B1	2	0.019	Sí
A-B2	2	0.015	Sí
D2-F	1 1/4	0.36	Sí
D3-F	1 1/4	0.003	Sí
Uniones y accesorio de tubería de agua helada			
Tee - Generic: Standard	2"ø-2"ø-2"ø	0.136	Sí
Tee - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/2"ø-1 1/2"ø	0.125	Sí
Elbow - Generic: Standard	2"ø-2"ø	0.136	Sí
Elbow - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/2"ø	0.06	Sí
Tee - Generic: Standard	2"ø-2"ø-2"ø	0.136	Sí
Transition - Generic: Standard	2"ø-1 1/2"ø	0	Sí
Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	0.0314	Sí
Transition - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/4"ø	0	Sí
Transition - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/4"ø	0	Sí
Transition - Generic: Standard	2 1/2"ø-2"ø	0	Sí
Transition - Generic: Standard	2"ø-1 1/2"ø	0	Sí
Válvula de Globo- 4 unidades	1 1/4"ø	0.27	Sí
Configurador de circuitos- 4 unidades	2 1/4"ø	1	Sí
Válvula de mariposa	2"ø	0.1	Sí
Colador Y - 4 unidades	2"ø	0.45	Sí
Pérdida total de presión en el sistema=		4.5104	

Nota: La tabla representa el resumen de la pérdida de carga de la ruta crítica del retorno de agua helada, con aspectos importantes de la ruta crítica y pérdidas de presión, adaptada de Revit (2024).

5.24. Características de elección de bomba

Se elige de los catálogos de Bomba en línea - Circulador con las recomendaciones de 43.2 GPM y con de seguridad de 1.2 a la pérdida de carga (Azahuanche 2021b).

Tabla 77*Características de elección de Bomba en línea - Circulador*

Característica	Pérdida de carga (psi)	Pérdida de carga con factor de seguridad (+ 12%) (psi)	Pérdida de carga con factor de seguridad (ft-wg)
Suministro de agua helada	4.6192	5.543	12.79
Retorno de agua helada	4.5104	5.412	12.48
Total, de perdida=	9.1296	10.956	25.27 (7.702296 m-wc)

Nota: La tabla representa las características de elección del bomba, mediante el conteo de las pérdidas de carga de la ruta crítica y considerando los cuatro suministros y retorno de agua helada, elaboración propia.

5.25. Cálculo de aislamiento de aire acondicionado

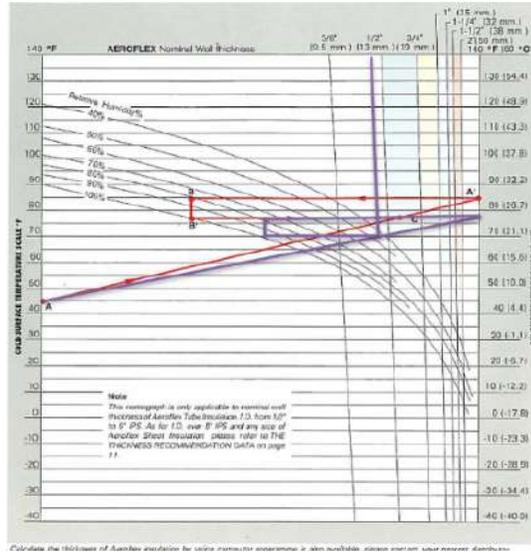
Se realiza el cálculo con uso de tablas, donde a condiciones de los sistemas de ductos y tuberías de aire acondicionado se elige el espesor del aislamiento.

5.25.1. Aislamiento para la tubería de aire acondicionado

Para esto usaremos las gráficas de aislamiento de la marca AEROFLEX donde nos indica que se debe tener las siguientes condiciones: Temperatura de la superficie de la tubería fría: 45°F (7.2°C), Temperatura del ambiente exterior: 77.56 °F (25.31°C) y Humedad relativa: 78.95 %. Con estos datos ingresamos en siguiente figura y como se observa la line morada establece las condiciones: Obteniendo un espesor de aislante: ½’’

Figura 65

Elección de espesor de aislamiento de la tubería del sistema de climatización (Aeroflex 2024).



Nota: La figura representa la elección del espesor de aislamiento de la tubería del sistema de climatización, adaptada de Aeroflex (2024).

5.26. Aislamiento para sistema ductos del sistema climatización

Aeroflex indica que el material utilizado para los aislantes es un elastómero, que no representa peligro para la salud y ofrece alta resistencia a la humedad. Para el museo, las condiciones ambientales son: temperatura de 21 °C y humedad relativa del 50%. La temperatura de operación para el insuflamiento es clave. El espesor de aislamiento de los ductos de aire acondicionado, marcado en verde, es de ¼ pulgada.

Figura 66

Elección de espesor de aislamiento del ducto del sistema de climatización (Aeroflex 2024)

Ambient Condition	Operating Temperature			
	60°F (15.5°C)	55°F (12.7°C)	50°F (10°C)	45°F (7.2°C)
80°F (26.6°C) 50% RH	1/4" (6 mm.)	1/4" (6 mm.)	1/4" (6 mm.)	3/8" (9 mm.)
85°F (29.4°C) 70% RH	3/8" (9 mm.)	3/8" (9 mm.)	3/8" (9 mm.)	1/2" (12 mm.)
90°F (32.2°C) 80% RH	5/8" (15 mm.)	3/4" (19 mm.)	3/4" (19 mm.)	1" (25 mm.)
90°F (32.2°C) 85% RH	1" (25 mm.)	1" (25 mm.)	1" (25 mm.)	1-1/4" (32 mm.)

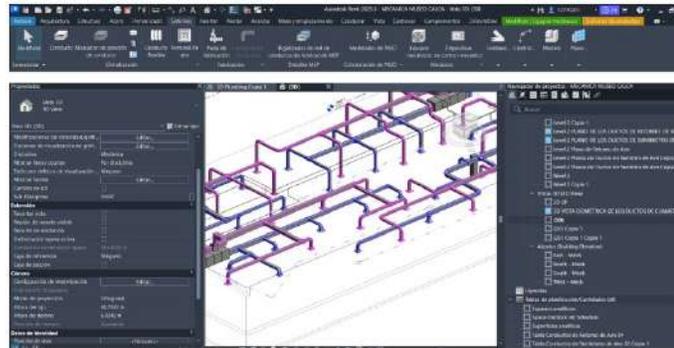
Nota: La figura representa la elección del espesor de aislamiento del ducto del sistema de climatización, adaptada de Aeroflex (2024).

5.27. Modelado del Sistema de climatización del museo en Revit- Mep

Revit-MEP es un software gratuito para estudiantes que permite modelar sistemas de climatización. Facilita el metrado de materiales y cuenta con normativas de diseño. Incluye datos meteorológicos de lugares con información en la nube, aunque no tiene acceso a los datos de Calca y el Valle Sagrado, pero sí a los de la ciudad de Cusco.

Figura 67

Interfaz de Revit-Mep para diseño de sistema de climatización (Revit 2024)



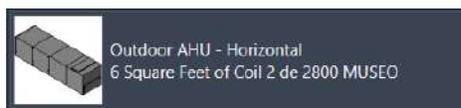
Nota: La figura representa la interfaz de Revit MEP para el diseño del sistema de climatización del museo de Calca, obtenida de Revit (2024).

5.28. Familias de Revit MEP

Las familias son materiales establecidos y comerciales que se pueden ser manipulados en dimensiones en nombre y valores físicos según los datos que quieras que tenga los módulos abarcan desde ductos, tuberías, unidades manejadoras y entre equipos electromecánicos.

Figura 68

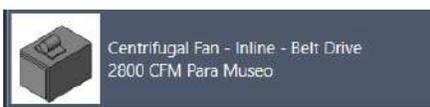
Familias de Revit-Mep para climatización (Revit 2024)



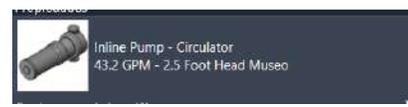
(a)



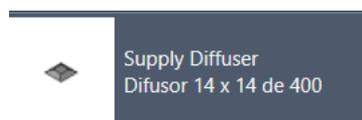
(b)



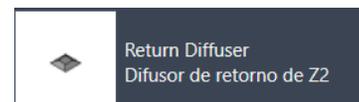
(c)



(d)



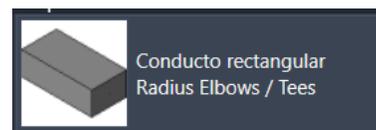
(e)



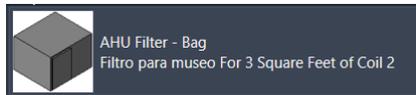
(f)



(g)



(h)



(i)

Nota: Las imágenes representan: (a)Unidad manejadora de aire, (b)Chiller, (c)Ventilador centrifugo, (d) Bomba de agua, (e)Difusor de aire suministro, (f) Difusor de aire retorno, (g)Control damper, (h) Conducto rectangular, (i)Filtro. Obtenida de Revit (2024).

5.29. Vínculos Revit

Para Revit permite coordinar disciplinas como arquitectura, estructuras y MEP mediante la vinculación de modelos, asegurando un diseño preciso de ductos y tuberías con dimensiones y ubicaciones reales, evitando errores e inconvenientes en la instalación.

5.30. Tabla de planificaciones en Revit- MEP

Revit te ofrece una planificación de los materiales y familias que usas para tu diseño planificando las dimensiones, características de instalación, y para cantidades exorbitantes y cometer errores es prescindible cuantificar de manera correcta.

Figura 69

Planificación de elementos del sistema de climatización (Revit 2024)

Nombre de sistema	Tip	Longitud	Volumen	Área total	Área
Retorno de Aire 01	2000 CP20	8.87 m	1.00 m³	20'x10'	8.87 m²
Retorno de Aire 02	2000 CP20	8.85 m	1.00 m³	20'x10'	8.85 m²
Retorno de Aire 03	2000 CP20	8.83 m	1.00 m³	20'x10'	8.83 m²
Retorno de Aire 04	2000 CP20	8.81 m	1.00 m³	20'x10'	8.81 m²
Retorno de Aire 05	2000 CP20	8.79 m	1.00 m³	20'x10'	8.79 m²
Retorno de Aire 06	2000 CP20	8.77 m	1.00 m³	20'x10'	8.77 m²
Retorno de Aire 07	2000 CP20	8.75 m	1.00 m³	20'x10'	8.75 m²
Retorno de Aire 08	2000 CP20	8.73 m	1.00 m³	20'x10'	8.73 m²
Retorno de Aire 09	2000 CP20	8.71 m	1.00 m³	20'x10'	8.71 m²
Retorno de Aire 10	2000 CP20	8.69 m	1.00 m³	20'x10'	8.69 m²
Retorno de Aire 11	2000 CP20	8.67 m	1.00 m³	20'x10'	8.67 m²
Retorno de Aire 12	2000 CP20	8.65 m	1.00 m³	20'x10'	8.65 m²
Retorno de Aire 13	2000 CP20	8.63 m	1.00 m³	20'x10'	8.63 m²
Retorno de Aire 14	2000 CP20	8.61 m	1.00 m³	20'x10'	8.61 m²
Retorno de Aire 15	2000 CP20	8.59 m	1.00 m³	20'x10'	8.59 m²
Retorno de Aire 16	2000 CP20	8.57 m	1.00 m³	20'x10'	8.57 m²
Retorno de Aire 17	2000 CP20	8.55 m	1.00 m³	20'x10'	8.55 m²
Retorno de Aire 18	2000 CP20	8.53 m	1.00 m³	20'x10'	8.53 m²
Retorno de Aire 19	2000 CP20	8.51 m	1.00 m³	20'x10'	8.51 m²
Retorno de Aire 20	2000 CP20	8.49 m	1.00 m³	20'x10'	8.49 m²
Retorno de Aire 21	2000 CP20	8.47 m	1.00 m³	20'x10'	8.47 m²
Retorno de Aire 22	2000 CP20	8.45 m	1.00 m³	20'x10'	8.45 m²
Retorno de Aire 23	2000 CP20	8.43 m	1.00 m³	20'x10'	8.43 m²
Retorno de Aire 24	2000 CP20	8.41 m	1.00 m³	20'x10'	8.41 m²
Retorno de Aire 25	2000 CP20	8.39 m	1.00 m³	20'x10'	8.39 m²
Retorno de Aire 26	2000 CP20	8.37 m	1.00 m³	20'x10'	8.37 m²
Retorno de Aire 27	2000 CP20	8.35 m	1.00 m³	20'x10'	8.35 m²
Retorno de Aire 28	2000 CP20	8.33 m	1.00 m³	20'x10'	8.33 m²
Retorno de Aire 29	2000 CP20	8.31 m	1.00 m³	20'x10'	8.31 m²
Retorno de Aire 30	2000 CP20	8.29 m	1.00 m³	20'x10'	8.29 m²

Nota: La figura representa la planificación de los elementos del sistema de climatización del museo de Calca, obtenida de Revit (2024).

5.31. Comprobación de interferencias MEP

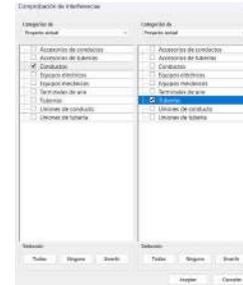
Revit 2024 permite detectar interferencias entre disciplinas. En el análisis MEP no se hallaron conflictos en ductos y tuberías, pero sí con muros al cruzar la arquitectura, lo que requerirá ajustes en obra. Esta herramienta es clave para coordinar especialidades en proyectos mixtos.

Figura 70

Interferencias de Revit – MEP de sistema climatización del museo (Revit 2024)



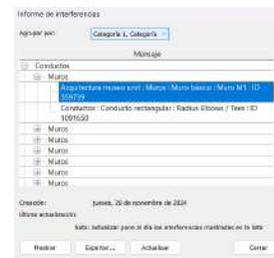
(a)



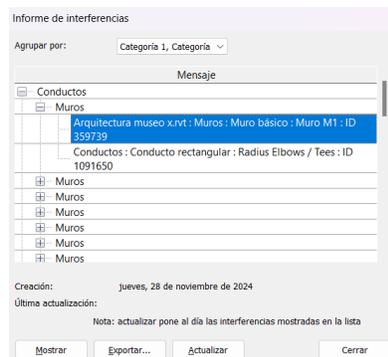
(b)



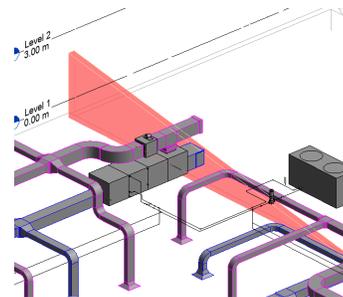
(c)



(d)



(e)



(f)

Nota: Las imágenes representan: (a)Cinta de opciones de interferencia, (b)Elección de categorías de interferencia, (c) Confirmación de interferencia, (d) Interferencia con la especialidad de arquitectura, (e)Confirmación de interferencia y (f) Lugar de interferencia con el muro. Obtenida de Revit (2024).

CAPÍTULO VI

6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

6.1.Introducción

Se detalla, eligen o calculan todos los elementos del sistema de climatización del museo de Calca, eligiendo un sistema chiller por gran el tamaño que presenta el museo, comenzando de sistema de conductos del aire acondicionado y las tuberías del sistema de agua helada detallando las características comerciales e ingenieriles, y el suministro eléctrico.

6.2. Características del suministro eléctrico en museo

Por el museo de la Ciudad de Calca se tiene servicio de la empresa Electro Sur Este donde en la página de web gis.else.com.pe nos brinda detalles del suministro eléctrico que pude brindar para el museo de Calca.

Figura 71

Subestación de distribución para la climatización de Museo de Calca (Gis 2024)

Subestacion de Distribucion: CENTRO RECREACIONAL	
CODIGOSUCURSAL	008
NOMBRESED	CENTRO RECREACIONAL
DIRECCIONSED	AV. VILCANOTA
CODIGOTIPOSED	COM
CODPROPIETARIOENTIDAELECT	PA
CODIGOTECHNICOSET	PI
CODIGOTECHNICOALIMMT	PI05
CODIGOTIPOSISTEMA	T
CODIGOOBRA	
FECHAINSTALACIONENTIDAD	4/7/2010 7:00 P.M.
CODIGOESTADOCONSERVACION	BUE
ETIQUETA	100kVA 22.9/0.22kV
CODIGOTECHNICOSED	0081202
CODIGOTIPOTRANSFORMADOR	
CODIGOTIPOSUBESTACION	

Nota: La figura representa el suministro eléctrico del museo de Calca, obtenida de GIS (2024).

Características alimentación de fluido eléctrico disponible: Tipo de Sistema: T (trifásico) y Tensión: 220 V

6.3.Equipos y accesorios en común de sistema de climatización

Estos equipos y accesorios comparten con los sistemas de ductos y tuberías de aire acondicionado.

6.3.1. Air Cooled Chiller

El enfriador de aire envía agua fría a las unidades manejadoras debe tener las siguientes características, se requiere 1und (Mujeeb 2023):Tipo de Compresor: Tornillo, Refrigerante: R32, Temperatura Ambiente: 77.56°F o 25.31°C, Capacidad Total de Enfriamiento: 18 TR (63.3034 KW), Temperatura de Entrada del Agua: 45°F, Temperatura de Salida del Agua: 55°F, Flujo de Agua: 43.2 GPM (9.8 M3/H), Suministro de Energía: 220 V-T-60Hz. Se elige de marca "Naser" industrial air cooled water chiller with CE: Que cumple con las características, requeridas: Compresor: NEW Scroll Type de 20HP, Características de suministro: 220V/3T/60Hz, Capacidad Total de Enfriamiento: 71 KW, Precio: US\\$ 7350.00 (S/ 26185.50).

Figura 72

Características de Air Cooled Chiller con bomba incluida (Naser 2024)

"Naser" industrial air cooled water chiller with CE Model: NWS-20AC, specification as below	1	US\$6,900.00	US\$7,350.00
Water pump 2HP, motor 1.5KW, flow 21.6M3/H, 1.5M, Voltage: 220V/3Phase/60Hz	1	US\$450.00	

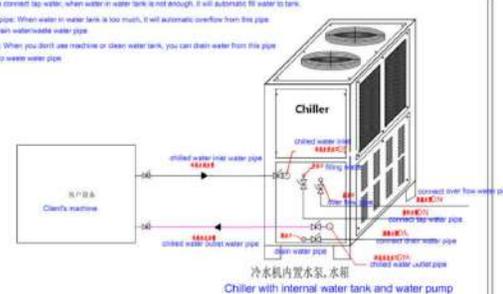
Model: NWS-20AC

- 1.Compressor: NEW Scroll Type
- 2.Compressor Power: 20HP
- 3.Voltage: 220V/3Phase/60Hz
- 4.Cooling Capacity: 71KW 20.2USRT 61060Kcal/h
- 5.Refrigerant: R407C (ambient friendly refrigerant)
- 6.Contacter: Schneider Electric
- 7.Condenser: Japan kobe efficient aluminum finned copper jacket + low noise external rotor fan
- 8.Evaporator: Stainless steel water tank type with copper coil
- 9.Water Tank: 278 L
- 10 Diameter of standard pipes: DN50
- 11.Staircase freezing waterflow: 12.21M³/H
- 12.Built-in Water Pump: 2HP
1.5 KW, 15 M lift, 21.6 M3/H
- 13.Microcomputer Tem Controller/ 1 Set
- 14.Highly Low Switch,Exhausting Overheat Protect,Failible Plug,Overcurrent Relay,Sequence Protector,Lock Phase Protector
- 15.Machine Size: L2000*W1130*H1720mm
- 16.Machine weight: 830KG

Photos for your reference



1. Filling water pipe connect top water, when water in water tank is not enough, it will automatic fill water to tank.
2. Over flow water pipe: When water in water tank is too much, it will automatic overflow from this pipe. It can connect drain water/waste water pipe.
3. Drain water pipe: When you start use machine or clean water tank, you can drain water from this pipe. It connect valve to waste water pipe.



Remarks: 1. the cooling capacity is based on: the chilled inlet/outlet water temperature is 20°C/15°C, cooling air inlet/outlet 40°C/45°C...
2. Scope of work: chilled water temperature range 6°C ~ 35°C; Working at temperature not above 35°C.

Nota: La figura representa las características detalladas de un enfriador de aire (Air Cooled Chiller) con bomba incluida, obtenida de Naser (2024).

Características de Bomba de agua helada incorporada: Potencia: 2 HP (1.5 KW), pérdida de presión: 15 m-wc (cumple con pérdida calculada de 7.7 m-wc), flujo: 21.6 m³/h (95.1 GPM) (cumple con flujo calculado de 43.8 GPM), precio: US\$ 450.00 (S/ 1707.75).

6.3.2. Unidad manejadora de aire horizontal

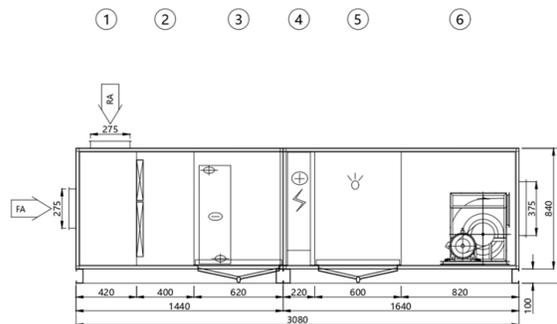
Requisito Esencial para la unidad manejo de aire donde se realiza el tratamiento del aire en su esencia y de ahí distribuido a diferentes lugares, y se requiere 4: La unidad de aire consta

de Sección de prefiltros, Sección de serpentines de agua, Sección del calentador eléctrico, sección de humidificación y la Sección del ventilador de suministro.

Precio por unidad: US\\$ 6369.75 (S/ 24141.3525), Características suministro eléctrico y flujo de aire: Alimentación eléctrica: 220V/3Ph/60Hz, Suministro de aire: 2800 CFM (aproximadamente 5000 m³/hr), Capacidad de refrigeración: 4.5 TR (15.82 KW), Presión estática externa: 1.148 in.wg (285.66 Pa), Características de equipo de la unidad manejadora de aire: Calentador eléctrico de 14 kW, Ventilador de 2.2 kW, Características del Humidificador: Suministro de agua para humidificación: 34.065 litros de agua / hora (36 kg/hr).

Figura 73

Características de la unidad manejadora de aire (Holtop 2024)



Nota: La figura representa las características detalladas de la unidad manejadora de aire, obtenida de Holtop (2024).

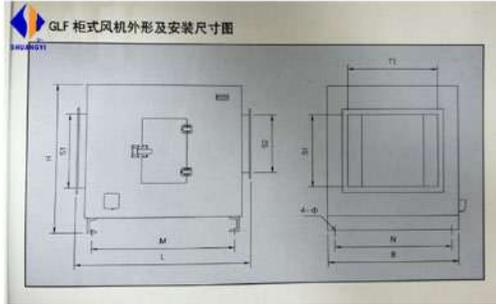
6.3.1. Ventilador centrífugo de gabinete – aire retorno

Se tiene 4 ventiladores centrífugos de gabinete que se encargan de extraer aire de recinto del museo de las siguientes características:

Flujo de aire: 2800 CFM (4757.23 m³/h), Presión total: 2.209 in-wc (549.69 Pa), Cantidad: 4 und, Elegimos el siguiente ventilador centrífugo de gabinete: Precio: US\\$ 210.65 (S/ 799.42).

Figura 74

Características del Ventilador centrífugo de gabinete (SHUANGYI 2024)



Specification		Content
model number		GLF-12 IV
Air volume		500m ³ /h
Full pressure		550pa
Voltage/Hz		220V/60HZ
Power		1.5KW
Weight		113KG
Noise		70 dB(A)
Dimension	Length	900mm
	Width	850mm
	Height	790mm
Air inlet	T1	500mm
	S1	400mm
Air outlet	T2	360mm
	S2	250mm

Nota: La figura representa las características detalladas del ventilador centrífugo de gabinete, obtenida de SHUANGYI (2024).

6.3.2. Control Damper

Se eligió el siguiente control Damper que tiene la función de controlar o redirigir la dirección del aire, las siguientes características:

Ángulo de rotación: 0 a 90 grados, Metrado: 12 und, Precio: US\\$ 55 (S/ 208.72).

Figura 75

Características de Control Dámper (Aveco 2024)



Nota: La figura representa las características del control de damper, obtenida de Aveco (2024).

6.3.1. Difusor de suministro de aire

El difusor de suministro de aire para ductos climatización son para flujos de 400 y 600 CFM con una dimensión de 14 x 14 pulgadas. Precio: US\$ 55.03 (S/ 208.84)

Difusores de suministro y retorno de aire

Se encuentran en la parte ultima par distribución de aire tratado, la cantidad requerida se detalla en siguiente cuadro:

Tabla 78

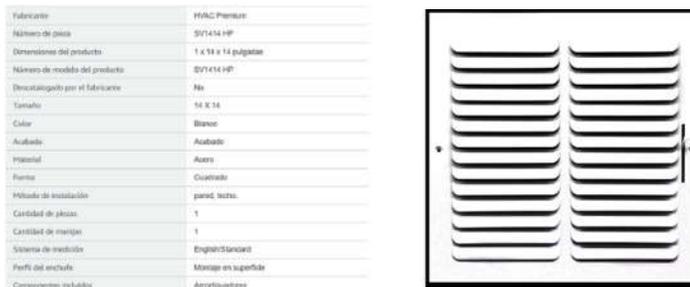
Cantidad de difusores de retorno y suministro de aire

Tipo de sistema	Familia	Tamaño	Recuento
Aire de retorno	Difusor de retorno	12"x12"	25
Suministro de aire	Difusor de suministro	14"x14"	25

Nota: La tabla representa la cantidad de difusores de retorno y suministro de aire del sistema de climatización del museo, adaptada de Revit (2024).

Figura 76

Características de difusor de suministro de aire 14 x 14 pulgadas (Hvac Premium 2024).



Nota: La figura representa las características del difusor de suministro de aire de 14 x 14 pulgadas, obtenida de Hvac Premium (2024).

6.3.1. Rejilla de aire de retorno

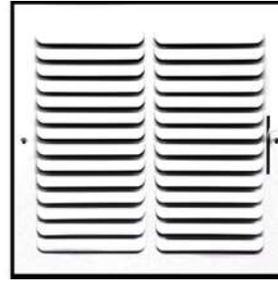
Las rejillas de aire retorno son para los ductos de retorno de aire que manejan flujos de 600 CFM Y 400 CFM de 12"X12", las rejillas ayudan al retorno del aire para ser expulsados o recirculados, son de las siguientes características. Precio: **US\$ 26.69 (S/ 101.29)**

Figura 77

Característica de Rejilla de aire de retorno 12x12 in (Nature Du 2024)



Fabricante	HVAC Premium
Número de pieza	327414 HP
Dimensión del producto	14 x 14 x 14 pulgadas
Número de modelo del producto	327414 HP
Desmontado por el fabricante	No
Tamaño	14 X 14
Color	Blanco
Acabado	Acabado
Material	Acero
Forma	Cuadrado
Método de instalación	Panel, techo
Cantidad de piezas	1
Cantidad de manijas	1
Sistema de medición	English/Standard
Perfil del enchufe	Montaje en superficie
Consumibles incluidos	Accesorios



Nota: Las figuras representa las característica de Rejilla de aire de retorno 12x12 in, obtenida de Nature Due (2024).

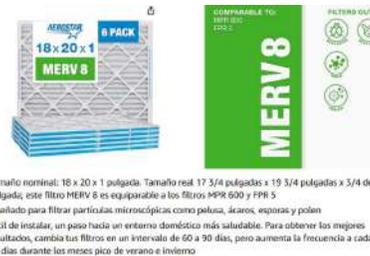
6.3.1. Filtros de aire HVAC

Uso para ductos de aire acondicionado, se requiere 4 por unidad manejadora. Ayudan a la eliminación de polvos, polen y materiales contaminantes al aire acondicionado, en esto caso se usan filtros mecánicos, se tiene filtros Hepa que son usados en hospitales.

Características: Filtro de panel, Precio: US\$ 47.99, Precio unitario: US\$ 7.99 (S/ 30.32)

Figura 78

Características del filtro HVAC (Aerostar 2024)



- Tamaño nominal: 18 x 20 x 1 pulgada. Tamaño real: 17 3/4 pulgadas x 19 3/4 pulgadas x 3/4 de pulgada, este filtro MERV 8 es equivalente a los filtros MPR 600 y FPR 5.
- Diseñado para filtrar partículas microscópicas como pelusa, ácaros, esporas y polen.
- Fácil de instalar, un paso hacia un entorno doméstico más saludable. Para obtener los mejores resultados, cambia tus filtros en un intervalo de 60 a 90 días, pero aumenta la frecuencia a cada 30 días durante los meses pico de verano e invierno.

Nota: Las figuras representan las características del filtro HVAC, obtenidas de Aerostar (2024).

6.4. Conductos de aire acondicionado

Este compuesto por todo los accesorios y ductos que componen al sistema de suministro y retorno de aire; asimismo, el sistema de tuberías de agua heladas.

Conductos de sistema de climatización

Cullo material es de chapa galvanizada de 80g de capa de zinc con espesor de 0.75 mm con y los ductos semiacabados, cuyo método de unión de los ductos es de mediante un enlace de brida de ángulo de hierro, estos son marcos metálicos ubicados al extremo y son unidos con tornillos o perno (Fco 2024).

Figura 79

Enlace de los ductos de climatización mediante un enlace de brida de ángulo de hierro
(Fco 2024)



Nota: Las figuras representan el enlace de los ductos de climatización mediante un enlace de brida de ángulo de hierro, obtenidas de Eco (2024).

Tabla de planificación de conductos

Tabla 79

Tabla de planificación de conductos

Tamaño del conducto (Pulgadas x pulgadas)	Longitud total (metros)
10"x8"	162
14"x8"	58
14"x10"	38
16"x12"	27
20"x18"	36
16"x14"	26
18"x12"	5
18"x15"	5
20"x16"	5
16"x15"	5
18"x18"	5
18"x16"	5
14"x14"	5
12"x12"	5

Nota: La tabla representa la planificación de conductos, detallando las dimensiones y la cantidad total requerida, adaptada de Revit (2024).

Tabla 80

Uniones de ductos

Longitud total (metros)	Longitud total (metros)	cantidad
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-10"x8"	13
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-8"x10"	6
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-14"x8"	5

Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x10"-10"x8"	15
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x14"-10"x8"	14
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x14"-8"x10"	5
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x14"-14"x8"	3
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x16"-16"x12"	2
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x18"-16"x12"	1
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x12"-10"x8"	7
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x12"-14"x8"	4
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x12"-14"x10"	4
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x14"-10"x8"	7
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x14"-14"x10"	2
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x14"-16"x12"	3
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x12"-14"x8"	2
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x12"-14"x10"	2
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x15"-10"x8"	2
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x15"-16"x12"	1
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x15"-16"x14"	1
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x16"-14"x8"	1
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x16"-16"x14"	1
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x20"-14"x8"	2
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x20"-16"x14"	1
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x20"-18"x18"	4
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x20"-20"x18"	2
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x16"-10"x8"	2
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x16"-18"x15"	3
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-10"x8"	1
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-14"x10"	1
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-14"x16"	1
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-15"x18"	1
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-16"x12"	1
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-16"x14"	2
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-15"x18"	1
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-18"x16"	2
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-18"x18"	4
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-18"x20"	3
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	36
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x14"-8"x14"	14
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	10"x8"-10"x8"	6
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	14"x10"-14"x10"	1
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	14"x8"-14"x8"	4

Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	18"x20"-18"x20"	3
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	20"x18"-20"x18"	4
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	20"x16"-20"x16"	2
Rectangular Elbow - Mitered: Standard	18"x20"-18"x20"	3
Rectangular Tee: Standard	10"x14"-10"x14"-10"x14"	3
Rectangular Tee: Standard	14"x10"-14"x10"-14"x10"	6
Rectangular Tee: Standard	16"x12"-16"x12"-16"x12"	6
Rectangular Tee: Standard	16"x14"-16"x14"-16"x14"	4
Rectangular Tee: Standard	18"x12"-18"x12"-18"x12"	2
Rectangular Tee: Standard	18"x15"-18"x15"-18"x15"	2
Rectangular Tee: Standard	18"x16"-18"x16"-18"x16"	1
Rectangular Tee: Standard	18"x20"-18"x20"-18"x20"	2
Rectangular Tee: Standard	20"x16"-20"x16"-20"x16"	2
Rectangular Tee: Standard	20"x18"-20"x18"-20"x18"	8
Rectangular Tee: Standard	20"x18"-20"x18"-14"x18"	1
Rectangular Cross: Standard	16"x12"-16"x12"-16"x12"-16"x12"	1
Rectangular Cross: Standard	16"x14"-16"x14"-16"x14"-16"x14"	2
Rectangular Cross: Standard	18"x20"-18"x20"-18"x20"-18"x20"	1
Rectangular Cross: Standard	20"x18"-20"x18"-20"x18"-20"x18"	1

Nota: La tabla representa las uniones de ductos, detallando las dimensiones y la cantidad total requerida, adaptada de Revit (2024).

Se detalla las dimensiones totales de los tamaños de ducto y los precios de cada uno.

Tabla 81

Tabla de planificación de conductos y uniones con su costo

Seller: Tangshan Xinfengcang Technology Co.,Ltd	Buyer: Museo Calca
Address: Hebei, China	Address: Cusco-Peru
Attn:	Attn:
Phone: 0086-18613608341	Phone:

Duct planning table			
Duct size (Inches x inches)	Total Length (Metres)	Unit price (\$)	Value (USD)
10"x8"	162.00	7.31	1184.54
14"x8"	58.00	8.96	519.68
14"x10"	38.00	9.78	371.49
16"x12"	26.76	11.38	304.42
20"x18"	36.00	15.44	555.84
16"x14"	26.00	12.21	317.41
18"x12"	4.73	12.19	57.67
18"x15"	5.00	13.41	67.04
20"x16"	5.00	14.62	73.12
16"x15"	5.00	12.59	62.96

18"x18"	5.00	14.62	73.12
18"x16"	5.00	13.81	69.04
14"x14"	5.00	11.42	57.12
12"x12"	5.00	9.76	48.80
			3762.25

Duct joints

Family and type	Total size	Quantity	Unit price (USD)	Value (USD)
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-10"x8"	13	7.01	91.08
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-8"x10"	6	7.01	42.04
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	12"x12"-14"x8"	5	7.01	35.03
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x10"-10"x8"	15	7.02	105.27
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x14"-10"x8"	14	8.20	114.81
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x14"-8"x10"	5	8.20	41.00
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x14"-14"x8"	3	8.20	24.60
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x16"-16"x12"	2	8.76	17.53
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	14"x18"-16"x12"	1	9.35	9.35
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x12"-10"x8"	7	8.17	57.16
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x12"-14"x8"	4	8.17	32.67
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x12"-14"x10"	4	8.17	32.67
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x14"-10"x8"	7	8.76	61.35
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x14"-14"x10"	2	8.76	17.53
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	16"x14"-16"x12"	3	8.76	26.29
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x12"-14"x8"	2	8.75	17.50
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x12"-14"x10"	2	8.75	17.50
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x15"-10"x8"	2	9.63	19.25
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x15"-16"x12"	1	9.63	9.63
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x15"-16"x14"	1	9.63	9.63
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x16"-14"x8"	1	9.91	9.91
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x16"-16"x14"	1	9.91	9.91
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x20"-14"x8"	2	11.08	22.17
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x20"-16"x14"	1	11.08	11.08
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x20"-18"x18"	4	11.08	44.33
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	18"x20"-20"x18"	2	11.08	22.17
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x16"-10"x8"	2	10.50	21.00
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x16"-18"x15"	3	10.50	31.49
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-10"x8"	1	11.08	11.08
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-14"x10"	1	11.10	11.10
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-14"x16"	1	11.08	11.08
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-15"x18"	1	11.08	11.08
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-16"x12"	1	11.08	11.08
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-16"x14"	2	11.08	22.17
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-15"x18"	1	11.08	11.08

Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-18"x16"	2	11.08	22.17
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-18"x18"	4	11.08	44.33
Rectangular Transition - Angle: 45 Degree	20"x18"-18"x20"	3	11.08	33.25
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x10"-8"x10"	36	7.10	255.73
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	8"x14"-8"x14"	14	8.70	121.86
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	10"x8"-10"x8"	6	8.89	53.33
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	14"x10"-14"x10"	1	16.70	16.70
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	14"x8"-14"x8"	4	15.31	61.23
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	18"x20"-18"x20"	3	33.77	101.31
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	20"x18"-20"x18"	4	37.54	150.15
Rectangular Elbow - Radius: 1.5 W	20"x16"-20"x16"	2	35.55	71.11
Rectangular Elbow - Mitered: Standard	18"x20"-18"x20"	3	33.77	101.31
Rectangular Tee: Standard	10"x14"-10"x14"-10"x14"	3	9.99	29.97
Rectangular Tee: Standard	14"x10"-14"x10"-14"x10"	6	11.19	67.16
Rectangular Tee: Standard	16"x12"-16"x12"-16"x12"	6	13.69	82.15
Rectangular Tee: Standard	16"x14"-16"x14"-16"x14"	4	14.69	58.77
Rectangular Tee: Standard	18"x12"-18"x12"-18"x12"	2	15.42	30.84
Rectangular Tee: Standard	18"x15"-18"x15"-18"x15"	2	16.96	33.91
Rectangular Tee: Standard	18"x16"-18"x16"-18"x16"	1	17.46	17.46
Rectangular Tee: Standard	18"x20"-18"x20"-18"x20"	2	19.53	39.05
Rectangular Tee: Standard	20"x16"-20"x16"-20"x16"	2	19.39	38.77
Rectangular Tee: Standard	20"x18"-20"x18"-20"x18"	8	20.47	163.74
Rectangular Tee: Standard	20"x18"-20"x18"-14"x18"	1	20.47	20.47
Rectangular Cross: Standard	16"x12"-16"x12"-16"x12"-16"x12"	1	16.41	16.41
Rectangular Cross: Standard	16"x14"-16"x14"-16"x14"-16"x14"	2	17.61	35.23
Rectangular Cross: Standard	18"x20"-18"x20"-18"x20"-18"x20"	1	23.22	23.22
Rectangular Cross: Standard	20"x18"-20"x18"-20"x18"-20"x18"	1	24.16	24.16
				2756.44
Shipping Cost to port Cusco-Peru by Sea				3600.00

Remark:

1.The quotation is for the semi-finished galvanized steel air duct.

2. The galvanized sheet thickness of the air duct is 0.75mm. The thickness of angle flange is about 2.7mm.

3. The zinc content of flowerless galvanized sheet is 80g.

4. The quotation is valid for one week.(from 21st to 27th Nov.)

5. Payment terms: 100% advance by TT

Nota: La figura representa la tabla de planificación de conductos con sus dimensiones y precios en dólares, obtenida de la tabla de planificación de las uniones de los conductos. Los precios de los ductos y uniones del sistema de suministro y retorno de aire costarán: US\$ 10,118.69 (S/ 38,390.31), obtenidos de Txtco (2024).

6.5.Tuberías de agua helada

Tuberías de agua helada

Estas tuberías están compuestas por material de acero Schedule 40 que compuesto de codos de 90 y 45 grados con una rugosidad de 0.00180". Se tiene tuberías de agua helada de Steel, Carbon - Schedule 40 de los siguientes diámetros, tubo de acero de bajo de carbono "negro", para tubería de 1 1/4" con un espesor de 3.56 mm, tubería de 1 1/2" con un espesor de 3.68 mm y tubería de 2" con un espesor 3.91 mm.

Tabla 82

Tubería de agua fría requerida

Diámetro (in)	Longitud (m)	Desperdicios de 5%
1 1/4"	96	101
1 1/2"	49	51
2"	16	17

Nota: La tabla representa la tubería de agua fría requerida, detallando la longitud con un desperdicio del 5%, adaptada de Revit (2024).

Se tiene los siguientes precios por metro lineal

Diámetro de: 1 1/4" el precio de US\$ 2.55, Total de precio de 1 1/4"= S/ 977.14; Diámetro de: 1 1/2" el precio de US\$ 4.575, Total de precio de 1 1/2" = S/ 885.24; Diámetro de: 2" el precio de US\$ 4.125, Total de precio de 2" = S/ 266.05.

Figura 80

Características de tubo de acero al carbono SCH40 (JMH 2024a)

Quotation List						
ITEM	PRODUCTION	Size (mm)	Quantity (m)	Total Weight (kg)	CIF Cases (USD/kg)	Total Amount (USD)
1	Carbon Steel Tube	1 1/4" SCH40	250	850	\$0.75	\$637.5
2	Carbon Steel Tube	1 1/2" SCH40	200	1,220	\$0.75	\$915.0
3	Carbon Steel Tube	2" SCH40	100	550	\$0.75	\$412.5
IN TOTAL:			550	2,620		\$1,965

Nota: La figura representa las características del tubo de acero al carbono SCH40, incluyendo dimensiones y precios en dólares, obtenida de JMh (2024).

Accesorios de conexión de la tubería de agua helada

Se tiene accesorios de tubería de agua helada de las siguientes características, estos son para dividir o combinar, o derivar la dirección del fluido en sistema hidrónico.

**Tabla
83**

Cantidad de uniones de tubería de agua fría

Familia y tipo	Tamaño (pulg)	Recuento (und)
Codo - Genérico: Estándar	1 1/2"ø-1 1/2"ø	2
Tee - Genérico: Estándar	1 1/2"ø-1 1/2"ø-1 1/2"ø	2
Codo - Genérico: Estándar	1 1/4"ø-1 1/4"ø	28
Codo - Genérico: Estándar	2"ø-2"ø	6
Tee - Genérico: Estándar	2"ø-2"ø-2"ø	4

Nota: La tabla representa la cantidad de uniones de tubería de agua fría, detallando la familia tipo, tamaño y recuento, adaptada de Revit (2024).

Figura 81

Accesorios de agua fría



(a)



Talla 1-1/2 Inch
 Material Hierro
 Marca LDR Industries
 Color Negro -
 Dimensiones del artículo LxWxH 3,8 x 2,5 x 2,3 pulgadas
 Tipo de conector Conector en T

(b)



1-1/4 in. NPT Threaded 90 Degree Elbow - 150# Black Malleable Iron Pipe Fitting - UL/FM

End Connection: NPT Threaded - ASME B1.20.1
 Temperature Rating: 32° to 350° deg F
 Pressure: See technical drawing (150 PSI @ 350°F; Max pressure 300 PSI @ 150°F)
 Applications: Use with air, water, oil, natural gas, steam
 Standards Met: Class 150# (see fittings on L.L. United and FM Approved @ 300 PSI ASTM A197 / ASME D18 / ASME B16.14 / ASTM F16.34 / ASME B1.20.1
 DDC Available: DDC - Yes
 MFR: No (if required - see our domestic line from L.L. United)
 Ad/Brand: Country of Origin: From Brazil - China

(c)

2 in. NPT Threaded 90 Degree Elbow - 150# Black Malleable Iron Pipe Fitting - UL/FM

End Connection: NPT Threaded - ASME B1.20.1
 Temperature Rating: 32° to 350° deg F
 Pressure: See technical drawing (150 PSI @ 350°F; Max pressure 300 PSI @ 150°F)
 Applications: Use with air, water, oil, natural gas, steam
 Standards Met: Class 150# (see fittings on L.L. United and FM Approved @ 300 PSI ASTM A197 / ASME D18 / ASME B16.14 / ASTM F16.34 / ASME B1.20.1
 DDC Available: DDC - Yes
 MFR: No (if required - see our domestic line from L.L. United)
 Additional: Country of Origin: From Brazil - China



(d)



Material Latón
 Marca VALFLUIDS
 Acabado exterior Latón
 Tamaño de conexión de entrada 3/4 pulgadas
 Tipo de conexión Hilo NPT de entrada
 Tipo de conexión de salida Hilo NPT de salida
 Tamaño de conexión de salida 3/4 pulgadas
 Especificación cumplida NSF/ANSI
 Tipo de válvula Igual/brida
 Fabricante VALFLUIDS

(e)



Size of product		
DN (inch)	DN (mm)	Weight (kg)
10	DN10	1.0
15	DN15	1.4
20	DN20	2.0
25	DN25	2.8
32	DN32	3.8
40	DN40	5.0
50	DN50	7.0
65	DN65	10.0
80	DN80	14.0
100	DN100	21.0
125	DN125	30.0
150	DN150	42.0
200	DN200	68.0
250	DN250	105.0
300	DN300	150.0
350	DN350	210.0
400	DN400	280.0
450	DN450	360.0
500	DN500	450.0

(f)



- Tamaño del colador: Y mesa hembra + hembra NPT de 1-1/4 pulgadas
- Material del colador: Wye: Acero inoxidable SS 316, adecuado para la gama completa de líquidos y gas, agua, aire y algún líquido corrosivo
- Temperatura de trabajo del colador de acero inoxidable: -25-400°F/-22.0-402.0 °F; presión de trabajo: 10-3.0mpa/145-435psi; especificación: partícula de multa 100; partícula de multa 800WOG/0.059 in. Tiro Wye es diseño de partícula autoclimatizable
- Usos potenciales del colador Wye (no limitado) al sistema de agua caliente, alimentación de lavadora a presión, quemador de aceite residual, campo de riego, sistema de agua alimentado desde tanques, válvulas de control de riego por goteo, bombas de aceite de motor usadas, instalaciones de Calderas, trampa de resaca, tubo de intercambiador de calor, etc.
- El filtro tipo Y es un dispositivo indispensable en el sistema de tuberías para transportar medio, y generalmente se instala en el extremo de entrada de la válvula de control hidráulico/valvula reductora de presión/valvula de alivio de presión/valvula de agua constante u otro equipo para filtrar impurezas de partículas en los medios para proteger el uso normal del equipo de la válvula.

(h)



Material	Acero inoxidable
Marca	Megaron
Acabado exterior	Acero inoxidable
Tipo de conexión de entrada	National Pipe Tapered
Tipo de conexión de salida	FNPT
Presión operativa máxima	8E+2 Libras por pulgada cuadrada
Especificación cumplida	ISO
Tipo de válvula	válvula de retención
Fabricante	Megaron
UPC	710562824663

(i)



Detalles del producto

Descatalogado por el fabricante : No
 Dimensiones del producto : 2,6 x 0,01 x 0,01 pulgadas; 1,41 Ouncias
 Producto en amazon.com desde : junio 16, 2014
 Fabricante : Brannan
 ASIN : B006V0L5M1

Especificaciones del termómetro HVAC:
 Material: acero inoxidable (esfera) + aluminio (parte trasera de la caja).
 Rango de escala: 0-120°
 Precisión: +/-1°C
 Diámetro de la esfera: 2.0 in.
 Diámetro de tubo adecuado: 1"-1 1/2"
 Fácil de arreglar y fácil de leer.

(j)



Marca	SENCTR
Material	Acero inoxidable
Tamaño de partícula	2 Pulgadas
Fabricante	SENCTR

Sobre este artículo

- Serie PPR Tee: La red de circulación está conectada en una caja de acero inoxidable 304 para garantizar la conexión. 100% resistente al agua reduce la contaminación en el interior cuando se manipula desde la cámara. Ofrece lectura clara y resistencia a la intemperie.
- Partes intercambiables de bronce y aluminio para mejorar la precisión de líquido y gas en entornos. Como agua, petróleo, presión de aceite.
- Compatible con la protección de presión de seguridad para vehículos todo terreno (ATV), cámara de vapor, filtro de aire, tanque de gases, cámara HVAC, neumático, compresor de aire, regulador, medidor, etc.
- Mida la presión con: desde escala 0-15 psi/0-1 bar). La precisión de la pantalla es de +/- 0.22% en todo el rango del medidor.
- Capacidad media de montaje inferior con rosca NPT de 1/4"

(k)



Material	Acero inoxidable
Marca	JMCOLMT
Acabado exterior	Acero inoxidable
Tamaño de conexión de entrada	2 Inches

Sobre este artículo

- OD del tubo: 2 pulgadas, tamaño de la virola: 2.520 in, se adapta a 2 pulgadas Tri-clamp
- Clasificación de temperatura (especificación): 15 °F a 200 °F; Material (especificación): acero inoxidable 304

(l)

Nota: Las imágenes representan: Nota: a) Codo 1-1/2" Genérico (Supply Giant 2014), b) Tee 1-1/2" Genérico(BFO 2024a; LDR 2024) , c) Codo 1-1/4" Genérico(BFO 2024a), d) Codo 2" Genérico(BFO 2024b), e) Válvula de equilibrio 3/4"(VALFLUIDS 2024), f) Válvula de globo 1-1/4" (DI 2024), h) Válvula Y filtro 1-1/4"(Derpipe 2024), i) Válvula Y filtro 2"(Megaron 2024), j) Termómetro 1-3" (Brannan 2024), k) Válvula de mariposa 2" (JMCOLMT 2024), l) Medidor de presión 0-15 psi (Senctrl 2024).

Características de los accesorios de agua fría

Codo 1-1/2" Genérico, US\$12.59 (S/47.77) (Cambia dirección del fluido)

Codo 1-1/4" Genérico, US\$4.66 (S/17.68) (Cambia dirección del fluido)

Codo 2" Genérico, US\$10.51 (S/39.87) (Cambia dirección del fluido)

Tee 1-1/2" Genérico, US\$9.98 (S/37.86) (Une o divide el fluido)

Tee 2" Genérico, US\$15.12 (S/57.37) (Une o divide el fluido)

Válvula de equilibrio 3/4", US\$62.99 (S/238.98), 4 und (Balancea el caudal del sistema)

Válvula de globo 1-1/4", S/23.82, 8 und (Control manual de flujo)

Válvula Y filtro 1-1/4", US\$32.99 (S/125.16), 4 und (Limpia impurezas del sistema)

Válvula Y filtro 2", US\$23.99 (S/91.02), 1 und (Limpia impurezas del sistema)

Válvula de mariposa 2", US\$59.99 (S/227.60), 2 und (Regulación de sistema)

Termómetro 1-3", US\$10.95 (S/41.54), 2 und (Verifica temperatura en sistema de agua helada)

Medidor de presión 0-15 psi, US\$9.99 (S/37.90), 2 und (Detecta fallas y verifica operación del sistema).

6.6. Aisladores para ductos y tuberías de sistema de climatización

6.6.1. Tubería de agua helada para el sistema de climatización

Resumen de las tuberías de climatización para para aislación, tubo de acero al carbono SCH40.

Tabla 84

Resumen de las tuberías de climatización para para aislación

Diámetro de la tubería (pulgadas)	Grosor del aislamiento (pulgadas)	Longitud (m)	Longitud agregada de Union: (m)	Deperdicio del 5% (m)
1 1/4	1/2	95.86	0.5	101
1 1/2	1/2	48.58	0.5	52
2	1/2	16.36	0.5	18

Nota: La tabla representa la cantidad de aislación para las tuberías del sistema de climatización del museo, adaptada de Revit (2024).

Características del aislamiento de tubería

Con los siguientes precios por metro lineal:

Aislamiento de tuberías NBR 1-1/4" * 1/2" * 2 m: Precio: US\$ 0.6 (S/ 2.28)

Aislamiento de tuberías NBR 1-1/2" * 1/2" * 2 m: Precio: US\$ 0.68 (S/ 2.58)

Aislamiento de tuberías NBR 2" * 1/2" * 2 m: Precio: US\$ 0.83 (S/ 3.15)

Precio de 18 metros:

Figura 82

Características de aislamiento de tubería (CFinsulation 2024)



Detalles del producto

Material NBR/PVC Función Aislamiento Color Negro, rojo, azul, verde, amarillo... Certificado RoHS Densidad de la espuma 40-65kg/m3 (2,5-4 lbs/cu.ft) Grado ignífugo B1, Clase 1, Clase 0, Clase A Conductividad térmica 0,034 W/M*K a 0 °C Permeabilidad al vapor de agua ≤1,16 x 10⁻¹³ s*m³/Pa (0,08 perm-in) Absorción de agua por volumen < 0,2% v/v Temperatura de servicio 50-105 °C (-58-221 °F) Garantía 3 años Servicio postventa Soporte técnico en línea Servicio postventa Capacitación in situ Servicio postventa Inspección in situ Capacidad de solución de proyectos solución total para proyectos Aplicación supermercado Estilo de diseño Tradicional Lugar de origen GUA Nombre de marca CF-FLEX

Nota: La figura representa las características de aislamiento de tubería para el sistema de climatización, obtenida de CFinsulation (2024).

6.6.2. Aislamiento de conductos de climatización

En este caso se aislará solo los ductos de aire de suministro, donde se considera una longitud lineal proporcional de las uniones y también desperdicio:

Tabla 85

Aislamiento de ductos de aire de suministro

Tamaño (pulgadas)	Grosor del aislamiento (pulgadas)	Longitud (m)	Longitud agregada de Unión: (m)	Desperdicio del 5% (m)	Área de aislamiento (m2)
8"x10"	¼	65.74	3	72	66
14"x8"	¼	23.04	3	27	30
14"x10"	¼	22.36	3	27	33
16"x14"	¼	9.25	3	13	20
18"x20"	¼	10.82	3	15	29
18"x12"	¼	4.73	3	8	12
14"x14"	¼	0.5	3	4	6
16"x12"	¼	10.67	3	14	20
18"x15"	¼	3	3	6	10
20"x16"	¼	3.5	3	7	13

Nota: La tabla representa la cantidad de aislamiento de ductos de aire de suministro del sistema de climatización del museo, adaptada de Revit (2024).

Características del aislamiento de ductos

Con el siguiente precio por metro cuadrado:

AISLAMIENTO DE CONDUCTOS NBR: 1/4" * 1.0m * 30m:

Precio por unidad de área: US\$ 1.74 (S/ 6.60)

Total, de área de aislamiento de ducto: 238 m²

Figura 83

Características de aislamiento de conducto de aire (CFinsulation 2024)



Detalles del producto

Material: NBR/PVC Función: Aislamiento Color: Negro, rojo, azul, verde, amarillo. . Certificado RoHS Densidad de la espuma: 40-65kg/m³ (2,5-4 lbs/cu.ft) Grado ignífugo: B1, Clase 1, Clase 0, Clase A Conductividad térmica: 0,034 W/M*K a 0 °C Permeabilidad al vapor de agua: $\leq 1,16 \times 10^{-13}$ s*cm*Pa (0,08 perm-in) Absorción de agua por volumen < 0,2% v/v Temperatura de servicio: 50-105 °C (-58-221 °F) Garantía: 3 años Servicio postventa: Soporte técnico en línea Servicio postventa: Capacitación in situ Servicio postventa: Inspección in situ Capacidad de solución de proyectos: solución total para proyectos Aplicación: supermercado Estilo de diseño: Tradicional Lugar de origen: GUA Nombre de marca: CF-FLEX

Nota: La figura presenta las características de aislamiento de conducto de aire para el sistema de climatización, obtenida de CFinsulation (2024).

6.7. Elección de colgante para ductos

Según Normas de Construcción de Conductos HVAC Metálicos y Flexibles nos brindan tablas que de acuerdo con su perímetro y una distancia de separación se puede elegir la varilla de acero que sirven para colgar. Así mismo, para la parte donde estará sentado el conducto de aire acondicionado se puede el perfil de acero (ga: calibre). Claro que estos obedecen a un diseño de resistencia de materiales y con el cumplimiento de las normas de construcción de acero estructural(Smacna 1998).

Elección para el ducto de dimensión de 20"x18", se ingresa a la tabla siguiente:

Cálculos previos:

$$P = 2 \times 20 + 2 \times 18 \text{ (pulg)}, P = 76 \text{ pulg (1.9304 m)}, \text{ Perímetro del ducto:}$$

$$\text{Máximo mitad de conducto perímetro: Max} = \frac{P}{2} = \frac{76}{2} = 38 \text{ pulg}$$

Elegimos a una separación de 8 pies de distancia, ingresamos a la tabla: Varilla de acero de: 1/4". Carga máxima admisible de la varilla de 1/4", según la tabla es de 122.47 kg (270 lbs)

Figura 84

Colgadores rectangulares para conductos tamaño mínimo (Smacna 1998)

RECTANGULAR DUCT HANGERS								
MAXIMUM HALF OF DUCT PERIMETER	MINIMUM SIZE							
	Pair at 10 ft Spacing		Pair at 8 ft Spacing		Pair at 5 ft Spacing		Pair at 4 ft Spacing	
	STRAP	WIRE/ROD	STRAP	WIRE/ROD	STRAP	WIRE/ROD	STRAP	WIRE/ROD
P/2 = 30"	1" x 22 ga.	10 ga. (.135")	1" x 22 ga.	10 ga. (.135")	1" x 22 ga.	12 ga. (.106")	1" x 22 ga.	12 ga. (.106")
P/2 = 72"	1" x 18 ga.	3/8"	1" x 20 ga.	1/4"	1" x 22 ga.	1/4"	1" x 22 ga.	1/4"
P/2 = 96"	1" x 16 ga.	3/8"	1" x 18 ga.	3/8"	1" x 20 ga.	3/8"	1" x 22 ga.	1/4"
P/2 = 120"	1 1/2" x 16 ga.	1/2"	1" x 16 ga.	3/8"	1" x 18 ga.	3/8"	1" x 20 ga.	1/4"
P/2 = 168"	1 1/2" x 16 ga.	1/2"	1 1/2" x 16 ga.	1/2"	1" x 16 ga.	3/8"	1" x 18 ga.	3/8"
P/2 = 192"	Not Given	1/2"	1 1/2" x 16 ga.	1/2"	1" x 16 ga.	3/8"	1" x 16 ga.	3/8"
P/2 = 192" up	SPECIAL ANALYSIS REQUIRED							
WHEN STRAPS ARE LAP JOINED USE THESE MINIMUM FASTENERS:				SINGLE HANGER MAXIMUM ALLOWABLE LOAD				
				STRAP		WIRE OR ROD (Dia.)		
1" x 18, 20, 22 ga. -two #10 or one 1-1/4" bolt				1" x 22 ga. - 260 lbs.		0.106" - 80 lbs.		
1" x 16 ga. -two 1-1/4" dia.				1" x 20 ga. - 320 lbs.		0.135" - 120 lbs.		
1 1/2" x 16 ga. -two 3/8" dia.				1" x 18 ga. - 420 lbs.		0.162" - 160 lbs.		
Place fasteners in series, not side by side				1" x 16 ga. - 700 lbs.		1/4" - 270 lbs.		
				1 1/2" x 16 ga. - 1100 lbs.		3/8" - 680 lbs.		
						1/2" - 1250 lbs.		
						5/8" - 2000 lbs.		
						3/4" - 3000 lbs.		

Nota: La figura presenta la elección de colgadores rectangulares para conductos de tamaño mínimo para el sistema de climatización, adaptada de SMACNA (1998).

Como se observa la carga máxima de 122.47 kg por barra es un margen alto, calculamos la masa ducto es muy menor, el autor menciona que todo ese cálculo se consideraron masas de ductos, aislante y de los propios colgantes con factores de seguridad.

Elección de soporte de apoyo de ducto

Seguiremos con ducto de 20"x18". La longitud de la base es de 20", consideraciones del autor menciona que: La varilla de suspensión como máximo estarán alejadas del ducto a 6". Con longitudes de menores a 96" de soporte de apoyo. Carga máxima de varilla de 1/4", según la tabla es de 122.47 kg, son dos varillas con carga máxima 244.94 kg, ingresamos a la tabla. Y se elige Angulo de acero de 1-1/2 x 1-1/2 x 1/8".

Figura 85

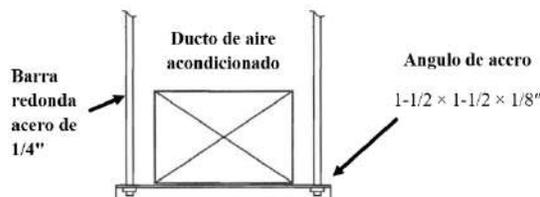
Elección de perfiles y canales de acero para colgante de ductos (Smacna 1998)

20"x16"	5	36	1/4"	2	1-1/2 × 1-1/2 × 1/8".	10	1
16"x15"	5	31	1/4"	2	1-1/2 × 1-1/2 × 1/8".	10	1
18"x18"	5	36	1/4"	2	1-1/2 × 1-1/2 × 1/8".	10	1
18"x16"	5	34	1/4"	2	1-1/2 × 1-1/2 × 1/8".	10	1
14"x14"	5	28	1/4"	2	1-1/2 × 1-1/2 × 1/8".	10	1
12"x12"	5	24	1/4"	2	1-1/2 × 1-1/2 × 1/8".	10	1

Nota: La tabla representa las barras redondas y ángulos de acero para los colgantes de los ductos de aire acondicionado del sistema de climatización del museo, adaptada de Revit (2024).

Figura 86

Detalle del colgante para los ductos de aire acondicionado de acero angular de 1-1/2 × 1-1/2 × 1/8"



Nota: La figura representa el detalle del colgante para los ductos de aire acondicionado de acero angular de 1-1/2 × 1-1/2 × 1/8", elaboración propia.

Características de Angulo de acero de 1-1/2 × 1-1/2 × 1/8"

Precio por metro: S/7.65 (Costo de cada metro), Longitud requerida: 66 m (Cantidad necesaria), Peso: 1.83 kg/m (Kilogramos por metro), Masa total: 120.78 kg (Peso total).

Figura 87

Características de Angulo de acero de 1-1/2 × 1-1/2 × 1/8" (TUPEMESA 2024)



Nota: La figura presenta las características del ángulo de acero de 1-1/2 × 1-1/2 × 1/8" para el sistema de climatización del museo, adaptada de TUPEMESA (2024).

Barra Redonda de Acero de 1/4": Precio por metro: US\$ 1.5 (Costo por metro), Longitud requerida: 793 m (Cantidad necesaria), Peso: 0.248496 kg/m (Kilogramos por metro), Precio por kilogramo: S/ 24.52 (Valor por kilo), Kilos requeridos: 197.05 (Peso total necesario); Precio por metro: S/7.65 (Costo de cada metro), Longitud requerida: 66 m (Cantidad necesaria), Peso: 1.83 kg/m (Kilogramos por metro), Masa total: 120.78 kg (Peso total).

Figura 88

Características de barra redonda sólida 304 de 1/4" (Billow 2024)



Nota: La figura presenta las características de la barra redonda sólida 304 de 1/4" para el sistema de climatización del museo, adaptada de Billow (2024).

6.8.Elección de colgantes para tuberías de agua fría

Se tiene tuberías de agua fría de diámetros 1 1/4", 1 1/2", 2", para esto recurrimos a catálogos de fabricantes y elegimos el colgante.

Figura 89

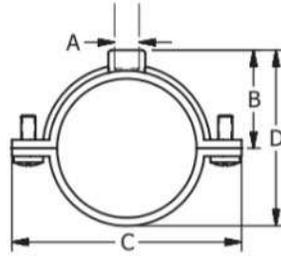
Tabla de gancho de extensión de anilla partida para tubería de agua helada (Pipe Hanger Corp 2023)

PIPE SIZE	PIPE OD	SCREW	A	B	C	D	WEIGHT EACH, LBS.	MAX REC. LOAD, LBS.
3/8	0.675	10 - 24	3/8	1 1/8	1 13/16	1 1/8	0.08	180
1/2	0.840	10 - 24	3/8	3/4	2 1/8	1 1/4	0.10	180
5/8	1.050	10 - 24	3/8	7/8	2 1/2	1 5/8	0.11	180
1	1.315	10 - 24	3/8	1 1/8	2 3/4	2	0.15	180
1 1/4	1.660	10 - 24	3/8	1 5/8	3 1/2	2 1/8	0.18	180
1 1/2	1.900	10 - 24	3/8	1 7/8	3 5/8	2 1/4	0.21	180
2	2.375	10 - 24	3/8	1 3/4	3 3/4	3 1/8	0.30	180
2 1/2	2.875	1/2	1/2	2 1/8	5 1/8	3 3/8	0.58	300
3	3.500	1/2	1/2	2 1/2	5 11/16	4 1/8	0.71	300
4	4.500	1/2	1/2	2 3/4	6 1/4	5 1/8	1.02	300

Nota: La imagen presenta la tabla de gancho de extensión de anilla partida para tubería de agua helada del sistema de climatización del museo, adaptada de Pipe Hanger Corp (2023).

Figura 90

Dimensiones del gancho(Pipe Hanger Corp 2023)



Nota: La figura presenta las dimensiones del gancho para el sistema de climatización del museo, obtenida de Pipe Hanger Corp (2023).

Se para lo diámetros de 1 1/4", 1 1/2", 2", la carga máxima (CMAX) es de 81.65 Kg (180 LBS), para todos los ductos y su diámetro de longitud de varilla es de 3/8" .

Figura 91

Tabla de Separación de ganchos (Alberta 2010)

Nominal Pipe Size	Distance Between Supports
15 mm	1.8 m
20 mm to 40 mm	1.8 m
50 mm & 65 mm	3 m
80 mm & 100 mm	3.6 m
150 mm to 300 mm	4.3 m
350 mm to 450 mm	6.1 m

Nota: La figura presenta la tabla de separación de ganchos para el sistema de climatización del museo, obtenida de Alberta (2010).

Para los siguientes diámetros: Para tubería de 1 1/4" (31.75 mm): separación de 1.8 m, para tubería de 1 1/2" (38.1 mm): separación de 1.8 m, para tubería de 2" (50.8 mm): separación de 3 m.

Tabla 87

Resumen de ganchos con su longitud de varilla para tubería de agua helada

Diámetro de la tubería (pulgadas)	Longitud (m)	Numero de ganchos (de separación 1.8 y 3m)	Longitud de Barra redonde de acero de 3/8"
			(Metros)
1 1/4	95.86	53	133
1 1/2	48.58	27	67
2	16.36	5	14

Nota: La tabla representa un resumen de ganchos con su longitud de varilla para tubería de agua helada, con características de diámetro, longitud y número de ganchos, adaptada de Revit (2024).

6.8.1. Ganchos para tubería de agua fría

Precio 1 1/4" por cinco unidades: US\$ 16.95 (precio total por 5 unidades), Precio por unidad de 1 1/4": S/ 12.87 (precio individual), Precio 1 1/2" por cinco unidades: US\$ 22.99 (precio total por 5 unidades), Precio por unidad de 1 1/2": S/ 17.45 (precio individual), Precio 2" por cinco unidades: US\$ 19.99 (precio total por 5 unidades), Precio por unidad de 2": S/ 15.17 (precio individual).

Figura 92

Características de los ganchos para tubería de agua fría (HIGHCRAFT 2024).



Nota: Las figuras presentan las características de los ganchos para tubería de agua fría del sistema de climatización del museo, obtenidas de Highcraft (2024).

Barra redonde de acero de 3/8"

Precio por metro: US\$ 0.65, peso: 0.559488 kg/m, precio por kilos: us\$ 1.17 (s/ 4.44), total, de longitud requerida: 214 m., masa total: 119.7304 kg.

Figura 93

Características de barra redonda sólida 304 de 3/8"(Billow 2024)



Nota: La figura presenta las características de la barra redonda sólida 304 de 3/8" del sistema de climatización del museo, obtenidas de Billow (2024).

6.9.Cálculo de cable para el suministro eléctrico

Los equipos en general son de las siguientes características de suministro de baja tensión de 220 V, denominados elementos de conducción. Es de característica trifásica que es tres hondas de corriente con tres tensiones en simultaneo para equipos que requieren alta potencia como el caso de esta investigación:

Circuito: Suministro de Energía: 220 V-T-60Hz y potencia expresada en VA

Esta dada por la siguiente fórmula:

$$S = V \times I \text{ (VA) (Potencia aparente en volt-amperes)}$$

$$V : \text{(Tensión en voltios (V))}, I : \text{(Corriente en amperios (A))}$$

$$P = V \times I \text{ (W) (Potencia real en watts, depende de tensión y corriente)}$$

$$P = V \times I \times \varphi \text{ (W) (Potencia real considerando el factor de potencia)}$$

$$\varphi = 0.8 \text{ (Factor de potencia típico)}, I = \frac{P}{V \cdot \varphi} \text{ (A) (Corriente en amperios despejada)}$$

$$S = \frac{P(W)}{\varphi} \text{ (VA) (Potencia aparente despejada)}$$

Se realiza un ejemplo para equipo de Air Cooled Chiller_ Compresor de 20HP

Voltaje: 220 V

Potencia: 14914 w

Factor de potencia: 0.8 (Santa 2021), aplicamos la fórmula y reemplazamos:

$$I = \frac{14914}{220 \times 0.8} = 84.738 \text{ A} \quad \text{La corriente en amperio.}$$

$$S = \frac{14914}{0.8} = 18642.5 \text{ VA} \quad \text{La potencia aparente en volt por amperio.}$$

Se realiza el mismo calculo para todo el equipo teniendo el siguiente resultado.

Tabla 88

Características de eléctricas de los equipos de climatización

Equipos	Potencia (W)	Numero de equipos	Tensión de fase (V)	Corriente (A)	Potencia expresada VA
Air Cooled Chiller:					
Bomba de agua	1471	1	220	8.358	1839
Compresor	14914	1	220	84.739	18643
Unidad manejadora de aire:					
Calentador eléctrico	14000	4	220	79.55	17500
Ventilador inyección de aire	2200	4	220	12.5	2750
Ventilador de retorno de aire	1500	4	220	8.523	1875

Nota: La tabla representa las características eléctricas de los equipos de climatización del sistema de climatización del museo, elaborada propia.

De la siguiente tabla se elige el calibre de cable de cobre con una resistencia intermedia.

Figura 94

Elección de calibre de cobre (Masvoltaje 2017)

Amperaje que soportan los cables de cobre					
Nivel de temperatura:	60°C	75°C	90°C	60°C	
Tipo de aislante:	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2	SPT	
Medida / calibre del cable	Amperaje soportado			Medida / calibre del cable	Amperaje soportado
14 AWG	15 A	15 A	15 A	20 AWG	2 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A		
10 AWG	30 A	30 A	30 A		
8 AWG	40 A	50 A	55 A	18 AWG	10 A
6 AWG	55 A	65 A	75 A		
4 AWG	70 A	85 A	95 A		
3 AWG	85 A	100 A	115 A	16 AWG	13 A
2 AWG	95 A	115 A	130 A		
1 AWG	110 A	130 A	145 A	14 AWG	18 A
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A		
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A		
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A	12 AWG	25 A
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A		

Nota: La figura representa la elección del calibre de cobre de acuerdo al amperaje requerido, obtenida de Masvoltaje (2017).

Características de eléctricas de los equipos usados en la climatización del museo.

Tabla 89

Características, dimensiones y calibre de cable de cobre

Equipos	Longitud (m)	Numero de equipos	Corriente (A)	Calibre de Cobre	Potencia expresada VA
Air Cooled Chiller:					
Bomba de agua	80	1	8.4	14AWG	1839
Compresor	80	1	84.7	3AWG	18643
Unidad manejadora de aire:					
Calentador eléctrico	120	4	79.55	3AWG	17500
Ventilador inyección de aire	120	4	12.5	14AWG	2750
Ventilador de retorno de aire	120	4	8.5	14AWG	1875

Nota: La tabla representa las características, dimensiones y calibre del cable de cobre del sistema de climatización del museo. La longitud incluye los cuatro cables: tres de alimentación y un cable de tierra, con suministro independiente a cada equipo. Elaborada por Propia.

Figura 95

Accesorios eléctricos

Cable THW-90 450/750 V 14 AWG Celsa Rojo 100m
 CELSA | SKU: 141153



(a)

Cables eléctricos



Cable de construcción de cobre negro THHN de 19 hilos 3 AWG (corte de 50 pies)
 Marca: Stock Wire
 4.8 ★★★★★ 33 calificaciones
 US\$109⁹⁰

(b)



(c)



SCHNEIDER
INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 3X100A, 20KA/220V, ACTI 9, IC120N, CURVA C
 Código: A8P03E17



(d)



(e)



1,260.16 PEN

Descripción:
 disyuntor diferencial ID FI - 4 polos - 125 A - clase AC 300mA

(f)



(g)

Ficha técnica	
Características:	Es flexible por lo que puede ser usado en aplicaciones donde se requiera flexibilidad.
Marca:	Perceles
Color:	Cinco
Tipo:	Tubo corrugado
Materiales:	Aluminio, acero inoxidable, PVC, etc.

Caja de Protección IP65



(h)



(i)



Nota: Las imágenes representan: (a) Cable de Cobre de Calibre 14 AWG (THW-90) (Celsa 2024), (b) Cable de Cobre de Calibre 3 AWG (Stock Wire 2024), (c) Interruptor Termomagnético de 3x15A (Sica 2024), (d) Interruptor Termomagnético de 3x85A (SCHNEIDER 2024b), (e) Interruptor Diferencial de 3x15A (Schneider 2024), (f) Interruptor Diferencial de 3x85A (Schneider 2024), (g) Tubo Corrugado

Flexible 3/4" (Autosolar 2024; TKL 2024), (h) Caja de Protección (Autosolar 2024; Mxuteuk 2024), (i) Interruptor de Botón de Encendido/Apagado(Mxuteuk 2024) .

Los accesorios eléctricos considerados en el sistema de climatización son los siguientes:

(a) Cable de Cobre de Calibre 14 AWG (THW-90) (220V, 3T, 60 Hz, 1,040 m, S/ 1.30 x metro, para interruptores de 15 A), (b) Cable de Cobre de Calibre 3 AWG (220V, 3T, 60 Hz, 560 m, S/ 27.23 x metro, para interruptores de mayor capacidad), (c) Interruptor Termomagnético de 3x15A (220V, 3T, 60 Hz, 15 A, 9 und., S/ 73.90, protege cable 14 AWG), (d) Interruptor Termomagnético de 3x85A (220V, 3T, 100 A, 5 und., S/ 548.42, protege cable 3 AWG), (e) Interruptor Diferencial de 3x15A (220V, 3T, 60 Hz, 15 A, 9 und., S/ 653.00, para cable 14 AWG), (f) Interruptor Diferencial de 3x85A (220V, 3T, 125 A, 5 und., S/ 1,260.16, para cable 3 AWG), (g) Tubo Corrugado Flexible 3/4" (276 m, S/ 2.59 x metro, canalización de superficie), (h) Caja de Protección (700x500x250 mm, 1 und., S/ 505.30, protección de componentes eléctricos), (i) Interruptor de Botón de Encendido/Apagado (220V/380V, 1 und., S/ 178.00, control manual de motores trifásicos).

CAPÍTULO VII

7. EVALUACIÓN ECONÓMICA

7.1. Evaluación Económica del Sistema de Climatización del Museo

La evaluación económica del sistema de climatización del Museo de Calca se realizará con fin de cuantificar el costo de todo el sistema de climatización y si es autofinanciado o necesitara de financiación de la Municipalidad o en fin del estado. Donde lo costos claves son: los sistemas de ductos de aire acondicionado y los sistemas de tuberías de agua helada para la climatización, y los derivados de ellos como sistema de suministro eléctrico.

7.1.1. Presupuesto

Es el costo anticipado de toda la obra donde se incorpora el gasto total para la ejecución de la obra (Alvarez 2024a).

Gasto: Es parte del costo, donde es salida del dinero para uso directo en resultados (Alvarez 2024a).

Costo: El costo es la inversión para obtención de un beneficio donde priman las actividades a realizar y los recursos (Alvarez 2024a).

7.2. Costo directo

Son aquellos costos que están directa enlazados con los gastos de la ejecución de la obra, que se rige de la siguiente formula.

$$CD = \text{Metrado} \times \text{Precio Unitario (S/)}$$

Metrado: es valor de trabajo a realizar que tiene diferentes cuantificaciones como es lo metros lineales tubería conectada y entre otros (Alvarez 2024b).

Los costos unitarios: son los costos por cada metrado a realizar (Alvarez 2024b).

Donde participan las variables para su cuantificación como son: mano de obra, materiales, Sub-Contratos, equipos y materiales.

7.3. Costos Indirectos

Son costos que no aplican en la en los costos directos, pero tienen incidencia en ellas, donde se resalta las características de las utilidades, Gastos generales e Impuesto General a las Ventas (I.G.V). Este costo indirecto no incide análisis de costo(Alvarez 2024a).

7.4. Análisis de Costos Unitarios

Es el costo por unidad de medida, donde tiene relación con las especificaciones técnicas. Observando las siguientes características: el análisis de costo es aproximado, es específico de acuerdo al lugar donde te encuentras (Tedi 2023).

Precios:

Los precios son recolectados por la página web de las empresas que ofrecen estos materiales y además por una obra especial, por lo general se da a contrato y para obras por contrata los precios no se consideran IGV (18%).

Cuadrilla:

La cuadrilla es asignado por instituciones como es la CAPECO, o también es asignado de acuerdo con la experiencia y sugerencia del especialista en costos, así mismo se puede observar de presupuesto ya realizado y afines en las páginas de Sistema Electrónico de Contrataciones del Estado (SE@CE) y el Organismo Supervisor de las Contrataciones con el Estado (OSCE).

7.5. Tabla salarial vigente

Para calcular la tabla salarial vigente se ingresa a la publicación de la Federación de Trabajadores en Construcción Civil del Perú-2024. Donde se observa los pagos a trabajadores como son operario, oficial y peón. Así mismo el salario de hora hombre (hh) se halla de total de salario semanal, considerando que se trabaja 8 horas por día, dando 48 horas semanales de trabajo (Ftccp 2024).

Figura 96

Total, de salario de operario, oficial y peón (Ftccp 2024)

OPERARIO					OFICIAL					PEÓN							
Jornal	84.70	*	6	días	508.20	Jornal	66.45	*	6	días	398.70	Jornal	59.80	*	6	días	358.80
D.S.O.	14.12	*	6	días	84.70	D.S.O.	11.08	*	6	días	66.45	D.S.O.	9.97	*	6	días	59.80
BUC 32 %	27.10	*	6	días	162.62	BUC 30 %	19.94	*	6	días	119.61	BUC 30 %	17.94	*	6	días	107.94
Bonif. Por Movilidad	8.00	*	6	días	48.00	Bonif. Por Movilidad	8.00	*	6	días	48.00	Bonif. Por Movilidad	8.00	*	6	días	48.00
Total Salarios					803.52	Total Salarios					632.76	Total Salarios					574.24
Descuento ONP 13%					98.22	Descuento ONP 13%					76.02	Descuento ONP 13%					68.41
Descuento CONAF, 2%					11.86	Descuento CONAF, 2%					9.30	Descuento CONAF, 2%					8.37
Pago Neto Semanal					693.45	Pago Neto Semanal					547.44	Pago Neto Semanal					497.46

Nota: La figura representa el total del salario de operario, oficial y peón, obtenido de la Federación de Trabajadores en Construcción Civil del Perú (2024).

Determinando la hora hombre de cada trabajador

$$H_{\text{semales}} = 48 \text{ Horas} \quad \text{Horas de trabajo semanales}$$

$$P_{\text{ope}} = \frac{\text{Total Salario Ope}}{H_{\text{semales}}} \left(\frac{S/}{h} \right) \quad \text{Precio de Hora hombre de operario}$$

$$\text{Total Salario Ope} = S / 803.52$$

Reemplazando:

$$P_{\text{ope}} = \frac{803.52}{48} = 16.74 \frac{S/}{h}$$

Y los mismos cálculos, obtenemos lo siguiente:

$$P_{\text{ofi}} = 13.18 \frac{S/}{h} \quad \text{Precio de Hora hombre de oficial}$$

$$P_{\text{pcon}} = 11.96 \frac{S/}{h} \quad \text{Precio de Hora hombre de peón}$$

7.6. Costo del sistema de climatización del Museo de Calca

Para organización adecuada de los costos del material, mano de obra y equipo se realizará en programa de costos llamado S10. Los rendimientos, cantidad y cuadrilla y valor de algunos costos, se tomarán autores dedicados al análisis de costos de la Ciudad de Cusco como son el Ing. Samuel Mendoza V., Javier Álvarez. Esto es importante para el análisis costos unitarios. Con el cambio de dólar de 3.79 soles a la fecha de 22/11/2024 se realiza el presupuesto.

7.7. Costos unitarios del sistema climatización

Los costos unitarios constan del rendimiento, de la mano obra, precio unitario y así mismo de herramientas manuales que son indispensables para construcción del sistema de climatización, que se detalla en las siguientes líneas.

Tabla 90

Costos unitarios del sistema climatización

Partida	01.01.02.01.01	INSTALACION DE AIR COOLED CHILLER DE 18TR						
Rendimiento	und/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000			Costo unitario directo por : und		26,869.78
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
	Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	8.0000	16.74	133.92		
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	8.0000	13.18	105.44		
0101010005	PEON	hh	4.0000	32.0000	11.96	382.72		
								622.08
	Materiales							
0258030001	AIR COOLED CHILLER DE 18 TR	und		1.0000	26,185.50	26,185.50		
0292010003	MATERIALES (VARIOS)	%mo		5.0000	622.08	31.10		
								26,216.60
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	622.08	31.10		
								31.10

Partida	01.01.02.02.01	INSTALACION DE BOMBA DE AGUA FRIA DE 2HP						
Rendimiento	und/DIA	MO. 2.0000	EQ. 2.0000			Costo unitario directo por : und		1,902.45
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
	Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	0.5000	2.0000	16.74	33.48		
0101010005	PEON	hh	3.0000	12.0000	11.96	143.52		
								177.00
	Materiales							
0258080033	BOMBA DE AGUA FRIA DE 2HP	und		1.0000	1,707.75	1,707.75		
0292010003	MATERIALES (VARIOS)	%mo		5.0000	177.00	8.85		
								1,716.60
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	177.00	8.85		
								8.85

Partida	01.01.03.01.01 UNIDAD MANEJADORA DE AIRE HORIZONTAL DE 4.5 Y 2800 CFM						
Rendimiento	und/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : und			14,939.63
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	8.0000	16.74	133.92	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	8.0000	13.18	105.44	
0101010005	PEON	hh	7.0000	56.0000	11.96	669.76	
							909.12
Materiales							
0258030016	UNIDAD MANEJADORA DE AIRE HORIZONTAL DE 4.5 TR, 26 KW, 36 KG/HR, 2800CFM 220V/3Ph/60Hz	und		1.0000	13,894.14	13,894.14	
0292010003	MATERIALES (VARIOS)	%mo		10.0000	909.12	90.91	
							13,985.05
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	909.12	45.46	
							45.46

Partida	01.01.04.01.01 CONDUCTOS DE SUMINISTRO Y RETORNO DE AIRE 22400 CFM						
Rendimiento	glb/DIA	MO. 0.5000	EQ. 0.5000	Costo unitario directo por : glb			46,685.55
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	12.0000	192.0000	16.74	3,214.08	
0101010004	OFICIAL	hh	6.0000	96.0000	13.18	1,265.28	
0101010005	PEON	hh	16.0000	256.0000	11.96	3,061.76	
							7,541.12
Materiales							
0204310001	CONDCUTO TOTAL DE CLIMATIZACION	glb		1.0000	38,390.31	38,390.31	
0292010003	MATERIALES (VARIOS)	%mo		5.0000	7,541.12	377.06	
							38,767.37
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	7,541.12	377.06	
							377.06

Partida	01.01.04.02.01 VENTILADOR CENTRIFUGO DE GABINETE DE 2800 CFM						
Rendimiento	und/DIA	MO. 4.0000	EQ. 4.0000	Costo unitario directo por : und			889.62
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	0.5000	1.0000	16.74	16.74	
0101010004	OFICIAL	hh	0.5000	1.0000	13.18	13.18	
0101010005	PEON	hh	2.0000	4.0000	11.96	47.84	
							77.76
Materiales							
0258030003	VENTILADOR CENTRIFUGO DE GABINETE DE 2800 CFM	und		1.0000	799.42	799.42	
0292010003	MATERIALES (VARIOS)	%mo		11.0000	77.76	8.55	
							807.97
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	77.76	3.89	
							3.89

Partida	01.01.05.01.01 TUBERIA DE AGUA HELADA DE 43.2 GPM							
Rendimiento	glb/DIA	MO. 0.5000	EQ. 0.5000			Costo unitario directo por : glb		8,019.83
Codigo	Descripcion Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
	Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	3.0000	48.0000	16.74	803.52		
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	32.0000	13.18	421.76		
0101010005	PEON	hh	8.0000	128.0000	11.96	1,530.88		
						2,756.16		
	Materiales							
02490100010014	TUBERIA DE AGUA HELADA DE 1 1/4"	und		1.0000	977.14	977.14		
02490100010015	TUBERIA DE AGUA HELADA DE 1 1/2"	und		1.0000	885.24	885.24		
02490100010016	TUBERIA DE AGUA HELADA DE 2"	und		1.0000	266.05	266.05		
0292010003	MATERIALES (VARIOS)	%mo		5.0000	2,756.16	137.81		
0293010001	CODO GENERICO ESTANDAR DE 1-1/2"	und		2.0000	47.77	95.54		
0293010002	TEE GENERICO ESTANDAR DE 1/2"	und		2.0000	37.86	75.72		
0293010003	CODO GENERICO ESTANDAR DE 1 1/4"	und		28.0000	17.68	495.04		
0293010004	CODO GENERICO ESTANDAR DE 2"	und		6.0000	39.87	239.22		
0293010005	TEE GENERICO ESTANDAR DE 2"	und		4.0000	57.37	229.48		
0293010006	VALVULA DE EQUILIBRIO 3/4"	und		4.0000	138.98	555.92		
0293010007	VALVULA DE GLOBO 1/4"	und		8.0000	23.82	190.56		
0293010008	VALVULA DE FILTRO Y 1 1/4"	und		4.0000	125.16	500.64		
0293010009	VALVULA DE FILTRO Y 2"	und		1.0000	91.02	91.02		
0293010010	TERMOMETRO	und		2.0000	41.54	83.08		
0293010011	MEDIDOR DE PRESION	und		2.0000	37.90	75.80		
0293010012	VALVULA DE DE MARIPOSA VALVULA DE MARIPOSA 2"	und		1.0000	227.60	227.60		
						5,125.86		
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	2,756.16	137.81		
						137.81		

Nota: La tabla representa los costos unitarios del sistema de climatización del Museo de Calca, realizado en S10 (2024).

7.8.Costos de la Visita al Museo

Como referencia, se tomarán los datos del Museo Inkariy, ya que el Museo de Calca se encuentra cerrado debido a los problemas mencionados. Se detalla en siguiente tabla:

Tabla 91

Tarifario del Museo (Inkariy 2024)

Procedencia	Tarifa (Soles)
Nacionales	35
Internacionales	45
Niño y adulto mayor	
Nacional	25
Internacional	35
Con guía	
Hasta 5 personas	25
Mas de 8 personas	35

Nota: La tabla representa los costos de ingreso al museo, tomados como referencia del museo Inkariy (2024).

7.9.Cálculo del VAN y el TIR

Nos indica si una inversión es rentable o no. Así mismo es viable o no (Do 2022).

7.9.1. Valor actual neto (VAN)

Es cuanto ganaría una empresa en la actualidad si invierte un capital durante un tiempo, es decir que nos mide las ganancias brutas en actualidad(Do 2022).

7.9.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Es un porcentaje que determina la rentabilidad del proyecto, considerando que si la tasa interna de retorno es mayor a cero la inversión es rentable (Do 2022).

Figura 97

Decisiones y cálculo del VAN y TIR (Do 2022)

VAN		
Si el VAN es <0	Sin Ganancias	Rechazo
Si el VAN es = 0	No se pierde ni gana	Indiferente
Si el VAN es >0	Con Ganancias	Aceptar
TIR		
Si el TIR es <k	No es Rentable	Rechazo
Si el TIR es = k	No se pierde ni gana	Indiferente
Si el TIR es >k	Es Rentable	Aceptar
k = Tasa de descuento del mercado		

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^N \frac{C_n}{(1+r)^n} = 0$$

I_0 = Inversión inicial.
 C_n = Flujo de caja o de beneficios generados por la inversión en cada periodo.
 N = Número total de periodos.
 n = Año en el que se van obteniendo los beneficios de cada periodo.
 r = TIR

Nota: La figura representa las decisiones y el cálculo del VAN y TIR, así como su cálculo, obtenida de Do (2022).

7.9.3. Flujo de ingresos

Se realizará de acuerdo con la demanda turística nacional y del extranjero con los datos de museo Inkariy donde se debe considerar el marketing y otros factores más para este flujo de ingresos sea certero (Inkariy 2024). Se detalla los ingresos para los tres años de inversión que costa de ingreso escalonado desde la apertura y hasta llegar a ser demandante la visita al museo.

Tabla 92

Ingresos primer año al museo de calca

Características de los visitantes	Tarifario (S/)	Promedio anual de personas	Ingresos anuales (S/)
Nacionales	35	1825	63875
Internacionales	45	4380	197100

Total, anual (S/) = 260975

Ingresos segundo año al museo de calca

Características de los visitantes	Tarifario (S/)	Promedio anual de personas	Ingresos anuales (S/)
Nacionales	35	4380	153300
Internacionales	45	9125	410625
Total, anual (S/) =			563925

Ingresos tercer año al museo de calca

Características de los visitantes	Tarifario (S/)	Promedio anual de personas	Ingresos anuales (S/)
Nacionales	35	5475	191625
Internacionales	45	12775	574875
Total, anual (S/) =			766500

Nota: La tabla representa los ingresos de tres años consecutivos, elaboración propia.

7.9.4. Flujo de Egresos

Se considera también aparte de presupuesto del sistema de climatización el gasto de suministro eléctrico. Se considera que a la semana trabajan 48 horas y el año tiene. Así mismo electro sur cobra un precio unitario de S/. / kW.h 0.3349 (Electro Sur Este 2024).

Tabla 93

Precio de consumo eléctrico anual en soles

Equipos	Potencia (kW)	Numero de equipos	Horas de uso diario	Días al mes	Consumo Mensual KW.h	Costo de Energía Mensual el KW.h es S/ 0.3349
Air Cooled Chiller:						
Bomba de agua	1.471	1	8	24	282.432	94.5864768
Compresor	14.914	1	8	24	2863.488	958.9821312
Unidad manejadora de aire:						
Calentador eléctrico	14	4	8	24	10752	3600.8448
Ventilador inyección de aire	2.2	4	8	24	1689.6	565.84704
Ventilador de retorno de aire	1.5	4	8	24	1152	385.8048
Total, mensual (S/) =						5606.065248
Total, anual (S/) =						67272.78298

Nota: La tabla representa el precio de consumo eléctrico anual en soles y el total de consumo anual en kWh, elaboración propia.

Plan de Mantenimiento del Sistema de Climatización del Museo de Calca

Precio trabajo de mantenimiento:

Tabla 94

Costo trabajo de mantenimiento anual

Análisis de precios unitarios								
Presupuesto	1101001 "DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN PARA EL CONFORT DE LOS VISITANTES DEL MUSEO DE INTERPRETACIÓN CULTURAL DE LA CIUDAD DE CALCA - 2024"						Fecha presupuesto	17/11/2024
Subpresupuesto	001 INSTALACIONES MECANICAS							
Partida	01.01.08.07.02.01 TRABAJOS DE MANTENIMIENTO ANUAL							
Rendimiento	gib/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : glb			1,626.26	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de Obra								
0101010003	OPERARIO	hh	8.0000	64.0000	16.74	1,071.36		
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	8.0000	13.18	105.44		
0101010005	PEON	hh	2.0000	16.0000	11.96	191.36		
						1,368.16		
Materiales								
0258030007	FILTRO DE AIRE DE HAVAC DE 18 "x20"X1"	und		4.0000	30.32	121.28		
0292010003	MATERIALES (VARIOS)	%mo		5.0000	1,368.16	68.41		
						189.69		
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	1,368.16	68.41		
						68.41		

Nota: La tabla representa el costo de trabajo de mantenimiento anual del sistema de climatización del Museo de Calca, realizado en S10 (2024).

Precio de Flete terrestre de Lima a Museo de Calca

El pago por el transporte por kilogramo es de S/. 0.38134 de Lima a Museo de Calca por la ruta: Lima - Nazca - Abancay - Cusco - Puerto Maldonado (MTC 2021).

Tabla 95

Flete terrestre de Lima a Museo de Calca

Por Peso				
Insumo	Unidad	Cantidad	Peso Unit.	Peso Parcial
Tuberías de agua helada				
Tuberías de agua helada 1 1/4"	kg	101.00	3.40	343.40
Tuberías de agua helada 1 1/2"	kg	51.00	5.50	280.50
Tuberías de agua helada 2"	kg	17.00	6.10	103.70
Colgantes para tuberías de agua fría 1 1/4" , 1 1/2" y 2"	und	85.00	0.80	68.00
Colgante para ductos				
Barra redonde de acero de 1/4"	kg	793.00	0.25	197.06
Longitud de Angulo de acero de 1-1/2 × 1-1/2 × 1/8"	kg	66.00	1.83	120.78
Otros	kg	100.00	1.00	100.00

	Peso Total (kg)	1,213.44
	Camión de Carga (kg)	10,000.00
Con un Camión 2DA 10 TN (7.50 x 2.60 x 3.50 m)	# Viajes	1.00
	Costo de Transp. x kg (S/.)	0.38
	Costo x Viaje (S/.)	S/3,813.40
	Costo Total de Flota (S/.)	S/3,813.40

Por Volumen					
Insumo	Unidad	Cantidad	Vol Unit.	Vol Parcial	
Air Cooled Chiller de 2x1.130x1.720m	und	1.00	3.8872	3.89	
Unidad manejadora de aire horizontal					
Paquete 1 de 1.590x1.440x1.290m	und	4.00	2.9536	11.81	
Paquete 2 de 1.790x1.390x1.190m	und	4.00	2.9608	11.84	
Ventilador centrífugo de gabinete – aire retorno de 0.9X0.85X0.79m	und	4.00	0.6044	2.42	
Difusor de suministro y retorno de aire de 04.x0.40x0.04m	und	50.00	0.0064	0.32	
Filtros de aire HVAC de 0.55x0.55x0.04m	und	4.00	0.0121	0.05	
Conductos y uniones de aire acondicionado y	und	1.00	50.5230	50.52	
Accesorios de conexión de la tubería de agua helada	und	1.00	1.0000	1.00	
Aisladores para ductos y tuberías de sistema de climatización	und	1.00	0.6400	0.64	
Aislamiento de conductos de climatización	und	1.00	1.5177	1.52	
			Volumen Total (m³)		84.01
			Camión de Carga (m³)		68.25
Con un Camión 2DA 10 TN (7.50 x 2.60 x 3.50 m)			# Viajes		2.00
			Costo x Viaje (S/.)		S/3,813.40
			Costo Total de Flete (S/.)		S/7,626.80
	Costo x Peso=	S/3,813.40			
	Costo x Volumen=	S/7,626.80			
	Costo Total de Flete Terrestre=	S/11,440.20			

Nota: La tabla representa el flete terrestre de Lima al Museo de Calca por peso y por volumen, elaboración propia.

Sueldo de los trabajadores del museo de Calca

Tabla 96

Sueldo de trabajadores del museo de Calca

Trabajadores	Sueldo básico	Sueldo mensual	Sueldo anual
Recepción	1 1600	1600	19200
Guías	2 3516	7032	84384
Practicante	1 1285	1285	15420
Limpieza	1 1200	1200	14400
		Total= S/	133,404.00

Nota: La tabla representa el sueldo anual de los trabajadores del Museo de Calca. Los cálculos se realizaron con el sueldo básico, elaboración propia.

Cuotas bancarias

Tabla 97

Cuotas bancarias por tres años

	Crédito	S/ 231,477.35		
	Tasa anual	14%		
	Plazo anual	3		
	Cuota	S/ 99,704.58		
N	Cuotas	Interés	Amortización	Saldo
0				S/ 231,477.35
1	S/ 99,704.58	32406.829	S/ 67,297.75	S/ 164,179.60
2	S/ 99,704.58	22985.14363	S/ 76,719.44	S/ 87,460.16
3	S/ 99,704.58	12244.42231	S/ 87,460.16	S/ 0.00

Nota: La tabla representa Cuotas bancarias por tres años. Con una tasa anual de 14%, elaboración propia

Resumen de los egresos totales

Se detalla en la siguiente tabla que esencialmente cubren los egresos generales de un año del sistema de climatización y operación del museo de Calca.

Tabla 98

Resumen de los egresos anuales

Descripción	Monto (S/)
Sueldo de los trabajadores del museo de Calca	S/ 133,404.00
Mantenimiento	S/ 1,626.26
Consumo eléctrico anual	S/ 67,272.78
Cuotas bancarias anuales	S/ 99,704.58
Total=	S/ 302,007.62

Nota: La tabla representa un resumen de los egresos anuales, elaboración propia.

7.9.5. Cálculo del TIR y VAN para un Período de 3Años

El cálculo con la ayuda de hoja de cálculo (Excel), con una tasa de interés de 0.14 (BCP 2024)

Tabla 99

Cálculo del TIR y el VAN por tres años

Inversión inicial	S/ 230,246.75
--------------------------	---------------

Flujo de egresos			Flujo de ingresos			Flujo - Efectivo Neto	
Año		Egresos	Año		Ingresos	Año	Efec. Neto
1	S/	302,007.62	1	S/	273,750.00	1	-S/ 28,257.62
2	S/	302,007.62	2	S/	563,925.00	2	S/ 261,917.38
3	S/	302,007.62	3	S/	779,275.00	3	S/ 477,267.38

Negocio		
Año		F.Caja
0	-S/	230,246.75
1	-S/	28,257.62
2	S/	261,917.38
3	S/	477,267.38

Tasa de Interés (K)= 14%

TIR>K

TIR=	52%	Rentable
VAN=	S/ 5,406.47	Ganancias

Nota: La tabla representa el cálculo del TIR y el VAN por tres años. Se tiene un TIR del 52%, lo que indica rentabilidad, y un VAN de S/ 5,406.47, lo que significa ganancias, elaboración propia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Se logro el diseño de un sistema de climatización que consta de los cálculos y análisis de los parámetros psicométricos, la carga térmica, el sistema de aire acondicionado y la evaluación económica para brindar confort térmico a los asistentes al museo de interpretación cultural de la ciudad de Calca.

Los parámetros psicométricos de diseño son de las siguientes características, para ambiente exterior: cargas térmicas de enfriamiento; temperatura exterior máxima de 25.31°C, humedad relativa exterior máxima de 78.95 % y para la carga térmica calefacción; temperatura exterior mínima de 11.5°C, humedad relativa exterior mínima de 27.06 %; las condiciones confort son: temperatura interior de 21°C, humedad relativa de 50%, velocidad de viento de 2.54 m/s y rango de temperatura de ocho horas de una variación de 9°C..

Se obtuvo una carga térmica total de enfriamiento de 49,189.00 Kcal /hr y la carga térmica de calefacción de 40,457.371Kcal /hr. Estos datos obedecen para la carga enfriamiento: perdida de calor paredes interiores con un 16%, piso de 78% y puertas de 6%; y ganancias de calor por radiación solar a través de paredes exteriores y techos de 92 %; calor debido a las personas e iluminación con 4% cada uno y para carga de calefacción: La pérdida de calor en paredes Interiores, piso y puertas es de 46%, en paredes exteriores es de 24% y a través del techo es de 30% y la ganancia de calor debido a las personas es 59% y debido a la Iluminación es de 41%.

Se calculó el sistema de aire acondicionado del museo de las siguientes características: con un flujo de insuflamiento de 11200 CFM y con capacidad total de equipo de 18 TR y flujo de agua helada de 43.2 GPM. Así mismo, se diseñó los ductos y tuberías tanto para suministro y retorno mediante uso de tablas de Carrier y la norma de ASHRAE, donde se planteó el modelo de sistema de climatización en el software Revit - MEP. El sistema de alimentación del museo de Calca es de 220V/T/60HZ para alimentación de los siguientes equipos: Air Cooled Chiller de 18 TR con compresor New Scroll Type de 20 HP, 4 unidades manejadoras de aire horizontal de 2800 CFM de 4.5 TR..

Con la evaluación económica el presupuesto para el sistema de climatización es de doscientos treinta y cinco mil cuatrocientos setenta y cinco nuevos soles de costos directos. Los egresos totales anuales son de S/. 302,007.62 y los ingresos anuales de tres años consecutivos de S/. 260,975.00, S/.563,925.00 y S/.766,500.00 respectivamente. Así mismo, con valor actual neto (VAN) de S/ 5,406.47 y una tasa de interna de retorno (TIR) de 52% para una inversión de 3 años.

RECOMENDACIONES

Realizar gestión de mantenimiento para sistemas de climatización mediante el uso del software Revit - Mep con el uso de los complementos y Plugins como son: Navisworks, Dynamo, donde se vincularán todas las especialidades como son arquitectura, estructuras, eléctricas y sanitarias y así tener una intervención programada y planificada. Así mismo, realizar familias parametrizadas de los sistemas y componentes MEP-BIM para las instalaciones comerciales del Perú.

Establecer monitoreos frecuentes de parámetros psicométricos para el diseño de sistemas de climatización en lugares estratégicos del Valle Sagrado de los Incas y estos sean evidenciados en una base de datos y publicados en una plataforma de internet y así lo software de ingeniería tengan acceso a la data para los diseños correspondientes.

Desarrollar un análisis térmico de viviendas construidas de estructuras metálicas habitables mediante el análisis computacional de elementos finito. Y finalmente, realizar los cálculos de los rendimientos de mano de obra, análisis de costos unitarios para los proyectos de sistemas de climatización en la región de Cusco.

BIBLIOGRAFIA

- Acerosarequipa. 2020. “Tipos de Muros.” 1–4. Retrieved March 3, 2024 (<https://www.acerosarequipa.com/manuales/manual-del-maestro-constructor/preparacion-de-los-materiales>).
- AERMEC. 2022. “Capítulo 7 Manejadoras de aire.” 1–35. Retrieved November 22, 2024 (<https://es.slideshare.net/slideshow/aermec-captulo-7-manejadoras-de-airepptx/254023980>).
- Aeroflex. 2024. *Aislamiento Térmico Elastomérico de Celda Cerrada*. Estados Unidos.
- Aerostar. 2024. “Filtro de Aire Plisado MERV 8 de 18 x 20 x 1, Filtro de Aire Para Caldera/Aire Acondicionado.” 1. Retrieved November 16, 2024 (<http://surl.li/xfrsu>).
- Ajmat, Raul, and santiago Lombana. 2018. “Museo Casa Histórica de La Independencia: Condiciones Ambientales de Confort y Conservación Del Patrimonio.” *Stituto de Luz Ambiente y Visión – UNT – CONICET*.
- Akamatsu, Taisei, Taro Mori, Motoya Hayashi, and Hirofumi Hayama. 2023. “Evaluation on Indoor Environment and Alternative Ventilation Methods in a School Classroom in a Cold Region under Covid-19 Pandemic.” *Journal of Environmental Engineering (Japan)* 88(803):43–49. doi: 10.3130/AIJE.88.43.
- Alberta. 2010. *Colgadores y Soportes de Tuberías de Agua Fria*. Estados Unidos.
- Alvarez, Javier. 2024a. *Fundamentos de Costos*. Cusco.
- Alvarez, Javier. 2024b. *Fundamentos de Presupuestos, Análisis de Costos Unitarios y Costo Directo*. Cusco.
- Asahuanche, Manuel. 2021. *Diplomado Virtual de Aire Acondicionado*. Lima.
- ASHRAE. 2012. *Handbook : Heating, Ventilating, and Air-Conditioning Systems and Equipment*. Estados Unidos: ASHRAE.
- ASHRAE. 2021. *ASHRAE Handbook: Fundamentals*. Handbook Committee. Estados Unidos: ASHRAE.
- Autosolar. 2024. “Caja de Protección IP65 L.” 1. Retrieved November 19, 2024 (<https://autosolar.pe/accesorios-de-inversores/caja-de-proteccion-ip65-l>).
- Aveco. 2024. *Motorized Damper*. China.
- Azahuanche, Manuel. 2021a. *Diseño de Ductos*. Lima.
- Azahuanche, Manuel. 2021b. *Diseño de Ductos y Tuberías*. Lima.
- Azahuanche, Manuel. 2021c. *Uso de la Psicrometría en Cálculos de Equipos de Aire Acondicionado para Aplicaciones Especiales*. Lima.
- BCP. 2024. “¿Cómo sacar el interés de un préstamo personal y cómo funcionan?” 1–2. Retrieved November 22, 2024 (<https://www.viabcp.com/blog-bcp/interes-en-prestamos-personales>).

- BFO. 2024a. "Black Pipe Fittings - 1-1/4" NPT 90 Deg. Elbow." 1–2. Retrieved November 19, 2024 (<https://www.buyfittingsonline.com/pipe-fittings-black-1-1-4-in-90-degree-elbow-150-lb-npt-threaded-malleable-iron-ul/>).
- BFO. 2024b. "Black Pipe Fittings - 2" NPT 90 Deg. Elbow." 2. Retrieved November 19, 2024 (<https://www.buyfittingsonline.com/pipe-fittings-black-2-in-90-degree-elbow-150-lb-npt-threaded-malleable-iron-ul/>).
- BFO. 2024c. "Black Pipe Fittings - 2" NPT Tee,." 1–2. Retrieved November 19, 2024 (<https://www.buyfittingsonline.com/pipe-fittings-black-2-in-tee-150-lb-npt-threaded-malleable-iron-ul/>).
- Billow. 2024. *Cotización de 304 barra redonda sólida*. China.
- Brannan. 2024. "Termómetro HVAC con abrazadera de tubería con clip." 2. Retrieved November 15, 2024 (<http://surl.li/sopbwe>).
- Bustamente, R. 2022. "Estudio de Impacto Ambiental." 13–227.
- Candia, Kevin. 2023. "Clima Calca." 1–3. Retrieved January 10, 2025 (<https://es.scribd.com/document/449275143/Clima-CALCA>).
- Carrier. 1980. *Manual de Aire Acondicionado*. Boixareu Editores. Barcelona .
- Carrier. 2022. *Estimación de Carga de Carrier HVAC*. Vol. 1. 1st ed. Estados Unidos: Load Estimating.
- Celsa. 2024. "Cable THW-90 450/750 V 14 AWG Celsa Rojo 100m - Promart." 1–2. Retrieved November 19, 2024 (<https://www.promart.pe/cable-thw-90-450-750-v-14-awg-rojo/p>).
- CFinsulation. 2024. *Cotización de Aislamiento NBR Para Tuberías y Conductos de Aire Acondicionado*. China.
- Climate Date. 2024. "Clima de Calca: Temperatura, Climograma y Tabla Climática Para Calca." *Climate Date de América Del Sur* 1–6. Retrieved March 16, 2024 (<https://es.climate-data.org/america-del-sur/peru/cuzco/calca-44942/>).
- Colton. 2024. *Datos de Caída de Presión Para Filtros "Y" - Líquidos (Tamaños de 1/4" a 1-1/2") y (Tamaños de 2" a 16")*. Estados Unidos.
- Cteweb. 2007. "Productos Cerámicos." *Instituto de Ciencias de La Construcción Eduardo Torroja* 1–2. Retrieved July 30, 2024 (<http://cte-web.iccl.es/materiales.php?a=22>).
- Cuitiño, G., A. Esteves, G. Maldonado, and R. Rotondaro. 2015. "Análisis de La Transmitancia Térmica y Resistencia al Impacto de Los Muros de Quincha." *Informes de La Construcción* 67(537):1–7. doi: 10.3989/IC.12.082.
- Derpipe. 2024. "Válvula de Filtro de Pantalla de Malla Wye Strainer 100 de 1-1/4 Pulgadas." 2. Retrieved November 15, 2024 (https://www.amazon.com/-/es/gp/product/B0D4KRNCL/ref=ox_sc_act_title_1?smid=A2MYEMO7QPGOTT&th=1).
- Díaz, Rita. 2019. "Diseño a Través de Sistemas Pasivos de Climatización Para Lograr Confort Térmico En La Zona Cultural Permanente de Un Museo Histórico Narrativo, Cajamarca, 2019." Facultad de Arquitectura y Diseño, Cajamarca.

- DI. 2024. "Stainless Steel Gate Valve Household Water Meter On/off Globe." 1–6. Retrieved November 15, 2024 (<http://surl.li/gbnhye>).
- Do. 2022. "Calcular el VAN y TIR." 1. Retrieved November 22, 2024 (https://www.youtube.com/watch?v=qHAAXuRwyhY&ab_channel=DominandoOfim%C3%A1tica).
- Duffre, and Beckawan. 2013. *Solar Engineering of Thermal Processes*. 4th ed. Estados Unidos: University of Wisconsin-Madison.
- Electro Sur Este. 2024. "Electro Sur Este precios de kW.h." 1–2. Retrieved November 22, 2024 (<https://www.else.com.pe/else/atenci%C3%B3n-al-cliente/ayuda-al-usuario/simulador-de-consumo/>).
- EM.030. 2020a. *Modifican La Norma Técnica EM.030 de Ventilación Del Reglamento Nacional de Edificaciones y Dictan Otras*. Lima.
- EM.030. 2020b. *Norma Técnica EM.030 Instalaciones de Ventilación Del Reglamento Nacional de Edificaciones y Dictan Otras Disposiciones*. Lima.
- EM.110. 2014a. *Confort Térmico y Lumínico Con Eficiencia Energética*. Lima.
- EM.110. 2014b. "Confort Térmico y Lumínico Con Eficiencia Energética." *El Peruano* 1–50.
- ERP. 2021. *Cálculo de carga térmica: cálculo de la radiación solar por el método de diferencia equivalente de temperatura*. Lima.
- Erp. 2021. *Cálculo de Carga Térmica y Cálculo de La Radiación Solar Por El Método de Diferencia Equivalente de Temperatura*. Lima.
- Evans, Henry James, Line Nicolaisen, Sara Tougaard, and Marianne Achiam. 2020. "Perspective. Museums beyond Neutrality." *Nordisk Museologi* 29(2):19–19. doi: 10.5617/NM.8436.
- Fco. 2024. "Professional Design And Production Ventilation System Galvanized Steel Square Rectangular Duct - Buy Rectangular Duct Rectangular Duct Reducer Ventilation System Galvanized Steel Square." 1–2. Retrieved November 18, 2024 (<http://surl.li/rinjlo>).
- Ferdyn, Joanna, and Krzysztof Grygierek. 2019. "Estrategias Propuestas Para Mejorar Las Malas Condiciones Higrotérmicas En Las Salas de Exposición de Los Museos y Su Impacto En La Demanda de Energía." *Energies* 2019, Vol. 12, Page 620 12(4):620. doi: 10.3390/EN12040620.
- Figueroa, Franklin. 2024. *Museo de La Ciudad de Calca*. Calca.
- Figueroa, Mairon O. 2020. "Diseño Del Sistema de Aire Acondicionado Automatizado Para Un Edificio Corporativo." Universidad Ricardo Palma, Lima.
- Flores, Silvana. 2019. *MANUAL DEL USUARIO SIMEDIF: Software para el cálculo del comportamiento térmico transitorio de edificios*.
- Flycarpet. 2024. "Online Interactive Psychrometric Chart." 1. Retrieved November 24, 2024 (<https://www.flycarpet.net/en/psyonline>).
- Ftccp. 2024. *Tabla salarial 2023-2024*. Perú.
- Gdt. 2020. *Fibro cemento para cielo falso suspendido*. Metapán.

- Gis. 2024. "Redes Electricas Electro Sur Este." 1. Retrieved November 14, 2024 (https://gis.else.com.pe/arcgis_portal/apps/webappviewer/index.html?id=18a0d4b61ce94cb3b058e99fad1dc412).
- Gob. 2024. *Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto*. Cusco.
- Google. 2024. "Ubicación de Calca en Google Maps." 1–2. Retrieved October 2, 2024 (<http://surl.li/gpwsfl>).
- Guerrero, David, and Jesus Diaz. 2022. "Diseño de Sistema de Climatización Para Calidad de Aire Interior En Establecimientos Cerrados Post Covid-19." Universidad César Vallejo, Perú.
- Handua. 2024. "Rejilla de Aire de Retorno de Caja de Huevo de Aluminio de 14 x 14 Pulgadas .Bajo Ruido y Alto Flujo de Aire, Parrilla de Cubierta de Ventilación a Prueba de Óxido Para Pared Lateral y Techo, Blanco." 1. Retrieved November 18, 2024 (<http://surl.li/xdscax>).
- HeIng. 2024. "Diagrama Psicrométrico Online y Cálculo de Las Propiedades Del Aire Húmedo." *Calculation Software* 1–2. Retrieved August 4, 2024 (<https://www.herramientasingeneria.com/onlinecalc/spa/psicrometricos/psicrometricos.html>).
- HIGHCRAFT. 2024. "Colgador de Tubo de Anillo Dividido Con Bisagras." 2. Retrieved November 20, 2024 (<http://surl.li/hgjmdv>).
- Hlcaluminium. 2024. "Panel Compuesto de Aluminio PVDF y PE (ACP)." 1–6. Retrieved February 27, 2024 (<https://es.acmmanufacturer.com/products/nano-self-cleaning-aluminum.html>).
- Holtop. 2024. *Combined Air Handling Unit*. China.
- Homedepot. 2024. "PANEL DE YESO REGULAR PANEL REY BLANCO DE 3/8." 1–8. Retrieved March 20, 2024 (<https://www.homedepot.com.mx/materiales-de-construccion/sistema-ligero-de-construccion/panel-de-yeso-y-cemento/panel-de-yeso-estandar-4-x-8-3-8-433718>).
- Howell, Ronald H., Kevin L. Amende, Julia Keen, Lynn E. Catlin, Megan Tosh, and Andrew M. Sneed. 2021. *Principles of Heating, Ventilating, and Air Conditioning*. Ninth Edition. Estados Unidos de América: ASHRAE .
- Huaman, Erick A., and Jorge S. Sanchez. 2020. "OBTENCIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO CELULAR PARA APLICACIÓN EN EL ANÁLISIS SÍSMICO DE EDIFICIOS DE MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA." *Infraestructura, UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA, Arequipa*.
- Hvac Premium. 2024. "Difusor de Suministro de Aire Ajustable de 14 x 14 Pulgadas - Cubierta de Ventilación de HVAC." 1–2. Retrieved November 18, 2024 (<http://surl.li/tkojdd>).
- Inkariy. 2024. "Inicio Del Recorrido En El Museo Inkariy." Retrieved October 4, 2024 (<https://www.museoinkariy.com/>).
- Insyser. 2024. "Manta de Lana de Vidrio." 1–2. Retrieved September 22, 2024 (<http://surl.li/fpmhuk>).
- JMCOLMT. 2024. "Válvula de mariposa de 2 pulgadas sanitaria 2 unids acero inoxidable 304 con mango de tracción Tri Clamp Válvula de mariposa." 1. Retrieved November 15, 2024 (<http://surl.li/yjzkbz>).
- JMH. 2024a. *Lista de Ofertas de Tubo de Acero al Carbono SCH40*. China.

- JMH. 2024b. "Schedule 40 Tubería de Acero al Carbono." 1–2. Retrieved November 19, 2024 (<http://surl.li/ystihr>).
- Kolundžija, Jovana. 2020. "Otros En La Herencia: El Ejemplo de La 'Casa Banat.'" *Kultura* (168):205–17. doi: 10.5937/KULTURA2068205K.
- Layme, Luis. 2023a. *TALLER DE INVESTIGACIÓN I*. Cusco.
- Layme, Luis. 2023b. *TALLER DE INVESTIGACIÓN I: METODOLOGÍA*. Cusco.
- LDR. 2024. "Tapa LDR 310 CA-12 Color Negro, 310 T-112 : Industrial y Científico." 2. Retrieved November 18, 2024 (<http://surl.li/ysrfqr>).
- Li, Pengnan, Ye Liu, and Jianfei Dong. 2019. "Age-Related Thermal Comfort in a Science Museum with Hot–Humid Climate in Summer." *Environmental Science and Engineering* 421–31. doi: 10.1007/978-981-13-9520-8_45.
- MapTools. 2024. "Elevation Finder." Retrieved September 17, 2024 (<https://www.freemaptools.com/elevation-finder.htm>).
- Martinez, Antonio, Paola Boarin, Isabel Tort, and José L. Vivancos. 2018. "Assessing Visitors' Thermal Comfort in Historic Museum Buildings: Results from a Post-Occupancy Evaluation on a Case Study." *Building and Environment* 132:291–302. doi: 10.1016/j.buildenv.2018.02.003.
- Martínez, Magnus. 2020. "DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN PARA VIVIENDA RURAL, AFECTADA POR HELADAS, UBICADO EN EL DE CCATCA." Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco.
- Masvoltaje. 2017. "Tipos de Cables Eléctricos: Uso, Medidas, Colores y Aislamientos -." 1. Retrieved November 19, 2024 (<https://masvoltaje.com/blog/analisis-de-productos/tipos-de-cables-electricos-que-existen>).
- Matthews, T., and C. Thompson. 1987. "Velocidades Del Aire En Ambientes Domésticos: Un Parámetro Importante Para El Monitoreo Pasivo." *Agencia de Protección Del Medio Ambiente* 1–4.
- Megarion. 2024. "Válvula de filtro de malla de filtro WYE de 2 ", válvula de retención hembra 800WOG Y-Spring NPT, acero inoxidable SS316 CF8M." 1–2. Retrieved November 15, 2024 (<http://surl.li/msvptw>).
- MINEDU. 2023. "GUÍA DE ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO PARA EL CONFORT TÉRMICO." *Google Ministerio de Educación Del Perú* 1–49.
- Montano. 2024. "Panel de Aluminio Compuesto." 1–4. Retrieved February 27, 2024 (<https://montano.pe/productos/panel-de-aluminio-compuesto/>).
- Mpc. 2017. *Memoria de Cálculo Estructuras*. Calca.
- MPC. 2018. *Monto de Inversion del Museo*. Calca.
- MTC. 2021. "Decreto Supremo que aprueba la tabla de valores referenciales actualizada para la aplicación del sistema de pago de obligaciones tributarias en el servicio de transporte de bienes realizado por vía terrestre." 2 1. Retrieved January 13, 2025 (<https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1962212-2>).

- Mujeeb, Khan. 2023. "Air Cooled Chiller Technical Selection Parameters." 1. Retrieved November 7, 2024 (https://www.youtube.com/watch?v=e3ltNB2mL14&ab_channel=HVACSIMPLIFIED).
- Mundohvacr. 2016. "Climatización El Arte de Preservar - Mundo." *Recuperado El 10 de Marzo de 2023 De: 1–4*. Retrieved March 6, 2024 (<https://www.mundohvacr.com/2013/09/climatizacion-el-arte-de-preservar/>).
- Mxuteuk. 2024. "Interruptor De Botón De Encendido/apagado De 220v/380v." 2. Retrieved November 19, 2024 (https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-662328792-interruptor-de-boton-de-encendidoapagado-de-220v380v-_JM).
- Nasa. 2024. "POWER | DAVe." *DAVe 1–4*. Retrieved July 16, 2024 (<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>).
- Naser. 2024. *Air cooled chiller*. China.
- Nature Du. 2024. "Rejilla de Aire de Retorno de 12 x 12 Pulgadas." 2. Retrieved November 19, 2024 (https://www.amazon.com/-/es/gp/product/B0DBQJQ3W2/ref=ox_sc_act_title_1?smid=A2TCFZHGGQUQDE&th=1).
- Pablo. 2024. "Calculo Del Peso de Muro de Ladrillo Por M2." *Arquitectura 1–4*. Retrieved July 22, 2024 (<https://es.scribd.com/document/442805502/calculo-del-peso-de-muro-por-m2-xlsx>).
- Pérez. 2022. "Modelo de Cálculo de Las Pérdidas de Energía de Los Edificios a Través de Las Puertas." European Door and Shutter Federation e.V, Europa.
- Pérez, Gabriel. 2022. "DESEMPEÑO ENERGÉTICO DE LA DOBLE FACHADA VENTILADA OPACA EN EDIFICIOS DE OFICINAS EN CLIMA TEMPLADO: EL CASO DE MONTEVIDEO." Tesis de maestría en Construcción de Obras de Arquitectura., Univesidad de la República - Uruguay, Uruguay.
- Pipe Hanger Corp, National. 2023. *La Línea Completa de Soportes para Tuberías, Sistemas de Soporte y Accesorios*. USA.
- Pita, Edward. 1994. *Acondicionamiento de Aire; Principios y Sistemas*. 2nd ed. España: Compañía Editorial Continental.
- Plfm. 2024. "Panel de Yeso Regular Rey Panel Rey 3/8" Para Cielos y Muros." 1–6. Retrieved March 20, 2024 (<https://plaforama.com/paneles-de-yeso-y-cemento/583-panel-de-yeso-regular-rey-panel-rey-38-para-cielos-y-muros.html>).
- PUCP. 2020. "Conoce La Ruta Del Tesista PUCP." 1–4. Retrieved March 19, 2024 (<https://puntoedu.pucp.edu.pe/vida-estudiantil/sigue-la-ruta-del-tesista/>).
- Revit. 2024. "Autodesk Student Access to Education Downloads." *Autodesk 1*. Retrieved November 11, 2024 (<https://www.autodesk.com/education/edu-software/overview>).
- Rhonatherm. 2024a. "Conductividad Térmica En Aislamientos." *Sistema Aislamiento Térmico Exterior 1–2*. Retrieved July 31, 2024 (<https://www.saterhonatherm.com/blog/conductividad-termica-aislamientos/>).

- Sika. 2024. "Interruptor Termomagnético 3x15A." 1. Retrieved December 11, 2024 (<https://sodimac.falabella.com.pe/sodimac-pe/product/113521682/Interruptor-Termomagnetico-3x15A/113521684>).
- SikaWall. 2017. "Hoja de Técnica de Tarrajeo." *Per Sika* 1(1):1–4.
- Smacna. 1998. *HVAC Duct Construction Standards*. Estados Unidos.
- Sodimac. 2024. "Cerámica Cementina Gris Mate 59.7x59.7cm 1.6m2 Para Piso |." *Falabella* 1–2. Retrieved July 31, 2024 (<https://sodimac.falabella.com.pe/sodimac-pe/product/113213501/Ceramica-Cementina-Gris-Mate-59.7x59.7cm-1.6m2-para-piso/113213504>).
- Stock Wire. 2024. "Cable de Construcción de Cobre Negro THHN de 19 Hilos 3 AWG (Corte de 50 Pies)." 1–2. Retrieved January 12, 2025 (<https://www.amazon.com/19-Stranded-Black-Copper-Building-Wire/dp/B08FVCXSNB>).
- Sullca, Jose. 2024. *Ejecución y Puesta En Marcha Del Proyecto de Climatización Del Piso 7 de La Clínica Ricardo Palma*. Cusco.
- Superprof. 2024. "Percentiles: ¿Qué Son y Cómo Calcularlos?" 4. Retrieved October 2, 2024 (<https://www.superprof.es/apuntes/escolar/matematicas/estadistica/descriptiva/percentiles.html>).
- Supply Giant. 2014. "Codo de Calle de 90 Grados Roscado de Hierro Fundido de 1-1/2 "." 1–2. Retrieved November 18, 2024 (https://www.amazon.com/-/es/gp/product/B09CLMR7LP/ref=ox_sc_act_title_1?smid=ATVPDKIKX0DER&psc=1).
- Tedi. 2023. *Costos y Presupuestos En Edificaciones Siguiendo El Código S10*. Perú.
- TKL. 2024. "Tubo Corrugado Flexible 3/4"." 2. Retrieved November 19, 2024 (<https://sodimac.falabella.com.pe/sodimac-pe/product/113522869/Tubo-Corrugado-Flexible-3-4-5-Metros/113522871>).
- Tomorrow. 2024. "El Tiempo En Calca, Cusco, Perú |." Retrieved September 17, 2024 (<https://weather.tomorrow.io/es/PE/CUS/Calca/080584/>).
- TUPEMESA. 2024. "Ángulo de Acero 1 1/2 x 1 1/2 x 1/8 x 6M." 2. Retrieved November 20, 2024 (https://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/articulo/126996349/Angulo-de-Acero-1-1-2-x-1-1-2-x-1-1-2-x-1-8-x-6M/126996350?exp=so_com).
- TuTiempo. 2024. "Radiación Solar En Calca (Perú) - Energía Solar." Retrieved September 17, 2024 (<https://www.tutiempo.net/radiacion-solar/calca.html>).
- Txtco. 2024a. *Cotización de conducto galvanizado*. China.
- Txtco. 2024b. *Oferta de Conducto Galvanizado*. China.
- UF. 2024. "Muestreo No Probabilístico." *Universo Formulas* 1–8. Retrieved March 19, 2024 (<https://www.universoformulas.com/estadistica/inferencia/muestreo-no-probabilistico/>).
- VALFLUIDS. 2024. "Válvula de Equilibrio de Ajuste de Circuito." 1–2. Retrieved November 17, 2024 (<http://surl.li/usvmdo>).

Valverde, Jose. 2018. "Diseño Mecánico de un Sistema de Agua Helada para Acondicionamiento del Ambiente de la Ciudad Interactiva Kidzania." Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica.

Wolf. 2024. "Bienestar con un clima interior óptimo." 4. Retrieved October 5, 2024
(<https://www.wolf.eu/es-es/guia/clima-interior>).

Yuchi, Wu. 2014. "Subject Assessment of Thermal Transition in a Museum: A Case Study."

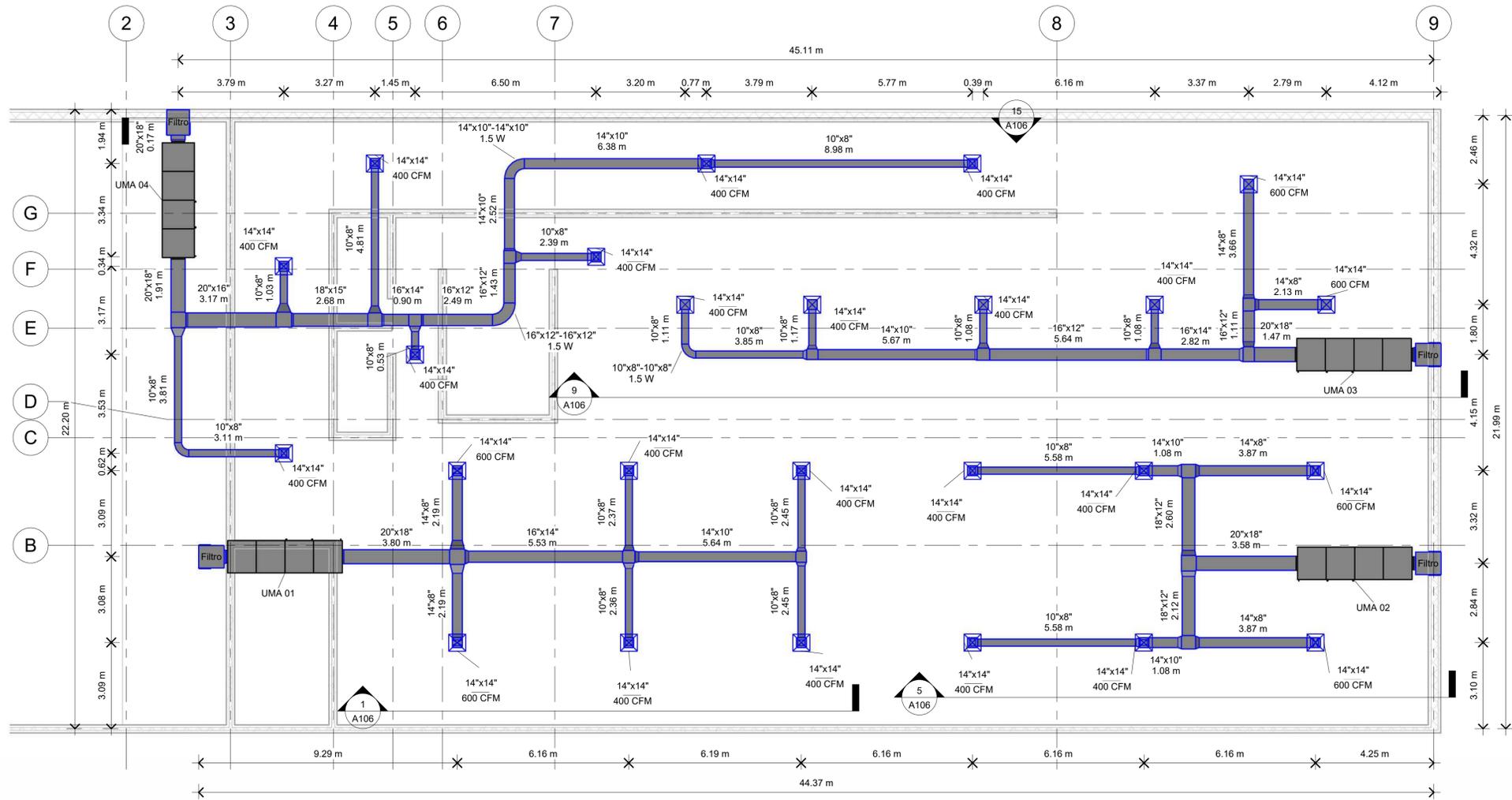
Zhang, Xin, Zhenzhi Shi, Luhong Wen, Lulu Shi, Qianhu Xiao, and Jianqin Gan. 2019. "Control Device and Method for CO2 in Closed Environment."

ANEXOS

ANEXO 1 Matriz de consistencia

Título: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN PARA EL CONFORT DE LOS VISITANTES DEL MUSEO DE INTERPRETACIÓN CULTURAL DE LA CIUDAD DE CALCA – 2024 ”.					
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Aspectos metodológicos
<p>Problema Generales: ¿ Como diseñar el sistema de climatización para el confort térmico de los asistentes al museo de interpretación cultural de la ciudad de Calca – 2024?</p>	<p>Objetivo General: "Diseñar un sistema de climatización para el confort térmico de los asistentes al museo de interpretación cultural de la ciudad de Calca – 2024".</p>	<p>Hipótesis General: Si es posible el diseño de un sistema de climatización para el confort térmico de los asistentes al museo de interpretación cultural de la ciudad de Calca – 2024.</p>	<p>V. Independiente Temperatura (T) Humedad relativa (HR) Velocidad de aire exterior e interior (m/s) V. dependiente Carga térmica (kcal/hr) Caudal de aire CFM</p>	<p>Temperatura (°C, K). Humedad Relativa (%) Carga térmica (kcal/hr) Caudal de aire CFM</p>	<p>Tipo de Investigación: Aplicada y enfoque cuantitativo. Alcance o Nivel de Investigación: Explicativo. Diseño de Investigación: No experimental</p>
<p>Problema Especifico 1: ¿Cómo definir los parámetros psicométricos para el sistema de climatización del museo para brindar el confort térmico a los asistentes?</p>	<p>Objetivo específico 1: Analizar los parámetros psicométricos para el sistema de climatización del museo para brindar el confort térmico de los asistentes.</p>	<p>Hipótesis Secundaria 1: El análisis de los parámetros psicométricos permitirá diseño el sistema de climatización para brindar el confort térmico de los asistentes.</p>	<p>V. Independiente: Temperatura (T) Humedad relativa (HR) V. dependiente Instrumentos de medición y reporte Meteorológico</p>		
<p>Problema Secundario 2: ¿Cómo obtener la carga térmica para el sistema de climatización del museo para brindar el confort térmico de a los asistentes?</p>	<p>Objetivo específico 2: Analizar la carga térmica para el sistema de climatización del museo para brindar el confort térmico de los asistentes.</p>	<p>Hipótesis Secundaria 2: El análisis de carga térmica permitirá el diseño sistema de climatización para brindar el confort térmico de los asistentes.</p>	<p>V. Independiente Temperatura (T) Humedad relativa (HR) Velocidad de aire exterior e interior (m/s) V. dependiente Carga térmica (kcal/hr)</p>		
<p>Problema Secundario 3: ¿Como desarrollar el sistema de aire acondicionado del museo para brindar el confort térmico de los asistentes?</p>	<p>Objetivo específico 3: Calcular el sistema de aire acondicionado del museo para brindar el confort térmico de los asistentes.</p>	<p>Hipótesis Secundaria 3: El cálculo del sistema de aire acondicionado permitirá el diseño sistema de climatización para brindar el confort térmico de los asistentes.</p>	<p>V. Independiente Área (m2) Velocidad aire (fpm) V. dependiente Caudal de aire CFM</p>		
<p>Problema Secundario 4: ¿Cómo realizar la evaluación económica del diseño sistema de climatización del museo para brindar el confort térmico de los asistentes?</p>	<p>Objetivo específico 4: Efectuar la evaluación económica del sistema de climatización del museo para brindar el confort térmico a los asistentes.</p>	<p>Hipótesis Secundaria 4: La evaluación económica del sistema de climatización del museo permitirá analizar la rentabilidad económica.</p>	<p>V. Independiente Presupuesto V. dependiente VAN y TIR</p>		

ANEXO 2 Plano del sistema de climatización



Level 2 PLANO DE LOS DUCTOS DE SUMINISTRO DE AIRE 1: 100

Tabla de conductos - UMA 01 - Suministro de Aire 01

Nombre de sistema	Longitud	Tamaño total
-------------------	----------	--------------

Suministro de Aire 01	5.64 m	14"x10"
Suministro de Aire 01	5.53 m	16"x14"
Suministro de Aire 01	2.45 m	10"x8"
Suministro de Aire 01	2.45 m	10"x8"
Suministro de Aire 01	2.36 m	10"x8"
Suministro de Aire 01	2.19 m	14"x8"
Suministro de Aire 01	3.80 m	20"x18"
Suministro de Aire 01	1.71 m	8"x10"
Suministro de Aire 01	1.71 m	10"x8"
Suministro de Aire 01	1.71 m	10"x8"
Suministro de Aire 01	1.71 m	14"x8"
Suministro de Aire 01	2.19 m	14"x8"
Suministro de Aire 01	1.71 m	14"x8"
Suministro de Aire 01	2.37 m	10"x8"
Suministro de Aire 01	1.71 m	10"x8"
Suministro de Aire 01	0.01 m	18"x20"

Tabla de conductos - UMA 02 - Suministro de Aire 02

Nombre de sistema	Longitud	Tamaño total
-------------------	----------	--------------

Suministro de Aire 02

Suministro de Aire 02	2.60 m	18"x12"
Suministro de Aire 02	1.08 m	14"x10"
Suministro de Aire 02	3.58 m	20"x18"
Suministro de Aire 02	3.87 m	14"x8"
Suministro de Aire 02	3.87 m	14"x8"
Suministro de Aire 02	0.85 m	8"x14"
Suministro de Aire 02	0.82 m	10"x8"
Suministro de Aire 02	5.58 m	10"x8"
Suministro de Aire 02	0.85 m	8"x10"
Suministro de Aire 02	2.12 m	18"x12"
Suministro de Aire 02	0.82 m	10"x8"
Suministro de Aire 02	1.08 m	14"x10"
Suministro de Aire 02	0.85 m	8"x10"
Suministro de Aire 02	5.58 m	10"x8"
Suministro de Aire 02	0.85 m	8"x14"
Suministro de Aire 02	0.01 m	20"x18"

Tabla de conductos - UMA 03 - Suministro de Aire 03

Nombre de sistema	Longitud	Tamaño total
-------------------	----------	--------------

Suministro de Aire 03

Suministro de Aire 03	3.85 m	10"x8"
Suministro de Aire 03	1.11 m	10"x8"
Suministro de Aire 03	0.05 m	14"x14"
Suministro de Aire 03	0.05 m	14"x14"
Suministro de Aire 03	1.17 m	10"x8"
Suministro de Aire 03	5.67 m	14"x10"
Suministro de Aire 03	0.05 m	14"x14"
Suministro de Aire 03	1.08 m	10"x8"
Suministro de Aire 03	5.64 m	16"x12"
Suministro de Aire 03	0.05 m	14"x14"
Suministro de Aire 03	1.08 m	10"x8"
Suministro de Aire 03	2.82 m	16"x14"
Suministro de Aire 03	0.05 m	14"x14"
Suministro de Aire 03	3.66 m	14"x8"
Suministro de Aire 03	1.47 m	20"x18"
Suministro de Aire 03	0.05 m	14"x14"
Suministro de Aire 03	2.13 m	14"x8"
Suministro de Aire 03	1.11 m	16"x12"
Suministro de Aire 03	0.04 m	20"x18"

Tabla de conductos - UMA 04 - Suministro de Aire 04

Nombre de sistema	Longitud	Tamaño total
-------------------	----------	--------------

Suministro de Aire 04

Suministro de Aire 04	3.81 m	10"x8"
Suministro de Aire 04	3.11 m	10"x8"
Suministro de Aire 04	0.27 m	8"x10"
Suministro de Aire 04	2.49 m	16"x12"
Suministro de Aire 04	1.91 m	20"x18"
Suministro de Aire 04	8.98 m	10"x8"
Suministro de Aire 04	0.27 m	10"x8"
Suministro de Aire 04	4.81 m	10"x8"
Suministro de Aire 04	2.68 m	18"x15"
Suministro de Aire 04	0.27 m	8"x10"
Suministro de Aire 04	0.23 m	10"x8"

Tabla de conductos - UMA 04 - Suministro de Aire 04

Nombre de sistema	Longitud	Tamaño total
-------------------	----------	--------------

Suministro de Aire 04

Suministro de Aire 04	0.27 m	10"x8"
Suministro de Aire 04	1.03 m	10"x8"
Suministro de Aire 04	3.17 m	20"x16"
Suministro de Aire 04	0.27 m	10"x8"
Suministro de Aire 04	2.39 m	10"x8"
Suministro de Aire 04	6.38 m	14"x10"
Suministro de Aire 04	0.27 m	10"x8"
Suministro de Aire 04	0.53 m	10"x8"
Suministro de Aire 04	0.90 m	16"x14"
Suministro de Aire 04	1.43 m	16"x12"
Suministro de Aire 04	2.52 m	14"x10"

Tabla de Difusores - UMA 01 - Suministro de Aire 01

Tipo	Tamaño	Flujo
------	--------	-------

Suministro de Aire 01

Difusor de 14 x 14 de 600	14"x14"	600 CFM
Difusor 14 x 14 de 400	14"x14"	400 CFM
Difusor 14 x 14 de 400	14"x14"	400 CFM
Difusor 14 x 14 de 400	14"x14"	400 CFM
Difusor 14 x 14 de 400	14"x14"	400 CFM
Difusor de 14 x 14 de 600	14"x14"	600 CFM

Tabla de Difusores - UMA 02 - Suministro de Aire 02

Tipo	Tamaño	Flujo
------	--------	-------

Suministro de Aire 02

Difusor de 14 x 14 de 600	14"x14"	600 CFM
Difusor de 14 x 14 de 600	14"x14"	600 CFM
Difusor 14 x 14 de 400	14"x14"	400 CFM
Difusor 14 x 14 de 400	14"x14"	400 CFM
Difusor 14 x 14 de 400	14"x14"	400 CFM
Difusor 14 x 14 de 400	14"x14"	400 CFM

Tabla de Difusores - UMA 03 - Suministro de Aire 03

Tipo	Tamaño	Flujo
------	--------	-------

Suministro de Aire 03

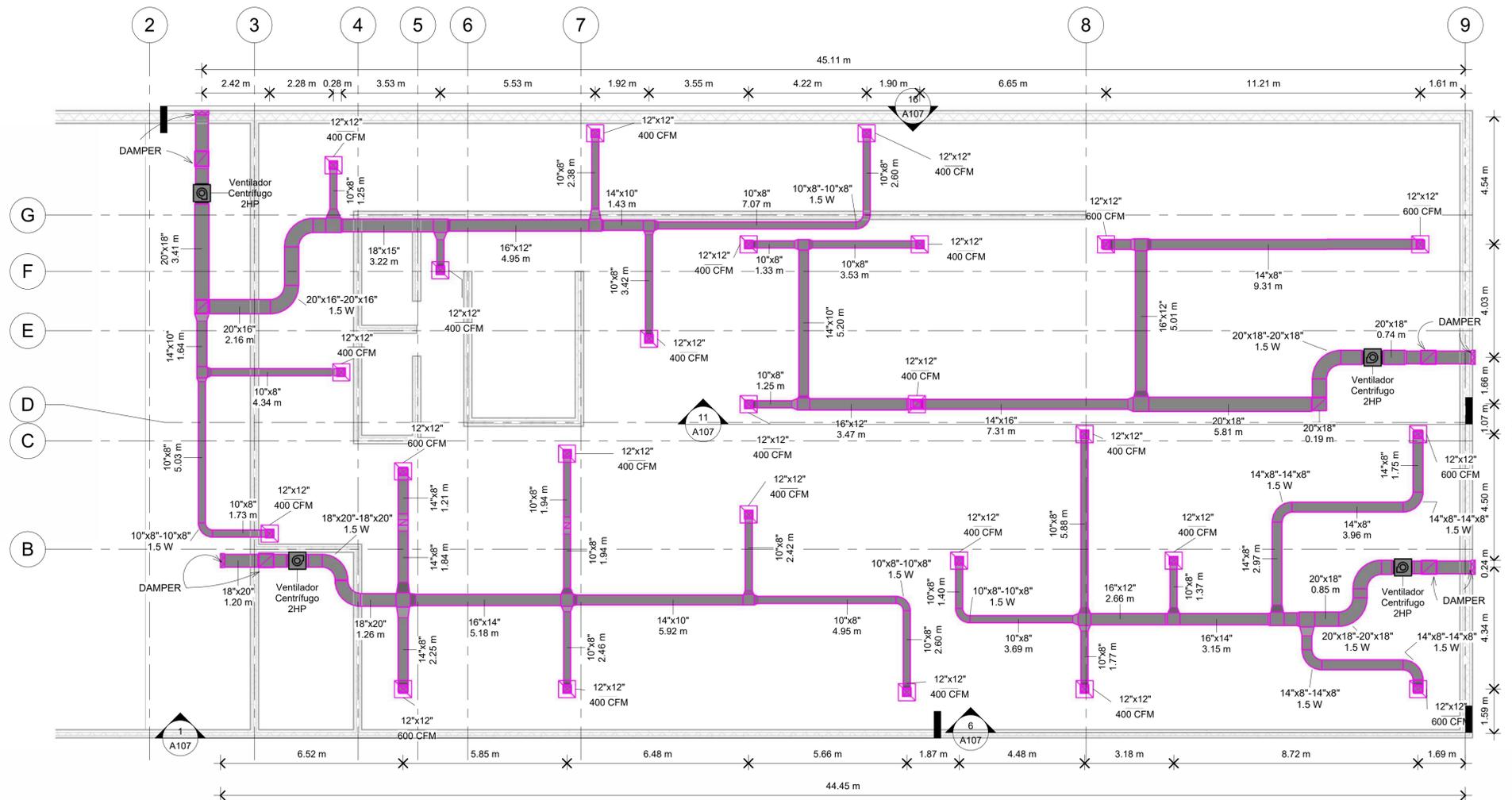
Difusor de 14 x 14 de 600	14"x14"	600 CFM
Difusor 14 x 14 de 400	14"x14"	400 CFM
Difusor 14 x 14 de 400	14"x14"	400 CFM
Difusor 14 x 14 de 400	14"x14"	400 CFM
Difusor 14 x 14 de 400	14"x14"	400 CFM
Difusor 14 x 14 de 400	14"x14"	400 CFM
Difusor de 14 x 14 de 600	14"x14"	600 CFM

Tabla de Difusores - UMA 04 - Suministro de Aire 04

Tipo	Tamaño	Flujo
------	--------	-------

Suministro de Aire 04

Difusor 14 x 14 de 400	14"x14"	400 CFM
Difusor 14 x 14 de 400	14"x14"	400 CFM
Difusor 14 x 14 de 400	14"x14"	400 CFM
Difusor 14 x 14 de 400	14"x14"	400 CFM
Difusor 14 x 14 de 400	14"x14"	400 CFM
Difusor 14 x 14 de 400	14"x14"	400 CFM
Difusor 14 x 14 de 400	14"x14"	400 CFM



Level 2 PLANO DE LOS DUCTOS DE RETORNO DE AIRE
1 : 100

Tabla de Difusores - UMA 01 - Retorno de Aire 01

Tipo	Tamaño	Flujo
Retorno de Aire 01		
Difusor de retorno de Z2	12"x12"	600 CFM
Difusor de retorno de Z2	12"x12"	600 CFM
Difusor de retorno de Z2	12"x12"	400 CFM
Difusor de retorno de Z2	12"x12"	400 CFM
Difusor de retorno de Z2	12"x12"	400 CFM
Difusor de retorno de Z2	12"x12"	400 CFM

Tabla de Difusores - UMA 02 - Retorno de Aire 02

Tipo	Tamaño	Flujo
Retorno de Aire 02		
Difusor de retorno de Z2	12"x12"	400 CFM
Difusor de retorno de Z2	12"x12"	400 CFM
Difusor de retorno de Z2	12"x12"	600 CFM
Difusor de retorno de Z2	12"x12"	600 CFM
Difusor de retorno de Z2	12"x12"	400 CFM
Difusor de retorno de Z2	12"x12"	400 CFM

Tabla de Difusores - UMA 03 - Retorno de Aire 03

Tipo	Tamaño	Flujo
Retorno de Aire 03		
Difusor de retorno de Z2	12"x12"	400 CFM
Difusor de retorno de Z2	12"x12"	400 CFM
Difusor de retorno de Z2	12"x12"	400 CFM
Difusor de retorno de Z2	12"x12"	600 CFM
Difusor de retorno de Z2	12"x12"	600 CFM
Difusor de retorno de Z2	12"x12"	400 CFM

Tabla de Difusores - UMA 04 - Retorno de Aire 04

Tipo	Tamaño	Flujo
Retorno de Aire 04		
Difusor de retorno de Z2	12"x12"	400 CFM
Difusor de retorno de Z2	12"x12"	400 CFM
Difusor de retorno de Z2	12"x12"	400 CFM
Difusor de retorno de Z2	12"x12"	400 CFM
Difusor de retorno de Z2	12"x12"	400 CFM
Difusor de retorno de Z2	12"x12"	400 CFM

Tabla de conductos - UMA 01 - Retorno de Aire 01

Nombre de sistema	Longitud	Tamaño total
Retorno de Aire 01	0.03 m	18"x20"
Retorno de Aire 01	4.95 m	10"x8"
Retorno de Aire 01	3.07 m	14"x8"
Retorno de Aire 01	3.07 m	10"x8"
Retorno de Aire 01	3.07 m	10"x8"
Retorno de Aire 01	3.07 m	8"x10"
Retorno de Aire 01	2.42 m	10"x8"
Retorno de Aire 01	5.92 m	14"x10"
Retorno de Aire 01	2.46 m	10"x8"
Retorno de Aire 01	5.18 m	16"x14"
Retorno de Aire 01	2.25 m	14"x8"
Retorno de Aire 01	1.26 m	18"x20"
Retorno de Aire 01	2.60 m	10"x8"
Retorno de Aire 01	1.84 m	14"x8"
Retorno de Aire 01	1.94 m	10"x8"
Retorno de Aire 01	0.49 m	14"x8"
Retorno de Aire 01	1.21 m	14"x8"
Retorno de Aire 01	1.97 m	14"x8"
Retorno de Aire 01	0.19 m	10"x8"
Retorno de Aire 01	1.94 m	10"x8"
Retorno de Aire 01	2.27 m	10"x8"
Retorno de Aire 01	1.20 m	18"x20"
Retorno de Aire 01	0.04 m	20"x18"
Retorno de Aire 01	0.04 m	20"x18"
Retorno de Aire 01	0.50 m	18"x20"
Retorno de Aire 01	0.44 m	18"x20"

Tabla de conductos - UMA 02 - Retorno de Aire 02

Nombre de sistema	Longitud	Tamaño total
Retorno de Aire 02		
Retorno de Aire 02	0.33 m	20"x18"
Retorno de Aire 02	1.75 m	14"x8"
Retorno de Aire 02	0.03 m	14"x8"
Retorno de Aire 02	1.37 m	10"x8"
Retorno de Aire 02	3.15 m	16"x14"
Retorno de Aire 02	5.88 m	10"x8"
Retorno de Aire 02	2.66 m	16"x12"
Retorno de Aire 02	1.40 m	10"x8"
Retorno de Aire 02	3.69 m	10"x8"
Retorno de Aire 02	2.19 m	14"x8"
Retorno de Aire 02	2.19 m	10"x8"
Retorno de Aire 02	2.19 m	10"x8"
Retorno de Aire 02	2.19 m	10"x8"
Retorno de Aire 02	2.19 m	10"x8"
Retorno de Aire 02	2.19 m	14"x8"
Retorno de Aire 02	1.77 m	10"x8"
Retorno de Aire 02	0.38 m	20"x18"
Retorno de Aire 02	3.96 m	14"x8"
Retorno de Aire 02	2.97 m	14"x8"
Retorno de Aire 02	0.47 m	18"x16"
Retorno de Aire 02	2.90 m	14"x8"
Retorno de Aire 02	0.51 m	14"x8"
Retorno de Aire 02	0.85 m	20"x18"
Retorno de Aire 02	0.02 m	20"x18"
Retorno de Aire 02	1.22 m	18"x20"
Retorno de Aire 02	0.04 m	20"x18"
Retorno de Aire 02	0.26 m	18"x20"

Tabla de conductos - UMA 03 - Retorno de Aire 03

Nombre de sistema	Longitud	Tamaño total
Retorno de Aire 03		
Retorno de Aire 03	0.65 m	20"x18"
Retorno de Aire 03	0.19 m	20"x18"
Retorno de Aire 03	1.25 m	10"x8"
Retorno de Aire 03	0.70 m	8"x10"
Retorno de Aire 03	5.01 m	16"x12"
Retorno de Aire 03	5.81 m	20"x18"
Retorno de Aire 03	5.20 m	14"x10"
Retorno de Aire 03	1.33 m	10"x8"
Retorno de Aire 03	0.70 m	8"x10"
Retorno de Aire 03	0.59 m	14"x8"
Retorno de Aire 03	3.53 m	10"x8"
Retorno de Aire 03	0.70 m	8"x10"
Retorno de Aire 03	0.70 m	14"x8"
Retorno de Aire 03	3.47 m	16"x12"
Retorno de Aire 03	0.59 m	8"x10"
Retorno de Aire 03	7.31 m	14"x16"
Retorno de Aire 03	9.31 m	14"x8"
Retorno de Aire 03	0.05 m	20"x18"
Retorno de Aire 03	0.51 m	18"x20"
Retorno de Aire 03	1.24 m	18"x20"
Retorno de Aire 03	0.05 m	20"x18"
Retorno de Aire 03	0.74 m	20"x18"
Retorno de Aire 03	0.75 m	20"x18"
Retorno de Aire 03	0.67 m	8"x14"
Retorno de Aire 03	0.02 m	12"x12"

Tabla de conductos - UMA 04 - Retorno de Aire 04

Nombre de sistema	Longitud	Tamaño total
Retorno de Aire 04		
Retorno de Aire 04	5.03 m	10"x8"
Retorno de Aire 04	1.73 m	10"x8"
Retorno de Aire 04	1.62 m	8"x10"
Retorno de Aire 04	0.21 m	20"x18"
Retorno de Aire 04	2.16 m	20"x16"
Retorno de Aire 04	1.38 m	20"x16"
Retorno de Aire 04	2.60 m	10"x8"
Retorno de Aire 04	0.79 m	10"x8"
Retorno de Aire 04	7.07 m	10"x8"
Retorno de Aire 04	2.38 m	10"x8"
Retorno de Aire 04	0.71 m	10"x8"
Retorno de Aire 04	4.95 m	16"x12"
Retorno de Aire 04	1.25 m	10"x8"
Retorno de Aire 04	0.71 m	10"x8"
Retorno de Aire 04	0.45 m	20"x16"
Retorno de Aire 04	1.64 m	14"x10"
Retorno de Aire 04	4.34 m	10"x8"
Retorno de Aire 04	1.62 m	10"x8"
Retorno de Aire 04	3.41 m	20"x18"
Retorno de Aire 04	0.55 m	18"x18"
Retorno de Aire 04	0.04 m	20"x18"
Retorno de Aire 04	0.78 m	10"x8"
Retorno de Aire 04	3.42 m	10"x8"
Retorno de Aire 04	1.43 m	14"x10"
Retorno de Aire 04	0.79 m	10"x8"
Retorno de Aire 04	0.80 m	10"x8"
Retorno de Aire 04	3.22 m	18"x15"
Retorno de Aire 04	0.01 m	12"x12"

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

DUCTOS DE RETORNO DE AIRE

ESCALA: 1 : 100

DIBUJADO POR: BACH. EMERSON TAPARA ORTIZ

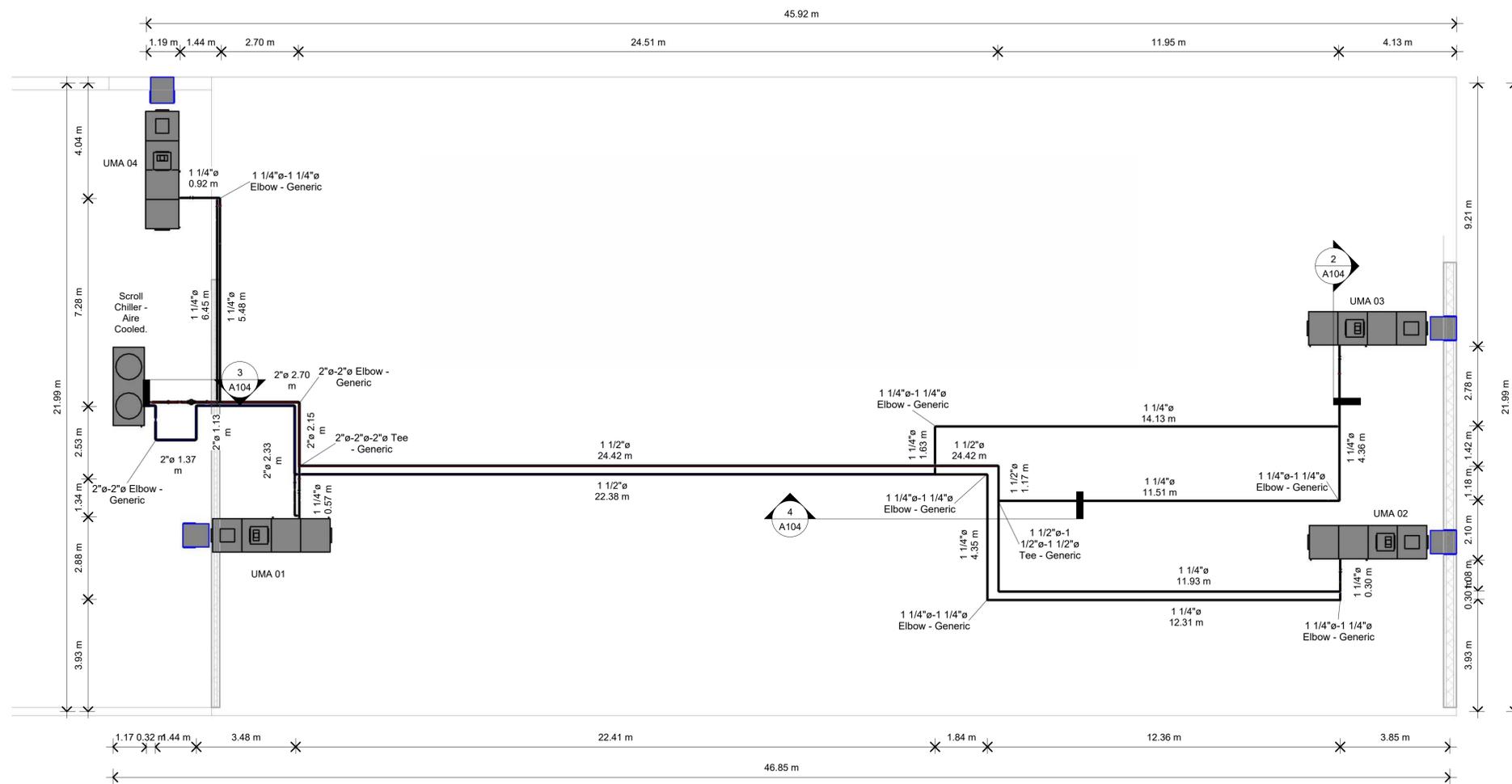
FECHA: 24/11/2024

FORMATO: A1

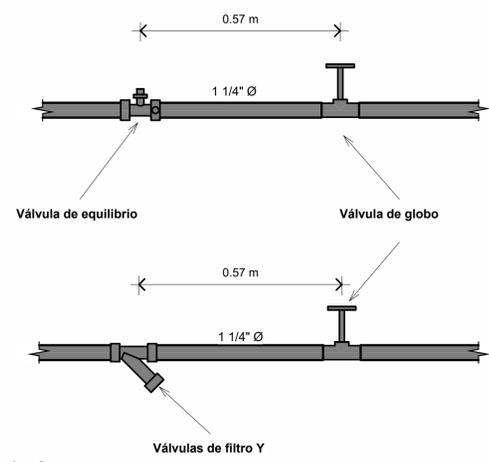
REVISADO POR: ING. PERCY M. RUEDA PUELLES

FECHA DE REVISIÓN: 24/11/2024

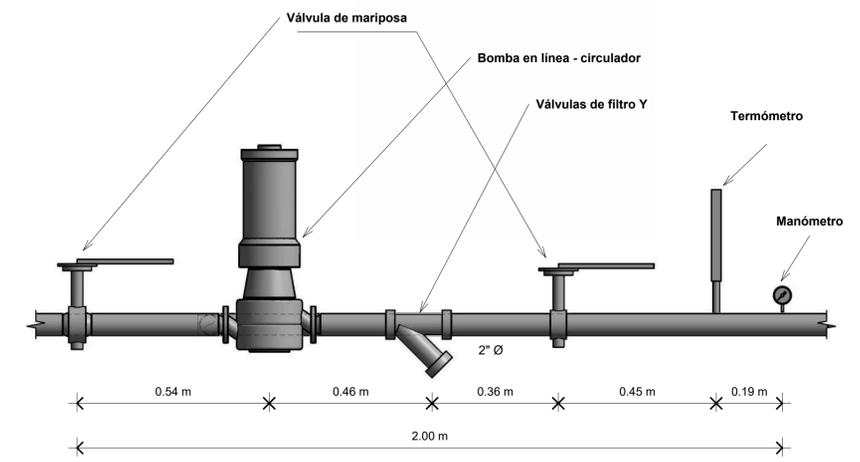
HOJA: ETO-02



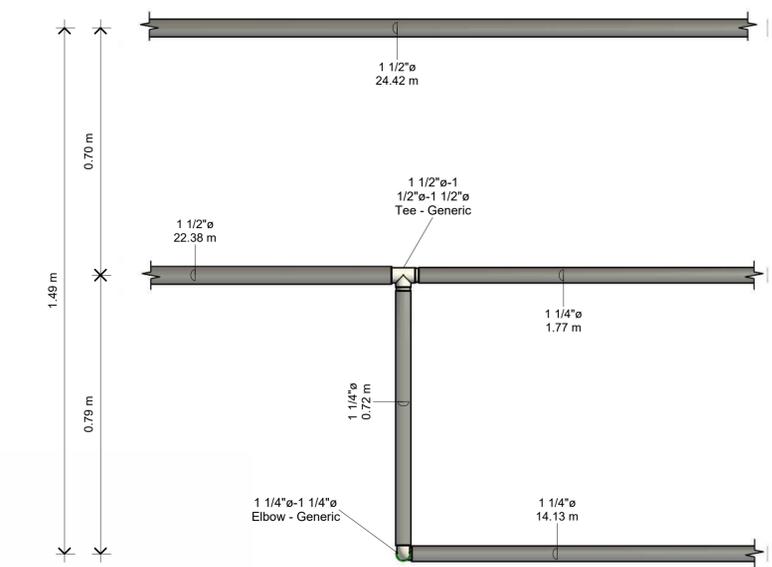
1 Nivel 3 Tuberías de agua helada
1 : 100



2 Section 3
1 : 10



3 Section 1
1 : 10



4 Section 4
1 : 10

Uniones de tuberías			
Nombre de sistema	Familia y tipo	Tamaño	Recuento

Hydronic Return 1			
Hydronic Return 1	Elbow - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/2"ø	1
Hydronic Return 1	Tee - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/2"ø-1 1/2"ø	1
Hydronic Return 1	Transition - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/4"ø	6
Hydronic Return 1	Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	12
Hydronic Return 1	Transition - Generic: Standard	2 1/2"ø-2"ø	2
Hydronic Return 1	Transition - Generic: Standard	2"ø-1 1/2"ø	3
Hydronic Return 1	Transition - Generic: Standard	2"ø-1 1/4"ø	2
Hydronic Return 1	Elbow - Generic: Standard	2"ø-2"ø	1
Hydronic Return 1	Tee - Generic: Standard	2"ø-2"ø-2"ø	2

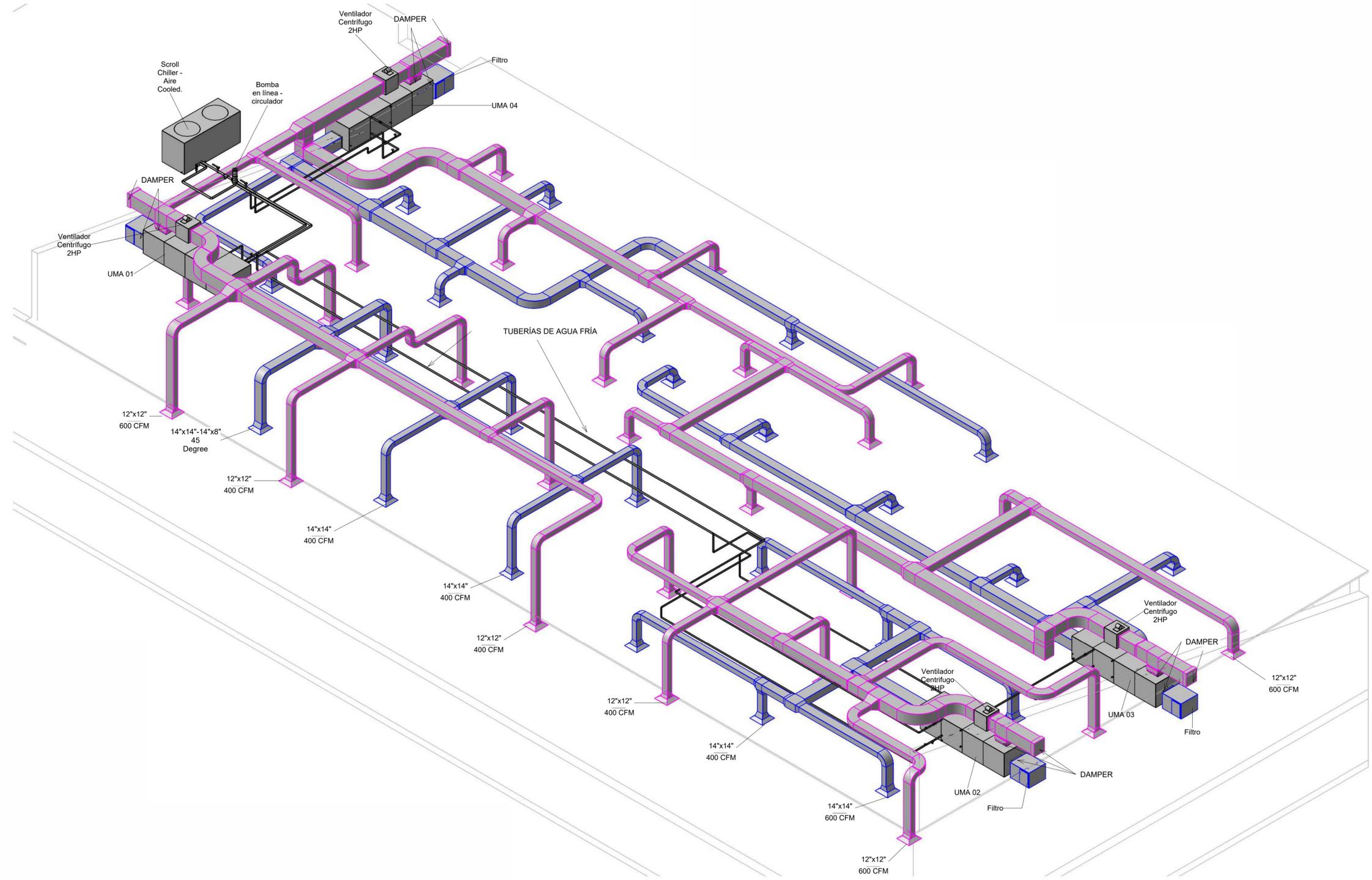
Hydronic Supply 1			
Hydronic Supply 1	Elbow - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/2"ø	1
Hydronic Supply 1	Tee - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/2"ø-1 1/2"ø	1
Hydronic Supply 1	Transition - Generic: Standard	1 1/2"ø-1 1/4"ø	6
Hydronic Supply 1	Elbow - Generic: Standard	1 1/4"ø-1 1/4"ø	16
Hydronic Supply 1	Transition - Generic: Standard	2"ø-1 1/2"ø	1
Hydronic Supply 1	Transition - Generic: Standard	2"ø-1 1/4"ø	2
Hydronic Supply 1	Elbow - Generic: Standard	2"ø-2"ø	5
Hydronic Supply 1	Tee - Generic: Standard	2"ø-2"ø-2"ø	2

Tubería Agua Helada		
Tipo	Tamaño	Longitud
Agua Helada	1 1/2"ø	48.59 m
Agua Helada	1 1/4"ø	95.85 m
Agua Helada	2"ø	16.36 m

Tabla de planificación de accesorios de...	
Familia y tipo	Recuento

Butterfly Valve - 2-12 Inch: 2 1/2"	1
Butterfly Valve - 2-12 Inch: 2"	1
Check Valve - 0.375-4 Inch - Threaded: 1 1/4"	2
Circuit Setter - 0.5-2 Inch: 1 1/4"	4
Globe Valve - 0.375-2 Inch - Threaded: 1 1/4"	6
Pressure Gauge: 2" Dial - 1/4"	1
Temperature Gauge: 3 1/2" Stem - 3/4"	1
Y Strainer - 0.25-4 Inch - Threaded: 1 1/4"	4
Y Strainer - 0.25-4 Inch - Threaded: 2"	1

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA		
	TUBERÍAS DE AGUA FRÍA	ESCALA: Como se indica
DIBUJADO POR: BACH. EMERSON TAPARA ORTIZ	FECHA: 24/11/2024	FORMATO: A1
REVISADO POR: ING. PERCY MIGUEL RUEDA PUELLES	FECHA DE REVISIÓN: 24/11/2024	HOJA: ETO-03



② VISTA ISOMÉTRICA DE LOS DUCTOS Y TUBERÍAS DE AGUA FRÍA DE CLIMATIZACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA		
	VISTA ISOMÉTRICA DE LOS DUCTOS Y TUBERÍAS DE AGUA FRÍA DE CLIMATIZACIÓN	ESCALA: 1 : 75
DIBUJADO POR: BACH. EMERSON TAPARA ORTIZ	FECHA: 24/11/2024	FORMATO: A1
REVISADO POR: ING. PERCY M. RUEDA PUELLES	FECHA DE REVISIÓN: 24/11/2024	HOJA: ETO-04

ANEXO 3 Trabajos de Mantenimiento Anual

SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN DEL MUSEO DE LA CIUDAD DE CALCA -

De: 2024

ITEM	DESCRIPCIÓN	DÍAS
1.01	Mantenimiento correctivo de equipos de climatización del Museo de Calca	11.00
1.04	Trabajos de limpieza y mantenimiento mecánico de AIR COOLED CHILLER DE 18 TR	1
1.05	Trabajos de limpieza, mantenimiento mecánico, mantenimiento eléctrico: <ul style="list-style-type: none"> BOMBA DE AGUA FRIA DE 2HP 	1
1.06	Trabajos de limpieza, mantenimiento mecánico, mantenimiento eléctrico: <ul style="list-style-type: none"> UNIDAD MANEJADORA DE AIRE HORIZONTAL DE 4.5 TR, 2800CFM 	
1.07	Trabajos de limpieza, mantenimiento mecánico de conductos del sistema de climatización: <ul style="list-style-type: none"> CONTROL DAMPER DE ROTACION DE 0 A 90 GRADOS DIFUSOR DE SUMINISTRO DE AIRE DE14"X14" DIFUROR DE RETORNO DE AIRE DE12"X12" AISLAMIENTO DE DUCTO DE GROSOR DE 1/4" 	4
1.08	Suministro e instalación de accesorios: <ul style="list-style-type: none"> FILTRO DE AIRE DE HAVAC DE AIRE DE18"X20"X1" 	1
1.09	Trabajos de limpieza, mantenimiento mecánico, mantenimiento eléctrico: <ul style="list-style-type: none"> VENTILADOR CENTRIFUGO DE GABINETE DE 2800 CFM 	
1.10	Trabajos de limpieza, mantenimiento mecánico de: <ul style="list-style-type: none"> INSTALACION DE TUBERIA DE AGUA DE 43.2 GPM AISLAMIENTO DE TUBERIA DE GROSOR DE 1/2" 	1
1.11	Trabajos de limpieza, mantenimiento mecánico de: <ul style="list-style-type: none"> COLGANTES DE DUCTOS Y TUBERIAS DEL SISTEMA DE CLIMATIZACION 	1
1.12	Trabajos de limpieza, y mantenimiento eléctrico de: <ul style="list-style-type: none"> INSTALACIONES ELECTRICAS 	1
1.13	Pruebas y puesta en marcha de equipos del Sistema de Climatización del Museo	1

ANEXO 4 Valores permitidos de densidad de potencia de iluminación utilizando el método del área del edificio

Tabla 100

Valores

permitidos de densidad de potencia de iluminación utilizando el método del área del edificio(ERP 2021)

Tipo de Edificio	LPD, W/ft2	Tipo de Edificio	LPD, W/ft2
Instalación automotriz	0.75	Multifamiliar	0.45
Centro de convenciones	0.64	Museo	0.55
Juzgado	0.79	Oficina	0.64
Comedor: Bar/salón/ocio	0.8	Estacionamiento	0.18
Comedor: Cafetería/comida rápida	0.76	Penitenciaria	0.69
Comedor: Familiar	0.71	Teatro de artes escénicas	0.84
Dormitorio	0.53	Estación de policía	0.66
Centro de ejercicios	0.72	Oficina de correos	0.65
Estación de bomberos	0.56	Instalación religiosa	0.67
Gimnasio	0.76	Comercio minorista	0.84
Clínica de salud	0.81	Escuela/universidad	0.72
Hospital	0.96	Estadio deportivo	0.76
Hotel/motel	0.56	Ayuntamiento	0.69
Biblioteca	0.83	Transporte	0.5
Instalación de fabricación	0.82	Almacén	0.45
Cine	0.44	Taller	0.91

Nota: La tabla representa los valores permitidos de densidad de potencia de iluminación utilizando el método del área del edificio, obtenido de ERP 2021.

ANEXO 5 Máximas aportaciones solares a través de cristal sencillo

Tabla 101

Máximas aportaciones solares a través de cristal sencillo Kcal / (hr · m²) (Erp 2021)

Orientación (Latitud Norte)												
Latitud Norte	Mes	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Horiz.	Mes	Latitud Sur
0°	Junio	160	423	423	113	38	113	398	423	612	Diciembre	0°
	Julio y Mayo	130	414	414	141	38	141	412	414	632	Nov. y Enero	
	Agosto y Abril	67	382	382	214	38	214	442	382	664	Oct. y Febrero	
	Sept. y Marzo	27	320	320	320	38	320	452	320	678	Sept. y Marzo	
	Oct. y Febrero	27	214	214	382	92	382	442	214	664	Agosto y Abril	
	Nov. Enero	27	141	141	414	181	414	412	141	632	Julio y Mayo	
	Diciembre	27	113	113	423	222	423	398	113	612	Junio	
	Junio	108	414	420	149	38	149	420	414	659	Diciembre	
10°	Julio y Mayo	81	401	428	179	38	179	428	401	669	Nov. y Enero	10°
	Agosto y Abril	35	352	442	254	38	254	442	352	678	Oct. y Febrero	
	Sept. y Marzo	27	279	444	344	75	344	444	279	669	Sept. y Marzo	
	Oct. y Febrero	27	179	420	404	198	404	420	179	623	Agosto y Abril	

	Nov. Enero	24	100	387	436	287	273	387	100	569	Julio y Mayo	
	Diciembre	24	75	371	442	324	442	371	75	547	Junio	
	Junio	70	417	433	198	38	198	433	417	678	Diciembre	
	Julio y Mayo	51	374	442	230	38	230	442	374	680	Nov. y Enero	
	Agosto y										Oct. y	
20°	Abril	29	320	447	306	70	306	447	320	669	Febrero	
	Sept. y Marzo	27	235	442	379	176	379	442	235	631	Sept. y Marzo	20°
	Oct. y										Agosto y	
	Febrero	24	141	398	433	301	433	398	141	564	Abril	
	Nov. Enero	21	70	347	444	382	444	347	70	488	Julio y Mayo	
	Diciembre	21	48	328	452	404	452	328	48	461	Junio	
	Junio	54	377	436	244	57	244	436	377	678	Diciembre	
	Julio y Mayo	43	355	444	271	81	271	444	355	667	Nov. y Enero	
	Agosto y										Oct. y	
	Abril	29	292	447	349	170	349	447	292	637	Febrero	
30°	Sept. y Marzo	24	244	428	412	284	412	428	244	574	Sept. y Marzo	30°
	Oct. y										Agosto y	
	Febrero	21	105	366	442	393	442	366	105	485	Abril	
	Nov. Enero	19	43	314	439	431	439	314	43	393	Julio y Mayo	
	Diciembre	16	32	284	439	442	439	284	32	355	Junio	
	Junio	46	360	439	301	146	301	439	360	642	Diciembre	
	Julio y Mayo	40	344	444	339	187	339	444	344	631	Nov. y Enero	
	Agosto y										Oct. y	
	Abril	29	276	439	395	276	396	439	276	580	Febrero	
40°	Sept. y Marzo	24	157	404	439	379	439	404	157	496	Sept. y Marzo	40°
	Oct. y										Agosto y	
	Febrero	19	94	330	442	439	442	330	94	349	Abril	
	Nov. Enero	13	32	271	423	450	423	271	32	279	Julio y Mayo	
	Diciembre	13	27	233	401	447	401	233	27	230	Junio	
	Junio	43	341	444	366	252	366	444	341	596	Diciembre	
	Julio y Mayo	38	317	442	387	287	387	442	317	572	Nov. y Enero	
	Agosto y										Oct. y	
	Abril	29	254	428	425	374	425	428	254	501	Febrero	
50°	Sept. y Marzo	21	157	374	442	428	442	374	157	401	Sept. y Marzo	50°
	Oct. y										Agosto y	
	Febrero	13	78	284	425	452	425	284	78	254	Abril	
	Nov. Enero	10	24	173	344	414	344	173	24	143	Julio y Mayo	
	Diciembre	8	19	127	314	382	314	127	19	108	Junio	
	S	SE	E	NE	N	NO	O	SO	Horiz.			

ORIENTACIÓN (LATITUD SUR)

										Punto de rocío	Latitud Sur
										Inferior a	Sur
										19.5°C	Dic. O
										+5% por 4°C	Enero
											+7%

Nota: La tabla representa las máximas aportaciones solares a través de cristal sencillo (Kcal / (hr · m²)), obtenidas de ERP 2021.

ANEXO 6 Máxima aportación solar de todas las paredes del museo.

Tabla 102

Máximas aportaciones solares para las paredes del museo Kcal / (hr · m²) (Erp 2021)

Latitud Sur

Mes	13.32									Total de aportación
Diciembre	95.4	415.0	424.3	165.3	38.0	165.3	424.3	415.0	665.3	1410.8
Nov. y Enero	71.0	392.0	432.6	195.9	38.0	195.9	432.6	392.0	672.7	1456.6
Oct. y Febrero	33.0	341.4	443.7	271.3	48.6	271.3	443.7	341.4	675.0	1558.9
Sept. y Marzo	27.0	264.4	443.3	355.6	108.5	355.6	443.3	264.4	656.4	1632.0
Agosto y Abril	26.0	166.4	412.7	413.6	232.2	413.6	412.7	166.4	603.4	1597.1
Julio y Mayo	23.0	90.0	373.7	438.7	318.5	329.8	373.7	90.0	542.1	1400.6
Junio	23.0	66.0	356.7	445.3	350.6	445.3	356.7	66.0	518.4	1475.1
Exposición	S	SE	E	NE	N	NO	O	SO	Horiz.	

Mes	Factor Diciembre	1.07									Total de aportación
Diciembre	102.1	444.0	454.0	176.8	40.7	176.8	454.0	444.0	711.9	1509.6	
Nov. y Enero	76.0	419.5	462.9	209.6	40.7	209.6	462.9	419.5	719.7	1558.5	
Oct. y Febrero	33.0	341.4	443.7	271.3	48.6	271.3	443.7	341.4	675.0	1558.9	
Sept. y Marzo	27.0	264.4	443.3	355.6	108.5	355.6	443.3	264.4	656.4	1632.0	
Agosto y Abril	26.0	166.4	412.7	413.6	232.2	413.6	412.7	166.4	603.4	1597.1	
Julio y Mayo	23.0	90.0	373.7	438.7	318.5	329.8	373.7	90.0	542.1	1400.6	
Junio	23.0	66.0	356.7	445.3	350.6	445.3	356.7	66.0	518.4	1475.1	
Exposición	S	SE	E	NE	N	NO	O	SO	Horiz.		

Nota: la aportación solar es para los meses de setiembre y marzo

Nota: La tabla representa las máximas aportaciones solares para las paredes del museo Kcal / (hr · m²), obtenidas de ERP 2021.

ANEXO 7 Diferencia Equivalente de Temperatura (°C) para Techo Soleado o en Sombra

Tabla 103

Diferencia Equivalente de Temperatura (°C) para Techo Soleado o en Sombra (Erp 2021)

CONDICIONES	PESO DEL TECHO (kg/m ²)	HORA SOLAR																								
		MAÑANA										TARDE										MAÑANA				
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	
soleado Atem	50	-2.2	-3.3	-3.9	-2.8	-1	3.9	8.3	13.3	17.8	21.1	23.9	25.6	25	22.8	19.4	15.6	12.2	8.9	5.5	3.9	1.7	0.5	-0.5	-1.7	
	100	0	-0.5	-1.1	-0.5	1.1	5	8.9	12.8	16.7	20	22.8	23.9	23.9	22.2	19.4	16.7	13.9	11.1	8.3	6.7	4.4	3.3	2.2	1.1	
	200	2.2	1.7	1.1	1.7	3.3	5.5	8.9	12.8	15.6	18.3	21.1	22.2	22.8	21.7	19.4	17.8	15.6	13.3	11.1	9.4	7.2	6.1	5	3.3	
	300	5	4.4	3.3	3.9	4.4	6.1	8.9	12.2	15	17.2	19.4	21.1	21.7	21.1	20	18.9	17.2	15.6	13.9	12.2	10	8.9	7.2	6.1	
	400	7.2	6.7	6.1	6.1	6.7	7.2	8.9	12.2	14.4	15.6	17.8	19.4	20.6	20.6	19.4	18.9	18.9	17.8	16.7	15	12.8	11.1	10	7.8	
Cubierto de agua	100	-2.8	-1.1	0	1.1	2.2	5.5	8.9	10.6	12.2	11.1	10	8.9	7.8	6.7	5.5	3.3	1.1	0.5	0.5	-0.5	-1.1	-1.7	-2.2	-2.8	
	200	-1.7	-1.1	-0.5	-1.5	0	2.8	5.5	7.2	8.3	8.3	8.9	8.3	8.3	7.8	6.7	5.5	3.9	2.8	1.7	0.5	-0.5	-1.1	-1.7	-1.7	
	300	-0.5	-1.1	-1.1	-1.1	-1	1.1	2.8	3.9	5.5	6.7	7.8	8.3	8.9	8.3	7.8	6.7	5.5	4.4	3.3	2.2	1.7	1.1	0.5	0	
Rociado	100	-2.2	-1.1	0	1.1	2.2	4.4	6.7	8.3	10	9.4	8.9	8.3	7.8	6.7	5.5	3.3	1.1	0.5	0	-0.5	-1.1	-1.1	-1.7	-1.7	
	200	-1.1	-1.1	-0.5	-1.5	0	1.1	2.8	5	4.2	7.8	7.8	7.8	7.8	7.2	6.7	5	3.9	2.8	1.7	0.5	0	0	-0.5	-0.5	
	300	-0.5	-1.1	-1.1	-1.1	-1	0	1.1	2.8	4.4	5.5	7.2	7.2	7.8	7.2	6.7	6.1	5.5	4.4	3.3	2.2	1.1	0.5	0	-0.5	
(en la sombra) Ates	100	-2.8	-2.8	-2.2	-1.1	0	1.1	3.3	5	6.7	7.2	7.8	7.2	6.7	5.5	4.4	2.8	1.1	0.5	0	-0.5	-1.7	-2.2	-2.8	-2.8	
	200	-2.8	-2.8	-2.2	-1.7	-1	0	1.1	2.8	4.4	5.5	6.7	7.2	6.7	6.1	5.5	4.4	3.3	2.2	1.1	0	-0.5	-1.7	-2.2	-2.8	
	300	-1.7	-1.7	-1.1	-1.1	-1	0.5	0	1.1	2.2	3.3	4.4	5	5.5	5.5	5.5	5	4.4	3.3	2.2	1.1	0.5	0	-0.5	-1.1	
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	
		MAÑANA										TARDE										MAÑANA				
		HORA SOLAR																								

Nota: La tabla representa las diferencia Equivalente de Temperatura (°C) para Techo Soleado o en Sombra, obtenidas de ERP 2021.

ANEXO 8 Diferencia equivalente de temperatura en Muros soleados o en Sombra (°C)

Tabla 104

Diferencia equivalente de temperatura en Muros soleados o en Sombra (MI) (°C) (Erp 2021)

ORIENTACIÓN (Latitud Norte)	Peso del muro (kg/m2)	HORA SOLAR																				ORIENTACIÓN PESO (Latitud Sur)				
		Mañana										Tarde														
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1		2	3	4	5
NE	100	2.8	8.3	12.2	12.8	13.3	10.6	7.8	7.2	6.7	7.2	7.8	7.8	7.8	6.7	5.5	4.4	3.3	2.2	1.1	0	-1.1	-1.7	-2.2	-1.1	
	300	-0.5	-1.1	-1.1	2.8	13.3	12.2	11.1	8.3	5.5	6.1	6.7	7.2	7.8	7.2	6.7	6.1	5.5	4.4	3.3	2.2	1.1	0.5	0	-0.5	
	329.52	0.10	0.69	0.61	2.71	11.66	11.21	10.78	8.30	5.84	6.19	6.52	7.04	7.64	7.13	6.70	6.10	5.50	4.49	3.46	2.45	1.42	0.91	0.41	0.01	
	500	2.2	1.7	2.2	2.2	2.2	5.5	8.9	8.3	7.8	6.7	5.5	6.1	6.7	6.7	6.7	6.1	5.5	5	4.4	3.9	3.3	3.3	2.8	2.8	
	700	2.8	2.8	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	5.5	7.8	8.9	7.8	6.7	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5	5	4.4	3.9	3.9	SE
E	100	0.5	9.4	16.7	18.3	20	19.4	17.8	11.1	6.7	7.2	7.8	7.8	7.8	6.7	5.5	4.4	3.3	2.2	1.1	0	-0.5	-1.1	-1.7	-1.7	
	300	-0.5	-0.5	0	11.7	16.7	17.2	17.2	10.6	7.8	7.2	6.7	7.2	7.8	7.2	6.7	6.1	5.5	4.4	2.8	2.2	1.7	0.5	0.5	0	
	329.52	0.01	0.01	0.49	10.62	15.39	16.30	16.62	11.09	8.61	7.78	7.19	7.45	7.80	7.29	6.86	6.26	5.68	4.65	3.20	2.61	2.10	1.00	1.00	0.49	E
	500	2.8	2.8	3.3	4.4	7.8	11.1	13.3	13.9	13.3	11.1	10	8.9	7.8	7.8	7.8	7.2	6.7	6.1	5.5	5	4.4	3.9	3.9	3.3	Atem
	700	6.1	5.5	5.5	5	4.4	5	5.5	8.3	10	10.6	10	9.4	8.9	7.8	6.7	7.2	7.8	7.8	7.8	7.2	7.2	6.7	6.7	6.7	
SE	100	5.5	3.3	7.2	10.6	14.4	15	15.6	14.4	13.3	10.6	8.9	8.3	7.8	6.7	5.5	4.4	3.3	2.2	1.1	0	-0.5	-0.5	-1.1	-1.1	
	300	0.5	0.5	0	7.2	11.1	13.3	15.6	14.4	13.9	11.7	10	8.3	7.8	7.2	6.7	6.1	5.5	4.4	3.3	2.8	2.2	1.7	1.7	1.1	
	329.52	1.00	1.00	0.49	6.62	9.95	12.24	14.61	13.66	13.32	11.54	10.00	8.46	7.80	7.20	6.70	6.10	5.50	4.56	3.62	3.12	2.61	2.10	2.10	1.51	NE
	500	3.9	3.9	3.3	3.3	3.3	6.1	8.9	9.4	10	10.6	10	9.4	7.8	7.2	6.7	6.1	5.5	5.5	5.5	5	5	4.4	4.4	3.9	
	700	5	4.4	4.4	4.4	4.4	3.9	3.3	3.1	7.8	8.3	8.9	10	8.9	8.3	7.8	7.2	6.7	6.7	6.7	6.1	6.1	5.5	5.5	5	
S	100	-0.5	-1.1	-2.2	0.5	2.2	7.8	12.2	15	16.7	15.6	14.4	11.1	8.9	6.7	5.5	3.9	3.3	1.7	1.1	0.5	0.5	0	0	-0.5	N
	300	-0.5	-1.7	-2.2	-1.7	-1.1	3.9	6.7	11.1	13.3	13.9	14.4	12.8	11.1	8.3	6.7	5.5	4.4	3.3	2.2	1.1	0.5	0.5	0	-0.5	

	329.52	0.10	1.12	1.71	-1.29	-0.78	3.58	6.04	10.11	12.33	13.07	13.59	12.39	10.94	8.30	6.86	5.59	4.56	3.55	2.52	1.59	1.00	0.91	0.49	0.01				
	500	2.2	2.2	1.1	1.1	1.1	1.7	2.2	4.4	6.7	8.3	8.9	10	10	8.3	7.8	6.1	5.5	5	4.4	4.4	3.9	3.3	3.3	2.8				
	700	3.9	3.3	3.3	2.8	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	3.9	5.5	7.2	7.8	8.3	8.9	8.9	7.8	6.7	5.5	5.5	5	5	4.4	3.9				
	100	-1.1	-2.2	-2.2	-1.1	0	2.2	3.3	10.6	14.4	18.9	22.2	22.8	23.3	16.7	13.3	6.7	3.3	2.2	1.1	0.5	0.5	0	-0.5	-0.5				
	300	1.1	0.5	0	0	0	0.5	1.1	4.4	6.7	13.3	17.8	19.4	20	19.4	18.9	11.1	5.5	3.9	3.3	2.8	2.2	2.2	1.7	1.7				
SO	329.52	1.51	0.84	0.49	0.41	0.32	0.84	1.42	4.33	6.36	12.33	16.32	18.10	18.85	18.43	18.07	11.35	6.49	4.55	3.62	3.20	2.61	2.61	2.10	2.02	NO			
	500	3.9	2.8	3.3	2.8	2.2	2.8	3.3	3.9	4.4	6.7	7.8	10.6	12.2	12.8	13.3	12.8	12.2	8.3	5.5	5.5	5	5	4.4	3.9				
	700	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	3.9	3.3	3.3	3.3	3.9	4.4	5	5.5	8.3	10	10.6	11.1	7.2	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4				
	100	-1.1	-1.7	-2.2	-1.1	0	1.7	3.3	7.8	11.1	17.8	22.2	25	26.7	18.9	12.2	7.8	4.4	2.8	1.1	0.5	0	0	-0.5	-0.5				
	300	1.1	0.5	0	0	0	1.1	2.2	3.9	5.5	10.6	14.4	18.9	22.2	22.8	20	15.6	8.9	5.5	3.3	2.8	2.2	1.7	1.7	1.1				
O	329.52	1.51	1.00	0.49	0.49	0.49	1.42	2.36	3.90	5.34	9.85	13.26	17.50	20.56	21.49	19.35	15.51	9.71	6.25	3.96	3.38	2.78	2.26	2.19	1.59	O			
	500	3.9	3.9	3.3	3.3	3.3	3.3	3.9	4.4	5.5	6.7	9.4	11.1	13.9	15.6	15	14.4	10.6	7.8	6.7	6.1	5.5	5	4.4					
	700	6.7	6.1	5.5	5	4.4	4.4	5	5.5	5.5	5.5	6.1	6.7	7.8	8.9	11.7	12.2	12.8	12.2	11.1	10	8.9	8.3	7.2					
	100	-1.7	-2.2	-2.2	-1.1	0	1.7	3.3	5.5	6.7	10.6	13.3	18.3	22.2	20.6	18.9	10	3.3	2.2	1.1	0	-0.5	-0.5	-1.1	-1.1				
	300	-1.1	-1.7	-2.2	-1.7	-1.1	0	1.1	3.3	4.4	5.5	6.7	11.7	16.7	17.2	17.8	11.7	6.7	4.4	3.3	2.2	1.7	0.5	0	-0.5	SO			
	500	2.8	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.8	3.3	5	6.7	9.4	11.1	11.7	12.2	7.8	4.4	3.9	3.9	3.3	3.3	2.8					
	700	4.4	3.9	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.9	4.4	5	5.5	7.8	10	10.6	11.1	8.9	7.2	6.1	5.5	5					
	100	-1.7	-1.7	-2.2	-1.7	-1.1	0.5	2.2	4.4	5.5	6.7	7.8	7.2	6.7	5.5	4.4	3.3	2.2	1.1	0	0	-0.5	-0.5	-1.1	-1.1				
	300	-1.7	-1.7	-2.2	-1.7	-1.1	-0.5	0	1.7	3.3	4.4	5.5	6.1	6.7	6.7	6.7	5.5	4.4	3.3	2.2	1.1	0.5	0	-0.5	-1.1				
N (sombra)	329.52	1.38	1.38	1.88	-1.45	-0.94	-0.43	0.00	1.52	2.98	4.00	5.01	5.61	6.12	6.12	6.36	5.26	4.24	3.23	2.20	1.19	0.68	0.16	0.26	0.86	S (sombra)	ΔTes		
	500	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0.5	1.1	1.7	2.2	2.8	2.8	2.8	4.4	3.9	3.3	2.8	2.2	1.7	1.7	1.1	1.1	0.5				
	700	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0.5	1.1	1.7	2.2	2.8	3.3	3.9	4.4	3.9	3.3	2.2	1.7	1.1	1.1	0.5					
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5				
		Mañana					Tarde					Mañana																	

Nota: La tabla representa la diferencia equivalente de temperatura en Muros soleados o en Sombra (M1) (°C), obtenidas de ERP 2021.

ANEXO 9 Diferencia equivalente de temperatura en Muros soleados o en Sombra (M2) (°C)

Tabla 105

Diferencia equivalente de temperatura en Muros soleados o en Sombra (M2) (°C) (Erp 2021)

ORIENTACIÓN (Latitud Norte)	Peso del muro (kg/m2)	HORA SOLAR																									ORIENTACIÓN PESO (Latitud Sur)	ΔTem
		Mañana										Tarde										Mañana						
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5			
SE	100	5.5	3.3	7.2	10.6	14.4	15	15.6	14.4	13.3	10.6	8.9	8.3	7.8	6.7	5.5	4.4	3.3	2.2	1.1	0	-0.5	-0.5	-1.1	-1.1	NE	Δtem	
	300	0.5	0.5	0	7.2	11.1	13.3	15.6	14.4	13.9	11.7	10	8.3	7.8	7.2	6.7	6.1	5.5	4.4	3.3	2.8	2.2	1.7	1.7	1.1			
	324.02	0.91	0.91	0.40	6.73	10.16	12.44	14.80	13.80	13.43	11.57	10.00	8.43	7.80	7.20	6.70	6.10	5.50	4.53	3.56	3.06	2.54	2.02	2.02	1.44			
	500	3.9	3.9	3.3	3.3	3.3	6.1	8.9	9.4	10	10.6	10	9.4	7.8	7.2	6.7	6.1	5.5	5.5	5.5	5	5	4.4	4.4	3.9			
	700	5	4.4	4.4	4.4	4.4	3.9	3.3	3.1	7.8	8.3	8.9	10	8.9	8.3	7.8	7.2	6.7	6.7	6.7	6.1	6.1	5.5	5.5	5			
N (sombra)	100	-1.7	-1.7	-2.2	-1.7	-1.1	0.5	2.2	4.4	5.5	6.7	7.8	7.2	6.7	5.5	4.4	3.3	2.2	1.1	0	0	-0.5	-0.5	-1.1	-1.1	S (sombra)	ΔTes	
	300	-1.7	-1.7	-2.2	-1.7	-1.1	-0.5	0	1.7	3.3	4.4	5.5	6.1	6.7	6.7	6.7	5.5	4.4	3.3	2.2	1.1	0.5	0	-0.5	-1.1			
	324.02	1.44	1.44	1.94	1.50	-0.97	-0.44	0.00	1.56	3.04	4.08	5.10	5.70	6.23	6.23	6.42	5.31	4.27	3.24	2.20	1.17	0.64	0.13	0.31	0.91			
	500	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0.5	1.1	1.7	2.2	2.8	2.8	2.8	4.4	3.9	3.3	2.8	2.2	1.7	1.7	1.1	1.1	0.5			
	700	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1.1	1.7	2.2	2.8	3.3	3.9	4.4	3.9	3.3	2.2	1.7	1.1	1.1	0.5			
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5			
		Mañana										Tarde										Mañana						

Nota: La tabla representa la diferencia equivalente de temperatura en Muros soleados o en Sombra (M2) (°C), obtenidas de ERP 2021.

ANEXO 10 Correcciones de las diferencias equivalentes de temperatura (°C)

Tabla 106*Correcciones de las diferencias equivalentes de temperatura (°C) (Erp 2021)*

Temperatura exterior para el mes considerado menos temperatura interior	VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA EXTERIOR EN 24 h																	
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
-16	-21.2	-21.7	-22.3	-22.8	-23.3	-23.8	-24.2	-24.7	-25.1	-25.6	-26	-26.5	-27	-27.4	-27.9	-28.8	-29.3	-29.8
-12	-17.2	-17.7	-18.3	-18.8	-19.3	-19.8	-20.2	-20.7	-21.1	-21.6	-22	-22.5	-23	-23.4	-23.9	-24.8	-25.3	-25.8
-8	-13.2	-13.7	-14.3	-14.8	-15.3	-15.8	-16.2	-16.7	-17.1	-17.6	-18	-18.5	-19	-19.4	-19.9	-20.8	-21.3	-21.8
-4	-9.2	-9.7	-10.3	-10.8	-11.3	-11.8	-12.2	-12.7	-13.1	-13.6	-14	-14.5	-15	-15.4	-15.9	-16.8	-17.3	-17.8
0	-5	-5.5	-6.1	-6.6	-7.1	-7.6	-8	-8.5	-8.9	-9.4	-9.8	-10.3	-10.8	-11.2	-11.7	-12.6	-13.1	-13.6
2	-3.1	-3.6	-4.2	-4.7	-5.2	-5.6	-6.1	-6.6	-7	-7.5	-7.9	-8.4	-8.9	-9.3	-9.8	-10.6	-11.1	-11.7
4	-1.1	-1.6	-2.2	-2.7	-3.2	-3.6	-4.1	-4.6	-5	-5.5	-5.9	-6.4	-6.9	-7.3	-7.8	-8.6	-9.1	-9.7
4.31	-0.81	-1.31	-1.91	-2.41	<u>-2.91</u>	-3.31	-3.81	-4.31	-4.71	-5.21	-5.61	-6.11	-6.61	-7.01	-7.51	-8.31	-8.81	-9.41
6	0.8	0.3	-0.3	-0.8	-1.3	-1.7	-2.2	-2.7	-3.1	-3.6	-4	-4.5	-5	-5.4	-5.9	-6.7	-7.2	-7.8
8	2.8	2.3	1.7	1.2	0.7	0.3	0	-0.7	-1.1	-1.6	-2	-2.5	-3	-3.4	-3.9	-4.7	-5.2	-5.8
10	4.7	4.2	3.6	3.1	2.6	2.2	1.7	1.2	0.8	0.3	-0.1	-0.6	-1.1	-1.5	-2	-2.8	-3.3	-3.9
12	6.8	6.3	5.7	5.2	4.7	4.3	3.8	3.3	2.9	2.4	1.8	1.3	0.8	0.4	-0.1	-0.7	-1.2	-1.8
14	8.8	8.3	7.7	7.2	6.7	6.3	5.8	5.3	4.9	4.4	3.8	3.3	2.8	2.4	1.9	1.3	0.8	0.2
16	10.8	10.3	9.7	9.2	8.7	8.3	7.8	7.3	6.9	6.4	5.8	5.3	4.8	4.4	3.9	3.3	2.8	2.2
18	12.8	12.3	11.7	11.2	10.7	10.3	9.8	9.3	8.9	8.4	7.8	7.3	6.8	6.4	5.9	5.3	4.8	4.2
20	14.8	14.3	13.7	13.2	12.7	12.3	11.8	11.3	10.9	10.4	9.8	9.3	8.8	8.4	7.9	7.3	6.8	6.2
22	16.9	16.4	15.8	15.3	14.8	14.4	13.9	13.4	13	12.5	11.9	11.4	10.9	10.5	10	9.4	8.9	8.3

Nota: La tabla representa las correcciones de las diferencias equivalentes de temperatura (°C), obtenida de ERP 2021.

ANEXO 11 Tasas representativas a las que desprenden calor y humedad de los seres humanos en diferentes estados de actividad.

Tabla 107

Tasas representativas a las que desprenden calor y humedad los seres humanos en diferentes estados de actividad (ERP 2021)

Grado de actividad	Tipo de aplicación	Metabolismo hombre adulto (kcal/h)	Metabolismo Medio* (kcal/h)	Temperatura de ambiente 21°C	
				(kcal/h)	
				Sensibles	Latentes
Sentados, en reposo	Teatro, escuela primaria	98	88	65	23
Sentados, trabajo muy ligero	Escuela secundaria	113	100	68	32
Empleado de oficina	Oficina, hotel, apartamento, escuela superior	120	113	71	42
De pie, marcha lenta	Almacenes, tienda	139			
Sentado, de pie	Farmacia	139			
De pie, marcha lenta	Banco	139	126	73	53
Sentado	Restaurante	126	139	81	
Trabajo ligero en el banco	Fábrica, trabajo ligero	202	189	92	58
Baile o danza	Sala de baile	227	214	101	97
Marcha, 5 km/h	Fábrica	252	252	116	113
Trabajo penoso	Pista de bowling y Fábrica	378	365	152	136

Nota: La tabla representa las tasas representativas a las que desprenden calor y humedad los seres humanos en diferentes estados de actividad, obtenida de ERP 2021.

ANEXO 12 Tasas mínimas de ventilación

Tabla 108

Tasas mínimas de ventilación (ERP 2021)

Tipo de ocupación	Rp (l/s*persona)	Ra (l/s*m ²)	Rd (#/100 m ²)	Rt (l/s*persona)
Auditorios	2.5	0.3	150	2.7

Centro de culto religioso	2.5	0.3	120	2.8
Juzgados	2.5	0.3	70	2.9
Cámaras legislativas	2.5	0.3	50	3.1
Bibliotecas	2.5	0.6	10	8.5
Vestíbulos	2.5	0.3	150	2.7
Museos (niños)	3.8	0.6	40	5.3
Museos/galerías	3.8	0.3	40	4.6

Nota: La tabla representa las tasas mínimas de ventilación, obtenidas de ERP 2021.

ANEXO 13 Velocidades recomendadas

Tabla 109

Velocidades recomendadas para ductos (FPM) (ERP 2021)

Designación	Colegios, Teatros,		
	Residencias	Edificaciones Públicas	Edificaciones Industriales
Tomas de aire exterior	500	500	500
Filtros	250	300	350
Serpentines de calefacción	450	500	600
Serpentines de enfriamiento	450	500	600
Lavadores de aire	500	500	500
Salidas de ventiladores	1000-1600	1300-2000	1600-2400
Ductos Principales	700-900	1000-1300	1200-1800
Ductos secundarios	600	600-900	800-1000
Montantes	500	600-700	800

Nota: La tabla representa las velocidades recomendadas para ductos (FPM), obtenidas de ERP 2021.

ANEXO 14 Densidad de potencia de iluminación

Tabla 110

Valores permitidos de densidad de potencia de iluminación utilizando el método del área del edificio (ASHRAE 2021)

Tipo de Edificio	LPD, W/ft2	Tipo de Edificio	LPD, W/ft2
Instalación automotriz	0.75	Multifamiliar	0.45
Centro de convenciones	0.64	Museo	0.55
Juzgado	0.79	Oficina	0.64
Comedor: Bar/salón/ocio	0.8	Estacionamiento	0.18
Comedor: Cafetería/comida rápida	0.76	Penitenciaría	0.69
Comedor: Familiar	0.71	Teatro de artes escénicas	0.84
Dormitorio	0.53	Estación de policía	0.66
Centro de ejercicios	0.72	Oficina de correos	0.65
Estación de bomberos	0.56	Instalación religiosa	0.67
Gimnasio	0.76	Comercio minorista	0.84
Clínica de salud	0.81	Escuela/universidad	0.72
Hospital	0.96	Estadio deportivo	0.76
Hotel/motel	0.56	Ayuntamiento	0.69
Biblioteca	0.83	Transporte	0.5
Instalación de fabricación	0.82	Almacén	0.45
Cine	0.44	Taller	0.91

Nota: La tabla representa los valores permitidos de densidad de potencia de iluminación utilizando el método del área del edificio, obtenidos de ERP 2021.

ANEXO 15 Porcentaje de ganancia de acuerdo tipo montaje

Tabla 111

Porcentaje de ganancia de calor de acuerdo con el tipo montaje (Howell et al. 2021:186)

Tipo de montaje	% de ganancia del ambiente del museo
Al ras de techo	50%
Suspendido del techo	100%

Nota: La tabla representa el porcentaje de ganancia de calor de acuerdo con el tipo de montaje, obtenidos de Howell (2021).

ANEXO 16 Coeficiente térmico del aire de aire quieto

Tabla 112*Coefficiente térmico del aire de aire quieto (Asahuanche 2021)*

Aire Quieto	Dirección del Flujo de Calor	Coef.. Pelicular "h"	Coef.. Pelicular "h"
		$\left(\frac{\text{BTU}}{\text{H.Ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}} \right)$	$\left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \right)$
Horizontal	Hacia Arriba	1.63	9.2556
Pendiente 45°	Hacia Arriba	1.60	9.0852
Vertical	Horizontal	1.46	8.2903
Pendiente 45°	Hacia Abajo	1.32	7.4953
Horizontal	Hacia Abajo	1.08	6.1325

Nota: La tabla representa el coeficiente térmico del aire en aire quieto, obtenido de Asahuanche 2021.

ANEXO 17 Velocidad de aire recomendadas para ductos de aire acondicionado.

Tabla 113*Velocidades de aire en diseño de ductos (Azahuanche 2021b)*

Designación	Velocidades Recomendadas (FPM)
	Colegios, Teatros, Edificaciones Publicas
Tomas de aire exterior.	500
Filtros	300
Serpentines de calefacción	500
Serpentines de enfriamiento	500
Lavadores de aire	500
Salidas de ventiladores	1300 - 2000
Ductos Principales	1000 - 1300
Ductos secundarios	600 - 900
Montantes	600 - 700
Velocidades Máximas (FPM)	
Tomas de aire exterior.	900
Filtros	350
Serpentines de calefacción	600
Serpentines de enfriamiento	500
Lavadores de aire	500
Salidas de ventiladores	1500 - 2200
Ductos Principales	1100 - 1600
Ductos secundarios	800 - 1300
Montantes	800 - 1200

Nota: La tabla representa las velocidades de aire en diseño de ductos, obtenido de Asahuanche 2021.

ANEXO 18 Evidencias de la toma de datos en Museo de Calca

Figura 98

Evidencias de la recolección de Temperatura de Museo de Calca

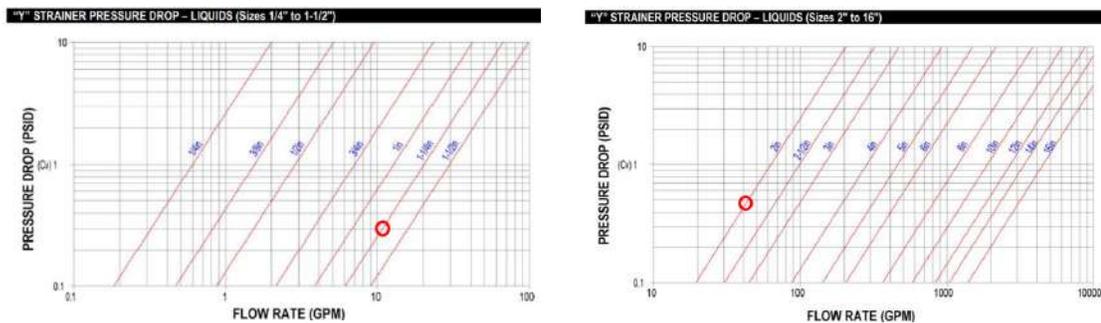


Nota: Las figuras representan la lectura de temperatura ambiente del muro y piso interior, la lectura de temperatura de la superficie del techo, y la lectura de temperatura en el ambiente del museo, elaboración propia.

ANEXO 19 Perdidas de tuberías de Sistema Climatización del Museo de Calca

Figura 99

Datos de caída de presión coladores en "Y" (Colton 2024)



Nota: La figura representa los datos de caída de presión en coladores en "Y", adaptado de Colton (2024).

Figura 100

Pérdidas por fricción en accesorios de tubería (Colton 2024)

Friction Loss Tables

Fitting	Friction Losses in Pipe Fittings												
	Resistance Coefficient K (use in formula $h_f = Kv^2/2g$)												
	LD	Nominal Pipe Size											
	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"-3"	4"	6"	8-10"	12-16"	18-24"	
	K Value												
Angle Valve	55	1.48	1.38	1.27	1.21	1.16	1.05	0.99	0.94	0.83	0.77	0.72	0.66
Angle Valve	150	4.05	3.75	3.45	3.30	3.15	2.85	2.70	2.55	2.25	2.10	1.95	1.80
Ball Valve	3	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04
Butterfly Valve							0.86	0.81	0.77	0.68	0.63	0.35	0.30
Gate Valve	8	0.22	0.20	0.18	0.18	0.15	0.15	0.14	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10
Globe Valve	340	9.2	8.5	7.8	7.5	7.1	6.5	6.1	5.8	5.1	4.8	4.4	4.1
Plug Valve Branch Flow	90	2.43	2.25	2.07	1.98	1.89	1.71	1.62	1.53	1.35	1.26	1.17	1.08
Plug Valve Straightaway	18	0.48	0.45	0.41	0.40	0.38	0.34	0.32	0.31	0.27	0.25	0.23	0.22
Plug Valve 3-Way Thru-Flow	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36

Nota: La figura representa las pérdidas por fricción en accesorios de tubería, adaptado de Colton (2024).

Pérdida para Válvula de globo de 1-1/4"

$$h_{fg} = \frac{Kv^2}{2g} \text{ (ft-wc) (Pérdida para Válvula de globo de 1-1/4"), } K = 7.5 \text{ (Valor de } K)$$

$$V = 2.33 \text{ FPS (Velocidad en la tubería), } g = 32.174 \frac{\text{ft}}{\text{s}^2} \text{ (Gravedad)}$$

$$\text{Reemplazando: } h_{fg} = \frac{7.5 \times 2.33^2}{2 \times 32.174} = 0.6327 \text{ ft-wc} = 0.274 \text{ psi}$$

Pérdida de Válvula de mariposa de 2"

$$h_{fm} = \frac{KV^2}{2g} \text{ (ft-wc) (Pérdida de válvula de mariposa de 2"), } K = 0.86 \text{ (Valor de } K)$$

$$V = 4.15 \text{ FPS (Velocidad en la tubería), } g = 32.174 \frac{\text{ft}}{\text{s}^2} \text{ (Gravedad)}$$

$$h_{fm} = \frac{0.86 \times 4.15^2}{2 \times 32.174} = 0.23 \text{ ft-wc} = 0.0997 \text{ psi}$$

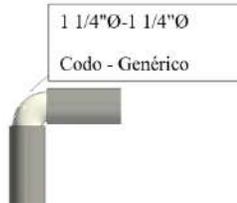
Pérdida de carga de uniones de tuberías de agua helada

Se realizará con uso de la tabla de Carrier de: longitud equivalente pies de tubo para conexiones y válvulas:

Ejemplo:

Figura 101

Pérdida de Carga de Codo Genérico de 1 1/4"Ø-1 1/4"Ø



Nota: La figura representa la pérdida de carga de codo genérico de 1 1/4"Ø a 1 1/4"Ø, adaptado de Revit (2024).

Uso de la tabla de Carrier:

Figura 102

Longitud equivalente pies de tubo para conexiones y válvulas (Carrier 1980)

TABLA 8.1. LONGITUD EQUIVALENTE, PIES DE TUBO, PARA CONEXIONES Y VÁLVULAS

	Tamaño Nominal de Tubo (pulgadas)												
	½	¾	1	1¼	1½	2	2½	3	4	5	6	8	10
Codo de 45°	0.8	0.9	1.3	1.7	2.2	2.8	3.3	4.0	5.5	6.6	8.0	11.0	13.2
Codo normal de 90°	1.6	2.0	2.6	3.3	4.3	5.5	6.5	8.0	11.0	13.0	16.0	22.0	26.0
Codo de 90° radio largo	1.0	1.4	1.7	2.3	2.7	3.5	4.2	5.2	7.0	8.4	10.4	14.0	16.8
Válvula conopuerta abierta	0.7	0.9	1.0	1.5	1.8	2.3	2.8	3.2	4.5	5.0	7.0	9.0	12.0
Válvula de globo abierta	17	22	27	36	43	55	67	82	11.0	13.4	18.4	22.0	28.8
Válvula de ángulo	7	9	12	15	18	24							
Tc — flujo recto	3	4	5	7	9	12	14	17	22	28	34	44	56
Válvula de retención horizontal	6	8	10	14	18	20	25	30	40	50	60	80	100
Tc de flujo recto	1.8	2.0	2.6	3.3	4.3	5.5	6.5	8.0	11.0	13.0	16.0	22.0	26.0
Válvula de ángulo para radiador	5	5	5	5									
Tc divergente	20	14	11	12	14	14	14						
Válvula de retención de flujo	27	42	60	63	83	104	125	126					
Purgador de aire	2	3	4	5	7	8	13	15					
De caldera (típica)	5	7	9	11	11								

Nota: La figura representa la longitud equivalente en pies de tubo para conexiones y válvulas, adaptado de Carrier (1980).

Codo normal de 90° (tipo de codo), Le = 3.3 ft (longitud equivalente), Flujo de agua helada: 10.8 GPM (caudal), Diámetro de tubo: 1 1/4" Ø (tamaño del conducto)

Figura 103

Perdidas por fricción para agua en tubos (Carrier 1980)

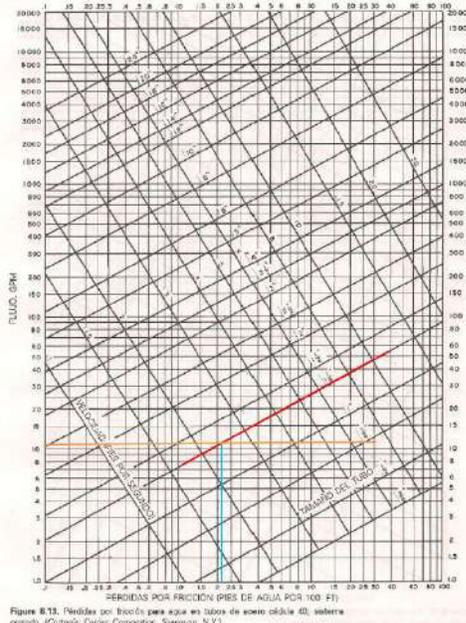


Figure 8.13. Pérdidas por fricción para agua en tubos de acero (diámetro 60), sistema de tuberías (Cortado: Carrier Corporation, Syracuse, N.Y.)

Nota: La figura representa las pérdidas por fricción para agua en tubos, adaptado de Carrier (1980).

$$f_{tub} = 0.0726 \text{ ft} - wc / 100 \text{ ft} \text{ (Pérdida en el tubo)}$$

$$f_c = L_e \times f_t \text{ (ft} - wc) \text{ (Pérdida en codo)}$$

$$f_c = 3.3 \times \frac{2.2}{100} = 0.0726 \text{ ft} - wc = 0.0314 \text{ psi}$$

Nota: Todos los cálculos de pérdidas de uniones de tuberías se realizan por este método.

ANEXO 20 Precios de los bienes del Sistema Climatización del Museo de Calca

Descripción	Características	Fecha
Válvula de compuerta/globo de 1 ¼ pulgadas (DI 2024).		16/11/2024
Válvula de filtro Y de 1 ¼ pulgadas (Derpipe 2024).		16/11/2024

Válvula de filtro Y de 2 pulgadas (Derpipe 2024).



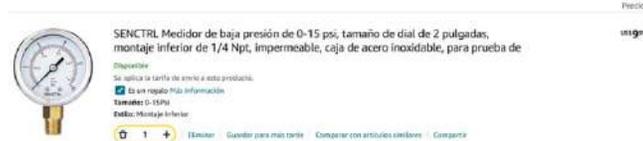
16/11/2024

Termómetro HVAC (Brannan 2024).



16/11/2024

Medidor de presión de 0-15 psi (Senctrl, 2024).



16/11/2024

Válvula de mariposa de 2'' (JMCOLMT 2024).



16/11/2024

Filtro de Hvac (Aerostar, 2024).



17/11/2024

Ventilador centrífugo de gabinete (SHUANGYI 2024).

Jinan Shuangyi Environment Engineering Co., Ltd					
Quotation sheet					
Quote Date: 2024.11.19			NO. SY20241119001		
FROM: Rita Jinan Shuangyi Environment Engineering Co., Ltd Tel / Wechat / Whatsapp: +86 1509332329 Email: rita@shuangyifp.com			TO: NICOLAS VOLUNTAD Company Email: emensentaparosrt@gmail.com		
Item	Product	size	Unit FOB(Qingdao) Price(USD)	Quantity	Total FOB(Qingdao) Price (USD)
1	Cabinet Fan	GLF-12 IV	\$646.40	4	\$2,585.60
2	Freight				\$196.20
CIF(CALLAO) Price			\$2,781.80		

19/11/2024

Unidad manejadora de aire (Holtop 2024).

Tel: Cancor Museum Project (Mr. Nicolas)														
NO.	Unit Model	Supply Airflow (CMH)	Fresh Airflow (CMH)	Return Airflow (CMH)	SA Fan E.S.P (Pa)	Chilled Water Cool Capacity (KW)	Electric Heater (KW)	Electric Humidifier (KG/H)	Filter	Fan Type (V/PH/HZ)	Qty SET	Unit Price USD	Sub-Total USD	
1	HX-030219-0310	5000	500	4000	300	20.62	14	36	G4	Single-speed ball screw fan (220V/50)	4	4800	19200	
CIF cost from Tianjin port, China to Callao port, Peru, 1*30 Container											1	5199	5199	
											Total Amount	4	/	US\$25,479

31/12/2024

Air Cooled Chiller (Naser 2024).

QUOTATION			
To:		Attn:	NICOLAS VOLUNTAD
From:	Mandy Whatsapp/wechat: +86 13870262352	Date:	Nov.16th.2024
Seq	Specification	Quantity	Unit price (USD/SET)
	"Naser" Industrial air cooled water chiller with CE Model: SWS-20AC, specification as below	1	US\$6,900.00
	Water pump 2HP, motor 1.5KW, flow 21.6M3/H, 15M, Voltage: 220V/3Phase/60Hz	1	US\$450.00
			US\$7,350.00

16/11/2024

Control Damper (Aveco 2024).

Shenyang Aosite International Trade Co., Ltd					
To:	NICOLAS VOLUNTAD				
From:	Shenyang Aosite International Trade Co., Ltd				
Product List					
No	Type	Parameter	price	UNIT/quantity	TOTAL/USD
1	Motorized air damper(24v, automatic)	10"X16"		1	55.0

19/11/2024

Válvula de equilibrio de ajuste de circuito (VALFLUIDS 2024).



VALFLUIDS V15B0001 Válvula de equilibrio de ajuste de circuito, latón LF, para uso en todos los sistemas de agua potable. (conector de rosca hembra)

US\$62.99

¡Solo quedan 12 en stock! ¡Buy más unidades en camino!

Envía gratis a Perú.

Es un regalo más información

¡Envíalo!

19/11/2024

Rejilla de aire de retorno de 14 x 14 pulgadas (Handua 2024).



Rejilla de aire de retorno de caja de huevo de aluminio de 14 x 14 pulgadas (Bajo ruido y alto flujo de aire, pantalla de cubierta de ventilación a prueba de oído para...

US\$46.99

¡Solo quedan 10 en stock! ¡Buy más unidades en camino!

Envía gratis a Perú.

Es un regalo más información

¡Envíalo!

19/11/2024

Rejilla de aire de retorno 12x12 in (Nature Du, 2024).



Rejilla de aire de retorno de 12 x 12 pulgadas (tamaño de apertura del conducto, cubierta de ventilación de retorno, cubierta de ventilación plana, Rejillas de aire ac...

US\$29

¡Solo quedan 10 en stock! ¡Buy más unidades en camino!

Envía gratis a Perú.

Es un regalo más información

¡Envíalo!

20/11/2024

Codo - Genérico: Estándar de 1-1/2 "(Supply Giant 2014).



Supply Giant CTF334H Codo de codo de 90 grados roscado de hierro fundido de 1-1/2" para tuberías industriales o proyectos de bricolaje con acabado negro

US\$12.59

¡Solo quedan 10 en stock! ¡Buy más unidades en camino!

Envía gratis a Perú.

Es un regalo más información

¡Envíalo!

20/11/2024

Tee - Genérico: Estándar 1 1/2" (LDR 2024).



Tapa LDR S 10 CA-12 color negro, S10 T-112

US\$9.98

¡Solo quedan 10 en stock! ¡Buy más unidades en camino!

Envía gratis a Perú.

Es un regalo más información

¡Envíalo!

20/11/2024

Codo - Genérico: Estándar 1 1/4" (BFO 2024a).

ITEM	PRICE	QUANTITY	TOTAL
BFO Select 1-1/4 in. NPT Threaded 90 Degree Elbow - 150F Black Malleable Iron Pipe Fitting - UL/FM SKU: B15035E1612C	\$4.66	1	\$4.66

20/11/2024

Codo - Genérico: Estándar 2 "(BFO 2024b).

BFO Select 2 in. NPT Threaded 90 Degree Elbow - 150F Black Malleable Iron Pipe Fitting - UL/FM SKU: B15035E1020C	\$10.51	1	\$10.51
--	---------	---	---------

20/11/2024

Tee - Genérico: Estándar 2" (BFO 2024c).

BFO Select 2 in. NPT Threaded Tee - 150F Malleable Iron Black Pipe Fitting - UL/FM SKU: B15037T1020C	\$15.12	1	\$15.12
--	---------	---	---------

20/11/2024

Cable de cobre de calibre 14 AWG (Celsa 2024).

Cable THW-90 450/750 V 14 AWG Celsa Rojo 100m

CEL54 | SKU: 141133

¡Envía gratis!

Preço unitário: s/ 130 **-17%**

20/11/2024

Cable de cobre de calibre 14 AWG (BFO 2024c).



20/11/2024

Termomagnético 3X15A (Sica 2024).



12/12/2024

Termomagnético 3X100A (SCHNEIDER 2024b).

Precio: S/ 548.42

INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 3X100A, 20KA/220V, ACTI 9, IC120N, CURVA C
Código: A9NR8367



12/12/2024

Interruptor diferencial 3X15A (SCHNEIDER 2024a).



12/12/2024

Interruptor diferencial 3X125A (Schneider 2024).



12/12/2024

Caja protección de 700x500x250 mm (Autosolar 2024).



20/11/2024

Botón de encendido/apagado de 220v/380v (Mxuteuk 2024).



Interruptor De Botón De Encendido/apagado De 220v/380v...
S/ 178

20/11/2024

Corrugado Flexible 3/4"



20/11/2024

Tuberías de Carbon Steel-SCH40 (JMH 2024b).

ITEM	PRODUCTION	Size (mm)	Quantity (m)	Total Weight (kg)	CFI Cause (USD/kg)	Total Amount (USD)
1	Carbon Steel Tube	1 1/4" SCH40	250	830	80.75	\$67.3
2	Carbon Steel Tube	1 1/2" SCH40	200	1,220	80.75	\$97.5
3	Carbon Steel Tube	2" SCH40	100	550	80.75	\$44.25
IN TOTAL:			550	2,620		\$1,965

20/11/2024

Aislamiento de tubería y ductos para sistema de climatización (CFinsulation 2024).

S/N	ITEM	PRODUCT SIZE	UNIT	QTY	UNIT PRICE (USD)	AMOUNT (USD)
1	NBR DUCT INSULATION	1/4" * 1.2 m * 30 m	30M	1,300	US\$1.16	US\$1,508.00
2	NBR PIPE INSULATION	5/8" * 1/2" * 2 ft	M	520	US\$1.00	US\$520.00
3	NBR PIPE INSULATION	1-1/2" * 1/2" * 2 ft	M	390	US\$1.05	US\$409.50
4	NBR PIPE INSULATION	2" * 1/2" * 2 ft	M	340	US\$0.35	US\$119.00
5	SEA FREIGHT FROM PORT OF MANHUA CHINA TO PORT OF LUALABA OF CONGO GP					US\$2,000.00
TOTAL:						US\$4,556.50

Terms and conditions:

- Quality is same as our standard level.
- The client assembly is around 1-2000 container.
- It's bring with our high product.
- Payment: 10% down deposit before production, balance down before shipment.
- Lead time: 2 weeks after payment down.
- Packing: plastic bags.
- Valid to Dec.31, 2025.



21/11/2024

Tubería y ductos para sistema de climatización (Txtco 2024b).

Duct planning table

Duct size (Inches x inches)	Total Length (Metres)	Unit price (\$)	Value (USD)
			3762.25

Family and type	Duct joints	Total size	Quantity	Unit price (USD)	Value (USD)
					2736.44
					3000.00

Shipping Cost to port Casco/Peru by Sea

27/11/2024

Ganchos para tubería de agua fría (HIGHCRAFT 2024).

HIGHCRAFT HINGB-02-5 - Colgador de tubo de anillo dividido con bisagras de decoración industrial de 2 pulgadas, hierro maleable, con varilla rosada de 3/8 pulg...

Entrega GRATIS entre el 30 de nov - 4 de dic disponible al prorrateo al pago.
Evoluciones GRATIS

Es un regalo. Más información

Tamaño: 2 in.
Estilo: 5. Picaporte

1 + Eliminar Guardar para más tarde Comparar con artículos similares Completar

HIGHCRAFT HINGB-114-5 - Colgador de tubos con anillo dividido con bisagras de 1-1/4 pulgadas, hierro maleable, con montaje de varilla de 3/8 pulgadas, soporte de m...

Disponible

Envío gratis. Por Planning Supply
Entrega GRATIS entre el 2 - 4 de dic
Opciones de regalo no disponibles. Más información

Tamaño: 1-1/4 in.
Estilo: 5. Picaporte

1 + Eliminar Guardar para más tarde Comparar con artículos similares Completar

HIGHCRAFT HINGB-01-10 - Colgador de tubo de anillo dividido con bisagras de 1 pulgada, hierro maleable, con varilla rosada de 3/8 pulgadas, soporte de montaje vi...

Disponible

Envío gratis. Por Planning Supply
Entrega GRATIS entre el 2 - 4 de dic
Opciones de regalo no disponibles. Más información

Tamaño: 1 in.

21/11/2024

Angulo de acero de 1-1/2 x 1-1/2 x 1/8" (TUPEMESA 2024).



21/11/2024

Barra redonda sólida 304 de 3/8" y 1/4" (Billow 2024).

Quotation List

ITEM	Production	Size	Quantity (meter)	FOB Unit Price (USD/meter)	FOB Total Amount (USD)
1	304 solid round bar	3/8"	214	0.65	139.1
2	304 solid round bar	1/4"	793	1.5	1189.5
3	Sea freight	freight price to Peru-LIMA			65.0
IN TOTAL:					1393.6

22/11/2024

Tarifario del museo
INKARIY (Inkariy 2024).



01/10/2014

Nota: Se detalla todos los precios para realizar el análisis económico, realizando cotizaciones en las fechas indicadas, elaboración propia.