

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



“DISEÑO DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN Y PRESURIZACIÓN PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA Y PRESIÓN POSITIVA DE LA SALA ELÉCTRICA Y DE CONTROL DE MOTORES, REFINERÍA NEXA CAJAMARQUILLA”

TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

AUTOR

FRANZ CARLOS HUACCHO PUCUHUAYLA

ASESOR

MG. ESTEBAN ANTONIO GUTIERREZ HERVIAS

LINEA DE INVESTIGACIÓN

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Callao, 2024

PERÚ

INFORME FINAL DE TESIS - HUACCHO PUCUHUAYLA

6% Textos sospechosos

6% Similitudes
< 1% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas

< 1% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: INFORME FINAL DE TESIS - HUACCHO PUCUHUAYLA.pdf ID del documento: ffc19a96fc058094abda2f979b84f147ec8d8b34 Tamaño del documento original: 10,52 MB	Depositante: FIME PREGRADO UNIDAD DE INVESTIGACION Fecha de depósito: 13/8/2024 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 13/8/2024	Número de palabras: 27.867 Número de caracteres: 192.646
---	---	---

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes de similitudes

Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	polodelconocimiento.com Implementación del sistema de presurización y aire a... https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3930/html 4 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (256 palabras)
2	repository.unab.edu.co https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/1473/2017_Tesis_Mora_Niño_Silvia_J... 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (268 palabras)
3	idoc.pub Unidad 5 - Normas Y Selección De Equipos De Refrigeración Y Aire Acon... https://idoc.pub/documents/unidad-5-normas-y-seleccion-de-equipos-de-refrigeracion-y-aire-acondi... 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (253 palabras)
4	vsip.info Aire Acondicionado - VSIP.INFO https://vsip.info/aire-acondicionado-41-pdf-free.html 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (253 palabras)
5	dialnet.unirioja.es https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8483053.pdf 4 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (224 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.unac.edu.pe https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/8387/Tesis - Lirio Fructuoso Handy ...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (40 palabras)
2	repositorio.une.edu.pe http://repositorio.une.edu.pe/bitstream/20.500.14039/1775/1/TM CE-Ge 3566 A1 - Aranibar Gamarr...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)
3	repositorio.unac.edu.pe http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/20.500.12952/3329/1/Arce Bravo_TITULO MECANICO_201...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (27 palabras)
4	repositorio.untels.edu.pe Diseño De Presurización De Escaleras Para La Evacuaci... https://repositorio.untels.edu.pe/xmlui/handle/123456789/494?locale-attribute=es	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (22 palabras)
5	repositorio.espe.edu.ec Implementación del sistema de presurización y aire aco... https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/26401?show=full	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (17 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1	https://es.slideshare.net/AllisonKoehn1/2021-ashrae-handbook-fundamentals-i
2	https://es.scribd.com/document/620830962/Disenio-de-Sistema-de
3	https://prezi.com/fy4fn8yjveaz/metodo-sistematico/
4	https://www.linkedin.com/pulse/breve-descripción-salas
5	https://blog.resurtidora.mx/por-que-chiller-mejor-aire-acondicionado

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD:

Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN:

Unidad de investigación de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía.

TÍTULO:

“Diseño del sistema de climatización y presurización para el control de temperatura y presión positiva de la sala eléctrica y de control de motores, refinería Nexa Cajamarquilla”

AUTOR: FRANZ CARLOS HUACCHO PUCUHUAYLA **DNI:** 75679164

ORCID: 0009-0009-1374-8468

ASESOR: MG. ESTEBAN ANTONIO GUTIÉRREZ HERVIAS **DNI:** 25669150

ORCID: 0009-0000-7186-1551

LUGAR DE EJECUCIÓN: Cajamarquilla - Lurigancho - Lima - Perú

UNIDAD DE ANÁLISIS: Sistema de climatización y presurización

TIPO: Aplicada

ENFOQUE: Cuantitativo

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: No experimental

TEMA OCDE: Ingeniería Mecánica

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

MIEMBROS DEL JURADO DE SUSTENTACIÓN:

PRESIDENTE: DR. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA

SECRETARIO: MG. ADOLFO ORLANDO BLAS ZARZOSA

VOCAL: MG. JOSÉ LUIS YUPANQUI PÉREZ

ASESOR: MG. VLADIMIRO CONTRERAS TITO

Nº de Libro: 001

Nº de Folio: 220

Nº de Acta: 194

Fecha de Aprobación de la tesis: 17 de Agosto de 2024

Resolución de Jurado Evaluador: Nº 110-2024-CF-FIME

**ACTA N°194 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

**LIBRO 001, FOLIO N°220, ACTA N°194 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER DE
TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO.**

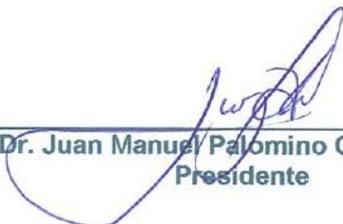
A los 17 días del mes de agosto del año 2024, siendo las 11:40 a.m, se reunieron en el Auditorio "Ausberto Rojas Saldaña" sito Av. Juan Pablo II N° 306 Bellavista – Callao, los miembros del **Jurado Evaluador de Sustentación del I Ciclo Taller de Tesis 2024**, designado con Resolución de Consejo de Facultad N° 110-2024-CF-FIME – Callao, 23 de abril de 2024, para la obtención de los **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

- | | | |
|-----------------------------------|---|------------|
| ▪ Dr. JUAN MANUEL PALOMINO CORREA | : | Presidente |
| ▪ Mg. ADOLFO ORLANDO BLAS ZARZOSA | : | Secretario |
| ▪ Mg. JOSÉ LUIS YUPANQUI PÉREZ | : | Vocal |

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller **FRANZ CARLOS HUACCHO PUCUHUAYLA**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de **INGENIERO MECÁNICO**, sustenta la tesis "**DISEÑO DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN Y PRESURIZACIÓN PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA Y PRESIÓN POSITIVA DE LA SALA ELÉCTRICA Y DE CONTROL DE MOTORES, REFINERÍA NEXA CAJAMARQUILLA**", cumpliendo con la sustentación en acto público de acuerdo al artículo 56° de la Resolución de Consejo Universitario N° 150 -2023-CU.- CALLAO, 15 de junio del 2023.

Con el quórum reglamentario, se dio inicio a la exposición de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición y la absolución de las preguntas formuladas por el jurado, y efectuada la deliberación pertinente, acordó por unanimidad: Dar por **APROBADO** en la escala de calificación cualitativa **MUY BUENO**, y con calificación cuantitativa de **16 (DIECISÉIS)**, conforme a lo dispuesto en el Artículo 24° del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 150-2023-CU- CALLAO, 15 de junio de 2023.

Se dio por cerrada la Sesión a las 12:10 horas. del día 17 de agosto de 2024.



Dr. Juan Manuel Palomino Correa
Presidente



Mg. Adolfo Orlando Blas Zarzosa
Secretario



Mg. José Luis Yupanqui Pérez
Vocal

DEDICATORIA

A mi madre, hermano, abuelos y a las personas que me acompañaron con su apoyo incondicional y en especial a mi padre en el cielo, por su esfuerzo y sacrificio realizado para que yo pueda ser un profesional y consiga los objetivos que tanto anhelaba.

AGRADECIMIENTO

A mi padre en el cielo por cuidarme y darme las oportunidades presentadas durante mi carrera preprofesional.

A mi familia por el apoyo en la realización de este trabajo de investigación.

A mis profesores que me acompañaron y orientaron en todo mi proceso de educación para formarme como profesional.

ÍNDICE

ÍNDICE	1
ÍNDICE DE FIGURAS	4
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	10
RESUMEN	11
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN	15
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.1 Descripción de la realidad problemática	16
1.2. Formulación de problema	19
1.2.1. Problema General.....	19
1.2.2. Problemas Específicos	19
1.3. Objetivos	19
1.3.1. Objetivo General	19
1.3.2. Objetivos Específicos.....	19
1.4. Justificación.....	19
1.4.1. Justificación práctica.....	19
1.4.2. Justificación legal.....	20
1.4.3. Justificación tecnológica	20
1.4.4. Justificación ambiental.....	21
1.5. Delimitantes de la investigación	21
1.5.1. Delimitación teórica.....	21
1.5.2. Delimitación temporal	21
1.5.3. Delimitación espacial	22
II. MARCO TEÓRICO	22

2.1. Antecedentes de la investigación.....	22
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	22
2.1.2. Antecedentes Nacionales	24
2.2. Bases teóricas.....	26
2.2.1. Termodinámica	26
2.2.2 Aire Acondicionado	26
2.2.3 Refrigeración	30
2.2.4. Carga térmica	31
2.2.5. Flujo de Presurización	34
2.2.6. Ductos para ventilación y Aire Acondicionado	36
2.2.7. Agua de refrigeración.....	38
2.2.8. Aire comprimido	39
2.2.9. Tuberías de conexionado	42
2.2.10. Criterios de selección de equipos	44
2.3. Marco conceptual.....	46
2.3.1. Sistema de Climatización.....	46
2.3.2. Sistema de Presurización	50
2.3.3. Sistema de Aire Comprimido	52
2.3.4. Sistema de Agua de refrigeración.....	54
2.3.5. Sala eléctrica y de control de motores	56
2.4. Definiciones de términos básicos.....	57
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	58
3.1. Hipótesis	58
3.2. Operacionalización de variable	59
IV. METODOLOGIA DEL PROYECTO.....	60
4.1. Diseño metodológico.....	60
4.2. Método de investigación	61

4.3. Población y muestra.....	62
4.4. Lugar de estudio	62
4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de información	63
4.6. Análisis y procesamiento de datos.....	63
4.6.1. Cálculo de Carga térmica	63
4.6.2. Cálculo de agua de refrigeración para equipos de climatización	80
4.6.3. Cálculo de Flujo de Presurización.....	88
4.6.4 Selección de sistema de aire comprimido para equipos de presurización	91
4.6.5 Selección de equipos de aire comprimido para equipos de presurización	100
4.6.6 Dimensionamiento de Dampers Gravitatorios	108
4.6.7. Dimensionamiento de Sistema de Ductos	108
4.6.8. Simulación de Funcionamiento	113
4.7. Aspectos éticos en investigación	128
V. RESULTADOS.....	129
5.1. Resultados descriptivos	129
VI. DISCUSIONES DE RESULTADOS	131
6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.	131
6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares	131
6.3 Responsabilidad ética de acuerdo con los reglamentos vigentes	132
VII. CONCLUSIONES	133
VIII. RECOMENDACIONES	134
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	135
X. ANEXOS	138

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Sala eléctrica.....	17
Figura 1.2 Espacio de sala eléctrica de área 70.....	18
Figura 2.1 Sistema de aire acondicionado tipo Chiller	28
Figura 2.2 Carta psicrométrica	29
Figura 2.3 Ciclo simple frigorífico	31
Figura 2.4 Análisis de iluminación en espacios cerrados	32
Figura 2.5 Medición de temperatura en equipos eléctricos	33
Figura 2.6 Disipación de calor de una persona	34
Figura 2.7 Modelado de sistema de tubería en AFT Fathom	39
Figura 2.8 Distancia entre centros de tuberías.....	44
Figura 2.9 Principales equipos de Sistema de Climatización	46
Figura 2.10 Chiller	47
Figura 2.11 UMA	47
Figura 2.12 Esquema representativo de unidades de aire acondicionado tipo Roof Top.....	48
Figura 2.13 Caja VAV.....	49
Figura 2.14 Damper barométrico.....	49
Figura 2.15 Damper cortafuego y humo.....	50
Figura 2.16 Principales equipos de Sistema de Presurización.....	51
Figura 2.17 Colector de polvo de 4 cartuchos	51
Figura 2.18 Ventilador centrifugo Ferrari.....	52
Figura 2.19 Sistema colector de polvo	52
Figura 2.20 Secador de aire Gardner Denver	53
Figura 2.21 Pre-filtro, Filtro y Post-filtro Gardner Denver	53
Figura 2.22 Intensificador de presión Festo	54
Figura 2.23 Tanque pulmón	54
Figura 2.24 Bombas portátil	55
Figura 2.25 Tanque de agua	55
Figura 2.26 Sala eléctrica.....	56
Figura 4.1 Caja negra del diseño metodológico	61
Figura 4.2 Caja blanca del diseño metodológico.....	62

Figura 4.3 Ubicación de lugar de estudio	62
Figura 4.4 Ratios de calor sensible y latente para personas según ASHRAE..	71
Figura 4.5 Densidades de potencia de iluminación utilizando el método espacio por espacio.....	72
Figura 4.6 Propiedades del fluido.....	80
Figura 4.7 Capacidad calorífica del agua líquida a 1 atm.....	84
Figura 4.8 Ficha técnica del chiller de 70 TR marca TRANE	85
Figura 4.9 Distribución de agua helada.....	85
Figura 4.10 Distribución esquemática de la sala eléctrica (MCC) - área 81	88
Figura 4.11 Distribución esquemática de la sala eléctrica (MCC) - área 70.....	89
Figura 4.12 Línea de aire comprimido de área 83.....	92
Figura 4.13 Línea de aire de instrumentación área 81	92
Figura 4.14 Ubicación de servicios de aire de planta e instrumentos.....	93
Figura 4.15 Requerimiento de aire comprimido según vendors	93
Figura 4.16 Grafico de caudal en relación caída de presión	104
Figura 4.17 Esquema de distribución de Aire Comprimido	105
Figura 4.18 Tabla de selección de modelo de secador Atlas Copco.....	107
Figura 4.19 Diagrama de distribución del sistema de ductos MCC Área 81 ..	109
Figura 4.20 Diagrama de distribución del sistema de ductos MCC Área 70 ..	109
Figura 4.21 Modelado 3D de ductos del sistema de presurización y climatización.....	113
Figura 4.22 Viscosidad Dinámica	114
Figura 4.23 Calor Específico	114
Figura 4.24 Conductividad térmica.....	115
Figura 4.25 Flujos volumétricos de entrada	117
Figura 4.26 Retornos al equipo de refrigeración	118
Figura 4.27 Temperatura generada por equipos eléctricos en piso 1	118
Figura 4.28 Temperatura generada por equipos eléctricos en piso 2	119
Figura 4.29 Temperaturas generadas por personas en el interior de la sala .	119
Figura 4.30 Temperaturas generadas por luminarias en el interior de la sala	120
Figura 4.31 Temperaturas generadas en paredes exteriores.....	121
Figura 4.32 Condiciones iniciales y de contorno generales	121
Figura 4.33 Diagrama de Cuerpo Libre, Borde y mallado de la Estructura	122
Figura 4.34 Vista frontal de medición de temperatura en CCM.....	122

Figura 4.35 Vista isométrica de medición de temperatura en CCM	123
Figura 4.36 Vista frontal de medición de presión en CCM	123
Figura 4.37 Vista isométrica de medición de presión en CCM	123
Figura 4.38 Vista frontal de medición de velocidad en CCM.....	124
Figura 4.39 Vista isométrica de medición de velocidad en CCM.....	124
Figura 4.40 Condiciones ambientales de presión y temperatura.....	125
Figura 4.41 Temperatura máxima y mínima en primer nivel	125
Figura 4.42 Mapa de calor en retorno de aire en primer nivel.....	126
Figura 4.43 Temperatura máxima y mínima en segundo nivel.....	126
Figura 4.44 Mapa de calor en retorno de aire en segundo nivel	127
Figura 4.45 Verificación de temperatura en puntos aleatorios	127

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Datos generales	35
Tabla 2.2 Datos del ambiente por cada nivel	35
Tabla 2.3 Condiciones de diseño de presión	35
Tabla 2.4 Valores a 450 m.s.n.m.....	35
Tabla 2.5 Velocidades recomendadas en el sistema de ductos.....	36
Tabla 2.6 Velocidades máximas en el sistema de ductos	37
Tabla 2.7 Condiciones de diseño de aire requerido por presurizadores	39
Tabla 2.8 Valores de longitud equivalente	41
Tabla 2.9 Velocidades recomendadas para fluidos.....	42
Tabla 2.10 Valores de rugosidad absoluta	43
Tabla 2.11 Distancia mínima recomendada en milímetros entre tuberías paralela	44
Tabla 2.12 Aspectos que se debe considerar para análisis de alternativas	45
Tabla 2.13 Valores cualitativos de valor positivo.....	46
Tabla 2.14 Valores cualitativos de valor negativo	46
Tabla 3.1 Operacionalización de variable	59
Tabla 4.1 Disipación térmica de equipos eléctricos de sala eléctrica del área 81	64
Tabla 4.2 Disipación térmica de equipos eléctricos de sala de control del área 81	66
Tabla 4.3 Disipación térmica de equipos eléctricos de sala eléctrica del área 70	66
Tabla 4.4 Disipación térmica de equipos eléctricos de sala de control del área 70	69
Tabla 4.5 Calor generado por Equipos Eléctricos en MCC Área 81.....	69
Tabla 4.6 Calor generado por Equipos Eléctricos en MCC Área 70.....	70
Tabla 4.7 Calor Sensible generado por personas en MCC Área 81.....	71
Tabla 4.8 Calor Latente generado por personas en MCC Área 81	71
Tabla 4.9 Calor Sensible generado por personas en MCC Área 70.....	71
Tabla 4.10 Calor Latente generado por personas en MCC Área 70	71
Tabla 4.11 Calor generado por iluminación en MCC Área 81	72
Tabla 4.12 Calor generado por iluminación en MCC Área 70	72

Tabla 4.13 Materiales que se emplearon para la construcción del CCM	73
Tabla 4.14 Propiedades térmicas comunes de los materiales de construcción	73
Tabla 4.15 Resistencias y conductancia de superficies según el aire	73
Tabla 4.16 Pared vertical exterior ladrillo sin tarrajeo interior y exterior	74
Tabla 4.17 Pared vertical exterior concreto armado sin tarrajeo interior y exterior	74
Tabla 4.18 Techo de concreto armado con tarrajeo interior, pero sin tarrajeo exterior	74
Tabla 4.19 Puertas y portones cortafuego	75
Tabla 4.20 Pared vertical interior concreto armado sin tarrajeo interior y exterior	75
Tabla 4.21 Coeficientes globales de transferencia.....	75
Tabla 4.22 Calor generado por radiación solar en MCC ÁREA 81.....	75
Tabla 4.23 Calor generado por radiación solar en MCC ÁREA 70.....	76
Tabla 4.24 Resumen de las características técnicas del equipo a seleccionar MCC 81	78
Tabla 4.25 Resumen de las características técnicas del equipo a seleccionar MCC 70	80
Tabla 4.26 Cálculo de caída de presión en tuberías	86
Tabla 4.27 Cálculo de caída de presión por accesorios.....	86
Tabla 4.28 Cálculo del sistema de bombeo de agua Chiller-Umas	86
Tabla 4.29 Principales resultados para las tuberías del sistema.....	87
Tabla 4.30 Cálculo de Área libre por puertas en MCC Área 81.....	88
Tabla 4.31 Cálculo de Caudal de Presurización en MCC Área 81	89
Tabla 4.32 Cálculo de Área libre por puertas en MCC Área 70.....	90
Tabla 4.33 Cálculo de Caudal de Presurización en MCC Área 70	90
Tabla 4.34 Ventilador del sistema de presurización	91
Tabla 4.35 Equipo de filtrado de aire exterior del sistema de presurización	91
Tabla 4.36 Calificación de criterio de Estandarización	96
Tabla 4.37 Calificación de criterio de Construcción.....	97
Tabla 4.38 Calificación de criterio de Seguridad	97
Tabla 4.39 Calificación de criterio de Mantenimiento	98
Tabla 4.40 Calificación de criterio de Operación	98
Tabla 4.41 Resumen de calificación de aspecto técnico.....	98

Tabla 4.42 CAPEX por cada alternativa.....	99
Tabla 4.43 Calificación de criterio de CAPEX	99
Tabla 4.44 Resumen de calificación de aspecto económico.....	99
Tabla 4.45 Resultados de la evaluación de alternativas – Calificación ponderada final.....	100
Tabla 4.46 Consumo de aire por presurizadores	101
Tabla 4.47 Iteración de posibilidades para volumen y presión de Tanque.....	102
Tabla 4.48 Pérdida de presión en ruta crítica.....	106
Tabla 4.49 Cálculo para dimensionamiento de dampers	108
Tabla 4.50 Cálculo de Pérdida de Presión Sistema de Ductos MCC Área 81 (Piso 1).....	111
Tabla 4.51 Resumen de pérdidas de presión Sistema de Ductos MCC Área 81 (Piso 1).....	111
Tabla 4.52 Cálculo de Pérdida de Presión Sistema de Ductos MCC Área 70 (Piso 2).....	112
Tabla 4.53 Resumen de pérdidas de presión Sistema de Ductos MCC Área 70 (Piso 2).....	112
Tabla 4.54 Propiedades del aire de distribución por medio de los ductos.....	114
Tabla 4.55 Propiedades de la estructura de construcción.....	115
Tabla 4.56 Parámetros iniciales de condiciones de borde	115
Tabla 4.57 Flujo volumétrico de entrada 1	115
Tabla 4.58 Flujo volumétrico de entrada 2	116
Tabla 4.59 Flujo volumétrico de entrada 3	116
Tabla 4.60 Flujo volumétrico de entrada 4	117
Tabla 4.61 Presión de retorno puntos 5 y 6	117
Tabla 4.62 Temperatura de equipos Primer Piso	118
Tabla 4.63 Temperatura de equipos Segundo Piso	119
Tabla 4.64 Temperatura corporal en piso 1 y 2.....	119
Tabla 4.65 Temperatura luminaria en piso 1 y 2	120
Tabla 4.66 Temperatura de paredes exteriores	120

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

MCC: Centro de control de motores	32
HVAC: Calefacción, ventilación y aire acondicionado	7
ASHRAE: Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado	19
NFPA: Asociación Nacional de Protección contra el Fuego	19
RNE: Reglamento Nacional de Edificaciones	19
NEXA: NEXA Resources S.A. – Refinería de Zinc de Cajamarquilla	6
TON: Tonelada	14
CFM: Pies cuadrados por minuto (unidad de flujo o caudal)	19
CA: Columna de agua (unidad de presión)	19

RESUMEN

Los equipos eléctricos de la sala eléctrica y de control de motores de las unidades mineras y refinerías generan una gran disipación térmica constante, ocasionando altas temperaturas en el ambiente, lo cual afecta el correcto funcionamiento de los componentes de los gabinetes eléctricos además de reducir la vida útil y la confiabilidad, ya que son críticos para el funcionamiento de todos los equipos.

El propósito del proyecto fue diseñar un sistema de climatización y presurización para tener el control de temperatura y de una presión positiva dentro de la sala eléctrica y de control de las áreas 70 y 81 que corresponden a “Fusión y Moldeo” y “Electrodeposición” de la refinería Nexa Cajamarquilla ubicado en el distrito de Lurigancho, Lima.

La finalidad es crear un ambiente de confort para el personal que se encuentra operando dentro del CCM y contribuir con la confiabilidad en la operación de los equipos de la sala eléctrica y de control de motores, permitiendo el funcionamiento de los equipos sin paradas no programadas, lo cual evitará enormes pérdidas económicas a la refinería.

El tipo de investigación que se utilizó es aplicada, así como un diseño no experimental. Para la presente investigación se usaron las técnicas documental y empírica para la recopilación de información.

Como resultados se obtuvo la carga térmica total a la que está sometida el ambiente interior de la sala eléctrica y de control de motores y se pudo dimensionar y seleccionar los equipos de climatización, también se obtuvo el flujo de aire necesario para mantener la presión positiva y así dimensionar y seleccionar los equipos de presurización que suministre un flujo máximo total (diseño) de 1,250 CFM para cada nivel del CCM, a continuación, se realizó el dimensionamiento de ductos para distribución uniforme del aire.

Del proyecto desarrollado se concluye que el diseño del sistema de climatización y presurización creará un ambiente de confort para los equipos eléctricos y personas que se encuentren laborando en el interior del CCM, el diseño fue proyectado para condiciones de operatividad más críticas considerando una

carga térmica de 243,496 BTU/Hr en el primer nivel y 396,783 BTU/Hr en el segundo nivel del CCM de las áreas 70/81, además de mantener una presión positiva de 25 PSI.

La tesis otorga conocimiento necesario para tomar como referencia para el diseño de sistemas de climatización y presurización en salas eléctricas y de control de motores para controlar la temperatura y presión positiva.

Palabras Clave: climatización, presurización, sala eléctrica, carga térmica.

ABSTRACT

The electrical equipment in the electrical and motor control room of mining units and refineries generates a large amount of constant thermal dissipation, causing high temperatures in the environment, which affects the correct functioning of the components of the electrical cabinets in addition to reducing their life. usefulness and reliability, as they are critical to the operation of all equipment.

The purpose of the project was to design an air conditioning and pressurization system to control temperature and positive pressure within the electrical and control room of areas 70 and 81 that correspond to "Fusion and Molding" and "Electrodeposition" of the Nexa Cajamarquilla refinery located in the district of Lurigancho, Lima.

The purpose is to create a comfortable environment for the personnel operating within the CCM and contribute to the reliability in the operation of the electrical room and motor control equipment, allowing the operation of the equipment without unscheduled stops. which will avoid enormous economic losses for the refinery.

The type of research used is applied, as well as a non-experimental design. For this research, documentary and empirical techniques were used to collect information.

As a result, the total thermal load to which the interior environment of the electrical and motor control room is subjected was obtained and the air conditioning equipment could be sized and selected; the air flow necessary to maintain the positive pressure and Thus, size and select the pressurization equipment that provides a maximum total flow (design) of 1,250 CFM for each level of the CCM, then duct sizing was carried out for uniform air distribution.

From the developed project it is concluded that the design of the air conditioning and pressurization system will create a comfortable environment for the electrical equipment and people working inside the CCM, the design was projected for more critical operating conditions considering a thermal load of 243,496 BTU/Hr on the first level and 396,783 BTU/Hr on the second level of the CCM of areas 70/81, in addition to maintaining a positive pressure of 25 PSI.

The thesis provides necessary knowledge to take as a reference for the design of air conditioning and pressurization systems in electrical and motor control rooms to control temperature and positive pressure.

Keywords: air conditioning, pressurization, electrical room, thermal load.

INTRODUCCIÓN

La empresa Nexa Resources S.A. ubicada a 24 kilómetros al este de la ciudad de Lima, en la Carretera Central Km. 9.5 desvío a Huachipa, Distrito de Lurigancho, provincia y departamento de Lima, a 450 m.s.n.m. ; cuenta con una nueva edificación de 2 niveles construida en 2022 para realizar la migración de su Sala eléctrica de control de motores de las áreas 70 (Fusión y Moldeo) y 81 (Electrodeposición) debido a que en su actual sala no cuentan con el espacio suficiente para realizar el correcto mantenimiento a sus equipos, además cuentan con equipos eléctricos desfasados, los cuales requieren ser reemplazados por equipos modernos, pero no existen las condiciones necesarias de temperatura y presión positiva para crear un ambiente de confort para el personal operativo y correcto funcionamiento de los equipos eléctricos.

Muñoz (2022), menciona que la climatización contribuye al correcto funcionamiento de los centros de control de motores, ya que se trata de salas que alcanzan altas temperaturas debido al calor que desprenden los equipos eléctricos. Es de extrema importancia garantizar la disponibilidad del CCM, ya que, si no existe acondicionamiento climático, el sistema puede fallar.

Bueno (2018), presento la tesis “Sistema de aire acondicionado con free cooling para el control de temperatura en la sala eléctrica de una empresa minera en Chumbivilcas - cuzco”, donde determinaron la carga térmica por medio de las ganancias de calor exteriores e interiores, utilizando la carta psicrométrica calcularon el calor total de la sala eléctrica siendo 1206 692 Btu/h para la cual seleccionaron 4 equipos de aire tipo paquete siendo 3 que climatizan la sala eléctrica y 1 equipo como respaldo en la zona de los transformadores donde se encuentra la mayor disipación térmica de la sala eléctrica. El autor logro el control de temperatura dentro de la sala dentro de los parámetros establecidos por la normativa ASHRAE teniendo como consecuencia el ahorro de consumo de energía eléctrica en verano.

El trabajo de investigación desarrollado, titulado “Diseño del sistema de climatización y presurización para el control de temperatura y presión positiva de la sala eléctrica y de control de motores, refinería Nexa Cajamarquilla” propone una solución a la gran disipación térmica en el ambiente de la nueva

sala eléctrica y de control de motores debido a que los equipos eléctricos generan una elevación de la temperatura interna del espacio donde se encuentran instalados, ocasionando condiciones inadecuadas de trabajo para los operarios y los equipos eléctricos. Por tal motivo se diseñó un sistema de climatización por medio de equipos de aire acondicionado para mantener la temperatura ideal entre 22°C y 25°C (según Norma ISO 7730) en el ambiente y los equipos eléctricos; además, se diseñó un sistema de presurización por medio de colectores de polvo para mantener un ambiente con presión positiva de 25 Pa como máximo (según Norma NFPA 496), libre de impurezas.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

A nivel mundial, desde tiempos remotos, el ser humano se ha dedicado a transformar su medioambiente, con objetivos que se fueron ampliando y profundizando con el transcurrir de los siglos. Los avances tecnológicos del último siglo han posibilitado el acceso de gran parte de la población a niveles crecientes de confort y la competitividad de las distintas actividades económicas requiere que los recursos humanos desarrollen sus actividades con productividad elevada. Actualmente los ambientes controlados en cuanto a temperatura, humedad, asepsia (condiciones de higiene), presurización y distribución del aire, obligan a tener sistemas HVAC (Calefacción, ventilación y aire acondicionado) para garantizar un estado de confort térmico, a los operadores de equipos para cumplir una tarea fundamental de controlar y disminuir el calor, y que representen un riesgo para las personas que se encuentren en el interior de estas instalaciones (Campos de Falcón, 2023).

A nivel nacional, existen protocolos de ingeniería que deben cumplirse en las salas eléctricas, como mantener determinado nivel de temperatura y humedad en el interior de la sala eléctrica, para ello los equipos de acondicionamiento (HVAC), muchas veces redundantes (operación continuada de 24 horas) otorgan el grado de calor/frío seco (para equipos) y cierto grado de confort para el personal que temporalmente opera estas

estaciones transportables. El mercado peruano es muy activo en este tipo de estructuras de suministro de energía eléctrica y presenta posibilidades interesantes de aplicaciones, allí donde no es posible llevar conductores eléctricos por las condiciones del terreno o por los costes que estos pueden representar, por ejemplo la selva peruana, donde es posible el uso de Salas eléctricas híbridas, que combinan sistemas eléctricos basados en combustible fósil (petróleo, gas o gasolinas) con sistemas de energías renovables como la fotovoltaica y soportado en bancos de baterías (Pareja, 2015).

Figura 1.1 Sala eléctrica



Fuente: <https://www.linkedin.com/pulse/breve-descripci%C3%B3n-salas-el%C3%A9ctricas-y-su-uso-en-la-miner%C3%ADa-pareja/> (2015)

A nivel local en la Refinería Nexa Cajamarquilla, la sala eléctrica y de control de motores de las áreas 70 y 81, que corresponden a “Fusión y Moldeo” y “Electrodeposición”; respectivamente, tiene la finalidad de alimentar con energía eléctrica; para un servicio de 24 horas por día y los 365 días del año, a equipos tales como: transformadores, tomacorrientes, grúas, elevador laminillas, unidades hidráulicas, ventiladores, acarreadores, tapas de calentamiento, robot sheppard; motores de bombas, agitadores, cadena de moldes, gusano filtro manga, sistema hidráulico.

En las instalaciones de Nexa Cajamarquilla, la máxima temperatura del bulbo húmedo seco en verano es de 30°C y la mínima temperatura de bulbo seco en invierno es 8°C, la humedad relativa media máxima es de

87% y la humedad relativa media mínima es de 69% (SP-00-4301_R0, Condiciones generales de sitio – NEXA Cajamarquilla).

El calor generado por el equipamiento eléctrico provoca que las temperaturas internas en la sala eléctrica se incrementen, generando un impacto negativo debido a las altas temperaturas a la que están sometidos los operarios. Además, los equipos eléctricos en condiciones inadecuadas de funcionamiento pueden sobrecalentarse, lo que podría llevar a fallos y paradas no programadas en las áreas 70/81, seguidas por una parada de planta general. Lo cual afectaría la programación de producción y pérdidas económicas de gran magnitud.

El ambiente exterior presenta partículas de polvo en el ambiente propios del procesamiento de concentrado de Zinc, lo cual al ingresar a la sala eléctrica y de control puede provocar daños en los componentes del equipamiento eléctrico.

Por ende, es factible contar con el sistema de climatización y presurización para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos eléctricos, manteniendo la temperatura adecuada de 22 °C como mínima y 25 °C como máxima con una presión positiva de 12.5 Pa como mínimo y 25 Pa como máximo, además de ambiente libre de partículas de polvo.

Figura 1.2 Espacio de sala eléctrica de área 70



Fuente: Cortesía de la empresa Nexa Cajamarquilla (2023)

1.2. Formulación de problema

1.2.1. Problema General

¿Cómo diseñar un sistema de climatización y presurización para el control de temperatura y presión positiva de la sala eléctrica y de control de motores de la Refinería Nexa Cajamarquilla?

1.2.2. Problemas Específicos

¿Cómo determinar la carga térmica para la climatización de la sala eléctrica y de control de motores?

¿Cómo determinar el flujo requerido para presurización positiva de la sala eléctrica y de control de motores?

¿Cómo dimensionar el sistema de ductos para la distribución de aire del sistema de climatización y presurización en la sala eléctrica y de control de motores?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Diseñar el sistema de climatización y presurización para el control de temperatura y presión positiva de las salas eléctricas y de control de motores de la Refinería Nexa Cajamarquilla.

1.3.2. Objetivos Específicos

Determinar la carga térmica para la climatización de la sala eléctrica y de control de motores.

Determinar el flujo requerido para presurización positiva de la sala eléctrica y de control de motores.

Dimensionar el sistema de ductos para la distribución de aire del sistema de climatización y presurización.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación práctica

Según Bernal (2010), enunció que “se considera que una investigación tiene justificación práctica cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o propone estrategias que, al aplicarse, contribuirá a resolverlo”.

El diseño del sistema de climatización y presurización para la sala eléctrica y de control de motores permitió controlar temperatura y presión positiva del ambiente, lo que conllevó a generar un ambiente de confort para los operarios alcanzando niveles adecuados de temperatura y mayor seguridad en el desarrollo de sus actividades.

Además de una continua operación de los equipos eléctricos que finalmente contribuye en la producción y asegura los ingresos económicos pretendidos alcanzar por la empresa.

1.4.2. Justificación legal

Según Navas (2014), enunció que “se justifica legalmente cuando se cumple las leyes existentes. Pueden ser Constitución Política del Perú, códigos, directivas, normas, resoluciones”

La investigación se justifica legalmente debido a que rigen a normas nacionales e internacionales como sustento de la buena ejecución de los cálculos para determinar la carga térmica y flujo de presurización. Las más importantes son AHRI, ASHRAE, NFPA, SMACNA, AMCA, ACCGIH, ASME, ASTM, IEC, OSHA, NEMA.

1.4.3. Justificación tecnológica

Según Espinoza (2010), enunció que “se justifica tecnológicamente una investigación, cuando se satisface las necesidades sociales”.

El sistema de climatización y presurización posee una tecnología relativamente novedosa que ofrece varias ventajas sobre las tecnologías existentes. Los equipos del sistema de climatización tipo chiller cuentan con sensores y válvulas electrónicas para el paso de agua helada, respecto a los equipos de presurización, el colector de polvo cuenta con sensores de tolva llena y manga rota además de un controlador Delta P, permitiendo que se detecte inmediatamente en caso hubiera fallas en su funcionamiento, lo cual permite actuar rápidamente y no se dañan los equipos.

1.4.4. Justificación ambiental

Según Rojas (2019), enunció que “la finalidad de la investigación ambiental es generar continuamente los estudios que ayuden a mitigar, controlar y reducir posibles riesgos ambientales identificados en una zona de estudio”.

Los equipos de presurización cuentan con un sistema de colección de polvo que almacena las partículas de polvo del aire absorbido por el ventilador que es inyectado a la sala eléctrica, lo que garantiza mayor seguridad en el desarrollo de las actividades de producción y gestión, alcanzando niveles de seguridad de estándares elevados, como también menos paros por mantenimiento y similares para el funcionamiento de la planta, así como del ambiente que le rodea, adicionalmente repercutirá en el cuidado y preservación de la seguridad del personal operativo.

1.5. Delimitantes de la investigación

1.5.1. Delimitación teórica

La presente investigación presenta delimitación teórica a consecuencia de que para su realización se requirió estudios de transferencia de calor, termodinámica y refrigeración para los cálculos de carga térmica; además de la teoría de mecánica de fluidos para cálculos de flujo de presurización, también se utilizó los conocimientos básicos de diseño mecánico para determinar el dimensionamiento de ductos. Finalmente se necesitó el manejo de software de diseño para la simulación del proyecto de investigación.

1.5.2. Delimitación temporal

La presente investigación presenta delimitación temporal a consecuencia de que se rige a la recopilación de datos desde junio de 2022 hasta julio de 2023, lo cual fue suficiente para obtener resultados satisfactorios para definir la ingeniería de diseño de sistema de climatización y presurización, para que pueda luego realizarse el montaje por un periodo de 1 año y se ponga en funcionamiento en julio de 2024.

1.5.3. Delimitación espacial

La presente investigación presenta delimitación espacial a consecuencia de que el área de estudio fue la actualmente construida sala eléctrica de las secciones 70 y 81 de la Refinería Nexa Cajamarquilla en Lurigancho, Lima.

Este espacio corresponde a una edificación de 2 pisos de 23.25 metros de largo, 8.10 metros de ancho y 8.80 m de altura.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Parreño (2017), presento la tesis “Diseño y cálculo de un sistema industrial de climatización con unidades de paquete y split ducto para la azucarera Valdez s.a. de la ciudad de milagro”.

El objetivo general del estudio fue: Determinar el cálculo y el diseño de un sistema de acondicionamiento de aire para un área críticas de la Azucarera Valdez. La metodología de este proyecto se llevó a cabo mediante una inspección técnica del área de trabajo que será objeto de estudio de este proyecto de tesis.

Concluyendo que se requiere diseñar un sistema de climatización para el área de Centrifuga de la Azucarera Valdez con una totalidad de 5 equipos centrales tipo split, con un mismo ducto de mando, con diferentes retornos, para ello es necesario conocer valores exactos, en cuanto al área que se desea climatizar, su superficie y volumen; para contar con un sistema eficaz. Además, se seleccionó equipos de la marca Trane ya que cumplen estándares de calidad de eficiencia energética con márgenes internacionales.

Benavides (2018), presento la tesis “Diseño de un sistema de acondicionamiento de aire para un centro de control de motores

(CCM), en una planta de producción de jabón ubicada en la ciudad de Cali (valle)".

El objetivo general del estudio fue: Diseñar un sistema de acondicionamiento de aire para un CCM, logrando que los elementos internos operen dentro de los rangos de temperatura y humedad especificados por el fabricante, evitando paros en planta y altos costos de operación.

Se resuelve que se debe instalar un sistema de aire acondicionado para solucionar el problema de alta temperatura, el caudal de aire que debe generar la unidad manejadora es de 7381.84 cfm para evitar paradas en la línea de producción debido a que se disparan las protecciones térmicas de los motores al alcanzar temperaturas muy elevadas de 45°C y 50°C

Jarrin, y otros (2022), presentaron el artículo: "Implementación del sistema de presurización y aire acondicionado, mediante información técnica del manual de mantenimiento ata 21, en el simulador de la aeronave Boeing 737-800 perteneciente a la Universidad De Las Fuerzas Armadas-Espe".

El objetivo general del estudio fue controlar; en el simulador de la aeronave, una temperatura y presión adecuada desde el inicio del vuelo hasta que termine el mismo, se desarrolló un entorno de entrenamiento virtual de acuerdo lo indica la Regulación Técnica de Aviación Civil RDAC parte 060 Apéndice 1 aplicado a una aeronave Boeing 737 – 800, basado en programación, y un desarrollo de arquitectura de paneles de cabina, para posteriormente entrelazarse con los diferentes sistemas que compone la aeronave para cumplir con el entrenamiento del personal técnico aeronáutico durante las fases de operación en tierra y en vuelo.

El intercambiador de calor primario utilizado es del tipo aire-aire, el sistema de aire acondicionado emplea aire exterior como medio de refrigeración a través del intercambiador de calor. La cantidad de

aire exterior que se permite que fluya a través de los intercambiadores de calor está determinada por los paneles de entrada y las válvulas de salida de aire del ariete. El aire que se suministra a los pasajeros de un avión reactor proviene de los compresores de los motores, este aire necesita estar a una presión determinada y para ello pasa por los PACKs (Pressure and Air Conditioning Kits), unos kits neumáticos de aire acondicionado situados en la parte inferior del avión entre las ruedas de aterrizaje, que, al salir de ahí, el aire tiene la temperatura y presión adecuada para la cabina de pasajeros y tripulación. Concluyendo que los sistemas presurización y aire acondicionado, diseñados y adaptados en el simulador permiten lograr capacitar a los profesionales aeronáuticos a través de la repetición y la práctica con respecto a procedimientos de funcionamiento del sistema; además, se logra mejorar las competencias teóricas, e incrementar la experticia en temas de seguridad operacional de las aeronaves.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Camacho, y otros (2021), presentaron la tesis: “Diseño e implementación de un sistema de aire acondicionado de 26,79 Ton y presurización a 25 pa para mantener el confort térmico de la sala eléctrica 292400-er-001 en la unidad minera Toquepala”.

El objetivo general del estudio fue: Diseñar e implementar un sistema de aire acondicionado de 26,79 Ton y presurización a 25 Pa para mantener el confort térmico de la sala eléctrica 292400-ER-001 en la Unidad Minera Toquepala.

Se concluye que se requiere disponer 4 equipos roof top (1 en back up) y 1 presurizador con capacidad de 499 L/s para la sala de equipos, y 3 equipos Wall Mounted (1 en back) y 1 presurizador con capacidad de 173 L/s para la sala de gabinetes, lo cual garantizará el confort térmico para la sala eléctrica que distribuirá energía al área de chancado y clasificación secundaria en la extracción del mineral.

Luque (2017), presento la tesis: “Suministro e instalación de sistema de aire acondicionado climatización y presurización para salas eléctricas, laboratorios, salas de control y oficinas administrativas”.

El objetivo general del estudio fue demostrar que los sistemas HVAC (climatización y presurización) pueden ser monitoreados y controlados, se climatizarán ambientes con equipos frío solo y equipos frío/calor, para confort de los operadores y funcionamiento óptimo de los equipos; así mismo se presurizarán los ambientes tanto con presión positiva como con presión negativa según se requiera.

Se finiquita que los sistemas HVAC pueden ser monitoreados y controlados haciendo arreglos en los circuitos de mando de cada equipo e instalando transmisores de temperatura a fin de diagnosticar las fallas en un tiempo mínimo y realizar un mantenimiento más efectivo a los equipos nuevos que se adquieren en la ampliación del puerto de Matarani.

Calderón (2018), presento la tesis: “Diseño de presurización de escaleras para la evacuación ante el suceso de un incendio en el edificio de comercio - Chorrillos”.

El objetivo general del estudio fue: Determinar el diseño de la presurización de escaleras para la evacuación ante el suceso de un incendio en el edificio de comercio.

Se determina que, tomando los datos de la escalera de evacuación, teniendo como base las normas, se realizará los cálculos para poder seleccionar con el caudal del aire el equipo electromecánico, que tendrá como función llenar de aire la caja de escalera obteniendo una presión positiva, evitando así el ingreso de humos contaminantes.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Termodinámica

Cengel (2011), menciona que la termodinámica es una materia excitante y fascinante que trata sobre la energía, la cual es esencial para la conservación de la vida mientras que la termodinámica ha sido por mucho tiempo una parte fundamental de los programas de estudio de ingeniería en todo el mundo. Es una ciencia que tiene una amplia aplicación, desde los organismos microscópicos hasta los sistemas de generación de energía eléctrica. Dentro de las disciplinas de estudio de la termodinámica utilizaremos las teorías de aire acondicionado y refrigeración.

2.2.2 Aire Acondicionado

Esta referido a la combinación de aquellos factores (temperatura, limpieza, humedad y movimiento) a controlar del aire, a fin de conseguir el ambiente más saludable y confortable para la vida de las personas y mejorar los procesos industriales. Mientras que la climatización corresponde a la consecuencia del funcionamiento de un sistema de aire acondicionado.

Tipos de Sistemas de Aire Acondicionado

1. Sistema de aire acondicionado Compacto

También conocido como sistema autónomo o de ventana, es un equipo unitario, compacto y de descarga directa, es decir el aire enfriado es expulsado directamente al espacio a través de la unidad, se utilizan generalmente para acondicionar espacios pequeños.

2. Sistema de aire acondicionado Portátil

Es un equipo unificado y compacto de descarga directa, donde el aire enfriado es expulsado directamente al espacio a través de la unidad y es transportable de un espacio a otro. La mayoría de estos equipos poseen una salida al exterior a través de un tubo flexible el cual es colocado en ventanas para la expulsión del aire, este

equipo satisface las necesidades mínimas de acondicionamiento en habitaciones de viviendas y en pequeños locales.

3. Sistema de aire acondicionado tipo Split

Son equipos descentralizados, es decir de descarga directa, se diferencian de los compactos ya que la unidad formada por el compresor y el condensador está situada en el exterior, mientras que la unidad evaporadora se instala en el interior, las cuales se comunican entre sí por las líneas de refrigerante y conexiones eléctricas. Son unidades fáciles de adaptar a cualquier espacio, instalación y mantenimiento sencillo.

4. Sistema de aire acondicionado Central Separado

Es un equipo de descarga indirecta debido a que el aire se distribuye a través de ductos el cual es expulsado en los diferentes espacios por medio de difusores, cuenta con una unidad evaporadora y una condensadora, estas dos unidades se conectan entre sí por medio de una tubería de cobre de dos líneas, la primera para llevar el refrigerante y la otra para regresarlo. Se utilizan en acondicionamientos de grandes espacios y se logra refrigeración en varios espacios al mismo tiempo.

5. Sistema de aire acondicionado tipo Paquete

Estos equipos son de tipo central y se diferencian de los sistemas convencionales porque contienen los cuatro elementos del circuito de refrigeración básico (condensador, evaporador, compresor y elemento expansor) en un mismo gabinete y el aire se distribuye a los distintos espacios a través de ductos. Estos equipos se instalan en el exterior, generalmente en losas de techos; las dimensiones de estas unidades varían de acuerdo con la capacidad, las más usadas son de 3 TR a 30 TR.

6. Sistema de aire acondicionado tipo Chiller

Los chiller son equipos de descarga indirecta, ya que el aire se distribuye a los diferentes espacios por medio de ductos. Se compone por un sistema central que se encarga de enfriar un fluido, generalmente agua, es por ello que son más eficientes a comparación de otros tipos de sistemas porque utilizan agua en lugar de aire para transferir calor. El agua puede transportar más calor que el aire, lo que significa que se necesitan menos unidades de energía para enfriar una cantidad determinada de aire. El agua helada pasa desde la unidad exterior a través de tuberías hacia las unidades manejadoras de aire, finalmente estas se encargan de distribuir el aire acondicionado hacia los ductos.

Figura 2.1 Sistema de aire acondicionado tipo Chiller



Fuente: <https://blog.resurtidora.mx/por-que-chiller-mejor-aire-acondicionado-industrial> (2020)

Psicometría

Estudia las propiedades del aire atmosférico y son temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, humedad específica, velocidad, altura y diámetro.

Entre los procesos de acondicionamiento de aire, para la presente investigación se usó el proceso de enfriamiento (reducir la temperatura).

En este proceso no existe cambio en la humedad específica, es decir es constante, la cual se somete a un enfriamiento de aire.

$$Q = C_{pa} (T_2 - T_1) + (w_2 \cdot h_{g2} - w_1 \cdot h_{g1}) + (w_1 - w_2) \cdot h_{f2} \quad (2.1)$$

Dónde:

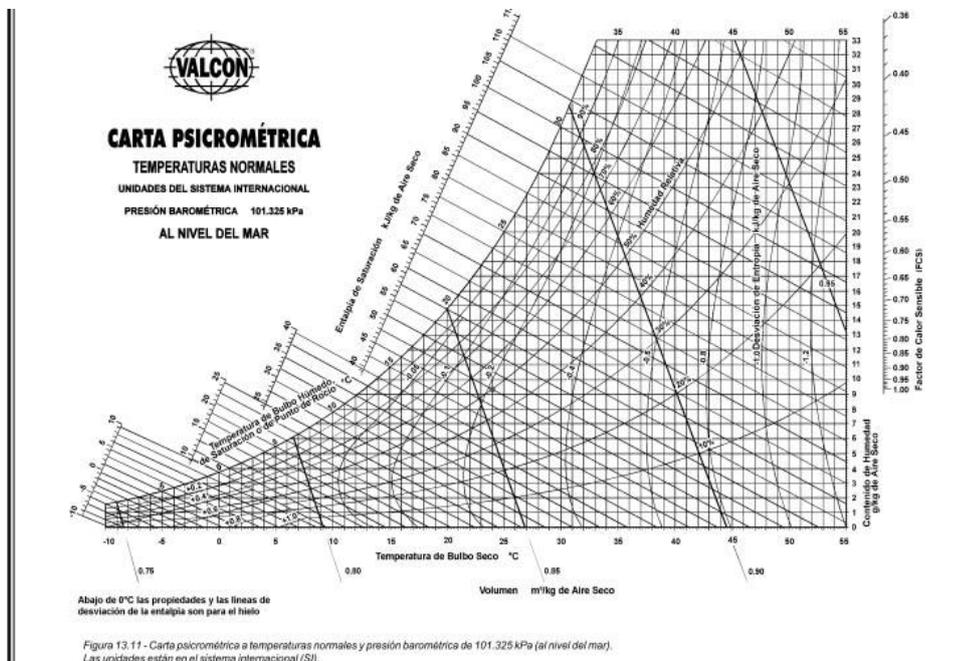
- C_{pa} : Calor específico del aire
- T_1, T_2 : Temperatura de entrada y salida del aire
- W_1, W_2 : Humedad específica a la entrada y salida del aire
- h_{g1}, h_{g2} : Entalpía de vapor saturado
- h_{f2} : Entalpía del líquido saturado a la salida

Se utilizó la carta psicrométrica, el cual es un diagrama de las propiedades de la mezcla aire seco y vapor de agua, representa gráficamente las propiedades termodinámicas del aire húmedo.

- Aire atmosférico: Es una mezcla de aire seco y vapor de agua en equilibrio.

- Aire seco: Es una mezcla de O_2 , N_2 , H_2 y CO_2

Figura 2.2 Carta psicrométrica



Fuente: <https://www.ingenieriaelemental.com/posts/es/carta-psicrometrica-online>

2.2.3 Refrigeración

Arnabat (2023), define que la refrigeración es el proceso que se utiliza en los equipos de aire acondicionado que consiste en extraer calor para así enfriar el ambiente. Al igual que se puede aprovechar diferencias de temperatura para producir calor, para crear diferencias de calor, se requiere energía. Generalmente la refrigeración por aire acondicionado se produce mediante dos sistemas de refrigeración; la cuales son por compresión o refrigeración por absorción.

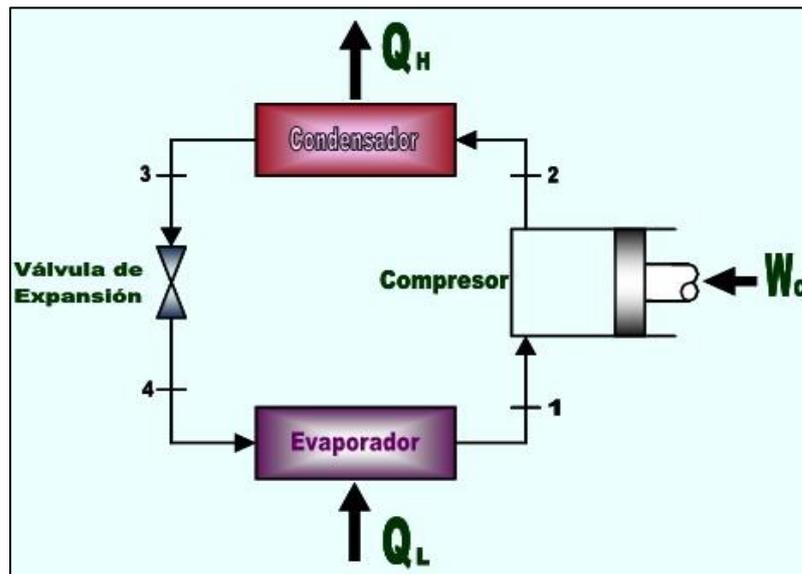
Sistema de refrigeración por compresión

Es uno de los más utilizados, la sustancia de trabajo cambia de Líquido Saturado a Vapor Saturado. Consiste en forzar mecánicamente, la circulación de un refrigerante en un circuito cerrado, dividido en dos zonas una zona de alta presión y otra zona de baja presión, con el propósito que el fluido absorba calor del ambiente que lo rodea.

Componentes:

- Compresor: Máquina que absorbe el refrigerante desde la presión del evaporador, lo comprime y lo expulsa hacia el condensador.
- Condensador: Intercambiador de calor, en donde el refrigerante cede energía calorífica al medio que lo rodea.
- Válvula de expansión: El refrigerante se expande, desde la presión alta, hasta alcanzar la presión del evaporador.
- Evaporador: Intercambiador de calor, en donde el refrigerante en fase húmeda absorbe energía calorífica de los productos para salir como vapor saturado.

Figura 2.3 Ciclo simple frigorífico



Fuente: http://www.unet.edu.pe/~fenomeno/F_DE_T-152.htm (2005)

2.2.4. Carga térmica

Para la Escuela de Refrigeración del Perú (2020), la carga térmica es “la cantidad de calor que debemos evacuar de un ambiente para mantenerlo a ciertas condiciones de temperatura y humedad relativa (condiciones internas). Este calor es generado por fuentes externas e internas. El cálculo de la carga térmica se debe de hacer para los meses de verano y bajo las situaciones más críticas, de esta manera calcularemos un sistema de climatización apto para cualquier régimen de exigencia”.

La carga térmica es la cantidad de calor generado por fuentes internas y externas que se debe evacuar de un ambiente para mantenerlo a ciertas condiciones de temperatura y humedad relativa (condiciones internas).

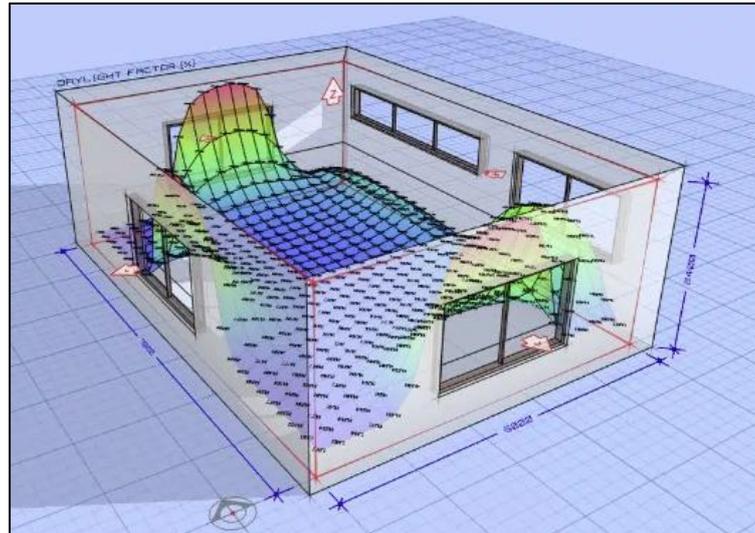
El cálculo se realizó teniendo en cuenta las siguientes cargas térmicas:

Carga térmica sensible (BTU/h): Calor que disipan o generan principalmente los equipos eléctricos, electrónicos, la radiación solar y las luminarias.

- Calor generado por iluminación

Para el cálculo de la carga térmica sensible aportada por la iluminación interior de la sala eléctrica se tuvo en cuenta que la potencia de las lámparas de iluminación se transforma en calor sensible. Se toma la máxima densidad de potencia de iluminación según el ASHRAE HVAC Fundamentals.

Figura 2.4 Análisis de iluminación en espacios cerrados



Fuente: <https://ovacen.com/iluminacion-natural-en-arquitectura/> (2016)

- Calor generado por equipos

La disipación de calor por equipos es obtenida según las fichas técnicas de los equipos eléctricos que serán instalados en la sala eléctrica y de control de motores.

Para la estimación de la carga térmica total disipada por los equipos eléctricos en cada sala, se ha considerado un factor de diseño de 1.15, por ampliaciones y variaciones no consideradas.

Figura 2.5 Medición de temperatura en equipos eléctricos



Fuente: Freepick (2024)

- Radiación solar

Transmisión y radiación solar a través de paredes, techos, suelos, puertas interiores y exteriores, se determinará con la siguiente fórmula:

$$Calor = U \times A \times \Delta T \quad (2.2)$$

- U : Coeficiente global de transferencia
- A : Área de transferencia
- ΔT : Diferencia de temperaturas

Para determinar la carga sensible del sistema, se utilizó la siguiente fórmula:

$$Q_s = 1.08 * C * Dif T \quad (2.3)$$

Donde:

- Q_s : Calor sensible (BTU/Hr)
- C : Caudal del aire (Cfm)
- Dif T : Diferencia de temperatura (°F)

Carga térmica latente (BTU/h): Calor que disipan o generan las personas y principalmente se encuentra en la humedad del aire exterior que se utiliza para renovar o presurizar.

- Carga latente debida a la ocupación del local por personas.

Esta carga latente por ocupación del área se obtiene multiplicando una valoración de calor latente emitido por una persona, por el número de ocupantes previstos para operar los equipos eléctricos. Esta cifra de calor emitido se extrae de una tabla en la que se tiene en cuenta una tipología ya establecida para distintos tipos de condiciones de trabajo. Estos datos pueden ser obtenidos a través de lo recomendado en el ASHRAE HVAC Fundamentals.

Figura 2.6 Disipación de calor de una persona



Fuente: <https://slideplayer.es/slide/18128439/> (2022)

Se determina la carga térmica utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Calor total a eliminar} = \text{Carga Térmica sensible} + \text{Carga Térmica latente} \quad (2.4)$$

2.2.5. Flujo de Presurización

Cuando se quiere evitar el ingreso de aire exterior con polvo, vapores y gases, se tiene que mantener una presión positiva dentro del ambiente y para lograrlo se tiene que inyectar un determinado caudal de aire exterior, el cual tiene que cubrir la pérdida de caudal de aire por las áreas libres de; ambiente que se comunican al exterior (áreas libres en puertas, intersticios, canaletas, tuberías, aberturas, mal selladas, ventanas mal selladas, etc.)

El caudal del aire de presurización está en función de la presión que se desea en el ambiente y las áreas libres que comunican con el exterior.

Tabla 2.1 Datos generales

Altitud sobre el nivel del mar	450 m.s.n.m
Temperatura máxima exterior del ambiente	30 °C
Temperatura mínima del ambiente	8 °C
Localidad	Refinería Cajamarquilla - Lima

Nota. Esta tabla muestra las condiciones de sitio en la actualidad

Tabla 2.2 Datos del ambiente por cada nivel

Área	188.33 m²
Ancho	8.10 m
Alto	4.40 m
Largo(longitud)	23.25 m

Nota. Esta tabla muestra las dimensiones de cada sala eléctrica

Tabla 2.3 Condiciones de diseño de presión

Presión máxima en el ambiente (Diseño)	0.12" C.A. (Columnas de agua) (30 Pascales)
Presión operación el ambiente (Recomendada)	0.10" C.A. (25 Pascales)
Presión mínima en el ambiente	0.05" C.A. (12 Pascales)

Nota. Esta tabla muestra las presiones que se desea obtener en el interior del CCM

Para el cálculo de la presión positiva en un ambiente se utilizó la siguiente formula:

$$Q_t = K_o \cdot C \cdot A \cdot (2 \text{ Dif } P/D)^{1/2} \quad (2.5)$$

Donde:

- QT: Flujo total de aire a inyectar para presurización.
(ACfm: pies cúbicos por minuto actuales).
- Ko: Coeficiente de forma de las hendiduras por donde escapa el aire (adimensional).
- C: Coeficiente dimensional de flujo.
- A: Área libre de flujo de aire por las hendiduras (pies cuadrados)
- Dif P: Diferencia de presión entre el ambiente interior y el exterior (Pulg. de C.A.).
- D: Densidad del aire (lb/ft³)

Tabla 2.4 Valores a 450 m.s.n.m

Ko	776
C	0.65
Densidad(D)	0.0711 lb/ft ³

Nota. Esta tabla muestra los valores de coeficientes y densidad del aire

Reemplazando en la formula se tiene:

$$Q_t = 2675. A. (Dif P)^{1/2} \quad (2.6)$$

2.2.6. Ductos para ventilación y Aire Acondicionado

Para el diseño de los ductos de ventilación y aire acondicionado se deberá tomar en cuenta las recomendaciones dadas en el SMACNA HVAC systems duct design y el ASHRAE Handbook – HVAC Fundamentals. Asimismo, se deberá cumplir con lo establecido en el RNE EM.030 Instalaciones de ventilación.

Para el diseño de ductos se consideró el uso de acero galvanizado. Por otro lado, los ductos para suministro y retorno de aire acondicionado serán de doble pared con aislamiento térmico intermedio.

Para el dimensionamiento de los ductos se aceptará como máxima caída de presión 2.5 mm H₂O / 30 m o 0.1 in H₂O / 100 ft.

La velocidad de aire recomendada para difusores, rejillas de extracción y retorno, rejillas gravitatorias (damper gravitacional) y louvers para entrada de aire exterior no deberá ser mayor a 600 FPM.

Tabla 2.5 Velocidades recomendadas en el sistema de ductos

	Velocidades recomendadas (FPM)		
	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
Salida 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. Esta tabla muestra los valores de las velocidades recomendadas según el tipo de ducto, en este caso se tomó en cuenta específicamente en edificaciones industriales.

Tabla 2.6 Velocidades máximas en el sistema de ductos

	Velocidades máximas (FPM)		
	Residencias	Edificaciones públicas	Edificaciones industriales
Tomas de aire exterior	800	900	1200
Filtros	300	350	350
Serpentines de calefacción	500	600	700
Serpentines de enfriamiento	450	500	600
Lavadores de aire	500	500	500
Salida de ventiladores	1700	1500-2200	1700-2800
Ductos principales	800-1200	1100-1600	1300-2200
Ductos secundarios	700-1000	800-1300	1000-1800
Montantes	650-800	800-1200	1000-1600

Nota. Esta tabla muestra los valores de las velocidades máximas permitidas según el tipo de ducto, en este caso se tomó en cuenta específicamente en edificaciones industriales.

Crterios para dimensionar el sistema de ductos:

- ✓ Los sistemas de ductos siguen la ruta más directa.
- ✓ Los sistemas de ductos evitan los cambios de dirección pronunciados o bruscos.
- ✓ Se recomienda que los ductos sean circulares (donde aplique o se pueda), ya que son los que generan menores pérdidas por fricción y son los más económicos.
- ✓ Los ductos cuadrados, con una relación de forma 1 a 1, son los más recomendables, estos generan una menor fricción y son los más económicos en su construcción y montaje.
- ✓ Los ductos rectangulares serán muy aplanados (relación de forma), una buena práctica es no exceder una relación de 5 a 1, tratar de mantener una relación 3 a 1, el cual permite mantener una pérdida de presión aceptable y dimensiones económicas de construcción.
- ✓ El cálculo de carga térmica o el de ventilación mecánica (renovación, extracción, presurización, etc.), indica el caudal requerido de aire en el área, ambiente o proceso.

- ✓ Realizar un trazado de una ruta conveniente para el sistema de ductos, permite distribuir el aire en forma adecuada y tener las facilidades para su instalación (montaje).
- ✓ Se calcula el tamaño de acuerdo con los espacios que se dispone.

Distribución y dimensionamiento

- ✓ Para las pérdidas en Accesorios (codos, transiciones, etc.), se tomó como referencia, ASHRAE Fundamentals Handbook - 2001, capítulo 34.
- ✓ Las pérdidas de presión estática en Rejillas de Suministro, Retorno, Filtros de Aire, UMAs, son propios del diseño de cada fabricante y lo indican en sus manuales o fichas técnicas.
- ✓ Los valores que se calcula son referenciales y estos se ven afectados por la forma como se instala, a esta corrección se llama "efectos del sistema".

2.2.7. Agua de refrigeración

Sistema de agua de refrigeración y de reposición

Los cálculos se realizaron usando las fórmulas de Darcy-Weisbach y Colebrook-White, considerando tuberías de acero inoxidable sin costura para el cual se tiene una rugosidad absoluta de 0.2 mm

Darcy-Weisbach

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log\left(\frac{k}{3.7} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}}\right) \quad (2.7)$$

Donde:

- f = Factor de fricción
- k/D = Rugosidad relativa, k= 0.2 mm para acero inoxidable
- Re = Número de Reynolds

Colebrook-White

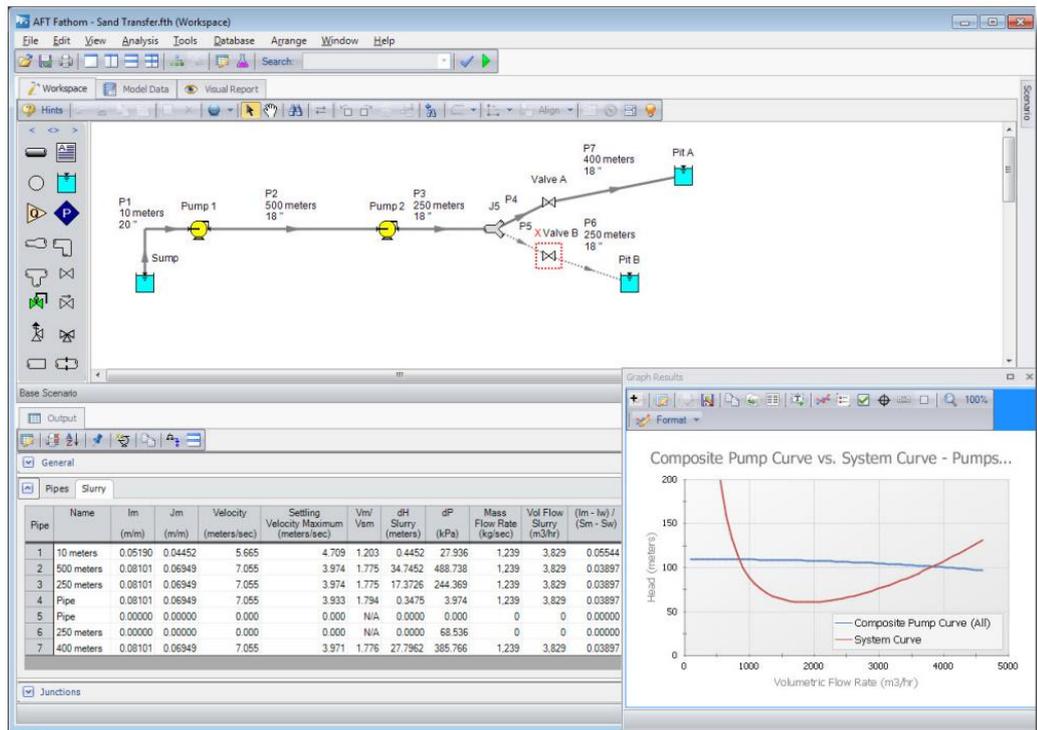
$$\frac{\Delta h}{L} = f_d \times \frac{1}{2g} \times \frac{v^2}{D} \quad (2.8)$$

Donde:

- Δh = Pérdida de carga
- L = Longitud (longitud de tubería + Equivalente accesorios)
- f_d = Factor de fricción
- g = Aceleración de la gravedad
- v = Velocidad del fluido
- D = Diámetro de la tubería

El cálculo del modelo completo se realizó usando el software AFT Fathom versión 11.

Figura 2.7 Modelado de sistema de tubería en AFT Fathom



Fuente: https://www.aft.com/documents/AFTdatasheets_Fathom_9_Modules_Spanish (2024)

2.2.8. Aire comprimido

Tabla 2.7 Condiciones de diseño de aire requerido por presurizadores

	Valor	UNIDAD
Flujo de aire	20.8	SCFM
Presión de aire comprimido mínima	90 (6.205)	psig (barg)
Presión de aire comprimido máxima	100 (6.895)	psig (barg)
Calidad de aire según ISO 8573-1	01:04:01	

Nota. Esta tabla muestra los valores de presión y calidad de aire que requiere el colector de polvo como inyección de aire comprimido.

Se proyecta el suministro de aire comprimido mediante un tie-in desde una línea cercana ubicada en el área de fusión y moldeo; la cual tiene una presión de trabajo de 5 barg.

Se utilizó como principal vía de cálculo la ley general de los gases ideales, así como el cálculo de la densidad que se genera a partir de ésta. Estas ecuaciones son las siguientes:

$$P_g \cdot V_g = R \cdot T_g \cdot n_g \quad (2.9)$$

$$\delta_g = PM_g \cdot \left(\frac{P_g}{R \cdot T_g} \right) \quad (2.10)$$

Dónde:

P_g = Presión absoluta del gas (Pa)

V_g = Volumen del gas (m³)

T_g = Temperatura del gas (°K)

n_g = Número de moles del gas

R = Constante universal de los gases ideales (8.314 J/mol. K)

δ_g = Densidad del gas (g/m³)

PM_g = Peso molecular del gas (kg/mol)

La conversión de flujo de aire de condiciones estándar a condiciones de sitio (FAD) se realizó teniendo en cuenta la siguiente fórmula:

$$q_{FAD} = q_s \left[\frac{P_s - (HR_s \cdot P_{V-S})}{P_B - (HR_{FAD} \cdot P_{V-S})} \right] \left(\frac{T_{FAD}}{T_s} \right) \left(\frac{P_B}{P_{FAD}} \right) \quad (2.11)$$

Dónde:

q_s = Caudal requerido por colector a condiciones estándar

T_{FAD} = Temperatura ambiente de la zona

T_s = Temperatura estándar

P_s = Presión estándar

P_{FAD} = Presión atmosférica absoluta de la zona

HR_s = Humedad relativa estándar

HR_{FAD} = Humedad relativa de la zona

P_{V-S} = Presión vapor de agua a temperatura estándar

P_{V-FAD} = Presión vapor de agua a temperatura ambiental

El presente análisis de caída de presión y diámetros de las tuberías viene determinado por la siguiente fórmula (Referencia: Manual Atlas Copco Aire Comprimido):

$$\Delta p = 450 \times \frac{q_c^{1.85} \times l}{d^5 \times p} \quad (2.12)$$

Donde:

Δp = caída de presión (bar)

q_c = caudal de aire, FAD (l/s)

d = diámetro interno de la tubería (mm)

l = longitud de la tubería (m)

p = presión absoluta inicial bar(a)

Tabla 2.8 Valores de longitud equivalente

LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS DE TUBERÍA PARA AIRE COMPRIMIDO											
ACCESORIOS	Diámetro nominal de la tubería en mm										
	25	40	50	80	100	125	150	200	250	300	400
Válvula de bola - totalmente abierta	0	1	1	1	1.3	1.6	1.9	2.6	3.2	3.9	5.2
Válvula de diafragma - totalmente abierta	2	3	3	5	6	8	10				
Válvula angular - totalmente abierta	4	6	7	12	15	18	22	30	36		
Válvula de globo	8	12	15	24	30	38	45	60			
Válvula antirretorno	2	3	4	6	8	10	12	16	20	24	32
Codo radio largo	0	1	1	1	1.2	1.5	1.8	2.4	3	3.6	4.8
Codo radio corto	0	1	1	1	1.6	2	2.4	3.2	4	4.8	6.4
Tee salida angular	2	2	3	5	6	7.5	9	12	15	18	24
Tee salida lineal	0	0	1	2	2	2.5	3	4	5	6	8
Reducción	1	1	1	2	2.5	3.1	3.6	4.8	6	7.2	9.6

Fuente: Manual Atlas Copco de aire comprimido (2024)

Se utilizó la siguiente fórmula para el cálculo de la capacidad de secador frigorífico:

$$CSF = q_c \times (K_1 * K_2 * K_3) \quad (2.14)$$

Dónde:

CSF: Capacidad de secador frigorífico

K_1 : Factor de corrección por presión de trabajo

K_2 : Factor de corrección por temperatura de entrada

K_3 : Factor de corrección por temperatura ambiente

q_c : Caudal de diseño de aire de entrada a secador

2.2.9. Tuberías de conexionado

- Criterios generales

- El diseño de las tuberías está basado en los requerimientos de la última edición del código ASME B31.3, a excepción de otra especificación o código indicado en la clase de cada material de tubería.
- El tamaño mínimo de las tuberías son de DN 15 (1/2”), excepto las conexiones a las boquillas de equipos en caso de requerirse.
- En los sistemas de tuberías de aire comprimido, las derivaciones se hacen desde la parte superior de la tubería principal.
- Para cálculo de consumo de aire comprimido se consideró un factor de fugas de 4% y un factor de diseño del 15%.

- Velocidad

Para el diseño de tuberías se consideró un rango de velocidades de transporte del fluido tal que se evite la sedimentación (si se tiene velocidades muy bajas) y a su vez prevenga erosión de las paredes y vibración excesiva de la tubería (si la velocidad es demasiado alta). Este rango va a depender generalmente del tipo de fluido transportado.

A continuación, se muestra las velocidades recomendadas de trabajo para los fluidos usados en la presente investigación, que fueron usadas en el diseño de las tuberías.

Tabla 2.9 Velocidades recomendadas para fluidos

Tipo de Servicio	Velocidad mínima (m/s)	Velocidad máxima(m/s)
Agua y otros líquidos	1.2	3
Succión de agua	1.2	2.1
Aire comprimido, gas	5	15

Nota. Esta tabla muestra los valores de velocidad mínima y máxima recomendadas para fluidos tales como para agua y aire comprimido.

- Presión

La presión de diseño se consideró según lo estipulado en ASME B31.3, para determinar la caída de presión que se produce en la tubería se tuvo en cuenta, los criterios de la ecuación de Bernoulli, fórmula de Darcy-Weisbach y ecuación de Colebrook-White.

Un margen de 10% fue agregado a los cálculos de pérdidas por fricción, debido a las variaciones de diámetro o superficie interna debido al proceso de fabricación, tiempo o naturaleza del fluido.

Tabla 2.10 Valores de rugosidad absoluta

Material	Rugosidad Absoluta (mm)
Acero al Carbono	0.05
Acero inoxidable	0.015
PVC, Polipropileno	0.002

Nota. Esta tabla muestra los valores de rugosidad de acuerdo con el material de la tubería, lo cual nos servirá para realizar el cálculo de caída de presión.

- Temperatura

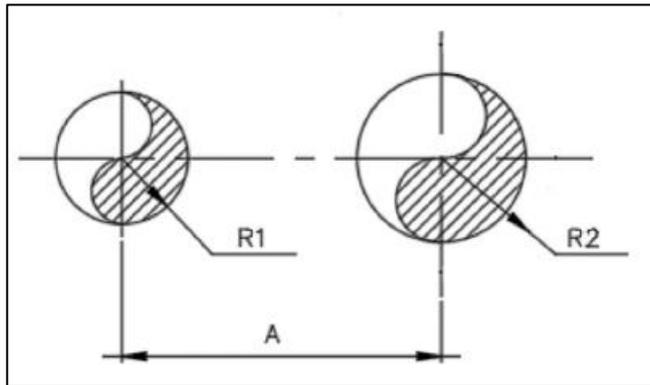
La temperatura de diseño de la tubería es la máxima a la que la línea puede operar cuando esta funcione en sus condiciones de diseño.

Se considera como temperatura de diseño para el sistema de aire comprimido 30°C y del agua de reposición de 23°C. Para el caso de agua helada del chiller, esta fue especificada en la ficha técnica del equipo.

- Disposición de tuberías

La disposición de las tuberías tomó en cuenta las facilidades para el desmontaje, inspección y/o mantenimiento de equipos. Debido a que todas las áreas previstas para el mantenimiento deben estar libres de tuberías tanto como sea posible.

Figura 2.8 Distancia entre centros de tuberías



Nota. Revisar Tabla 2.11, para determinar la distancia mínima para el diseño y ubicación de tuberías

Tabla 2.11 Distancia mínima recomendada en milímetros entre tuberías paralela

DN	15	20	25	40	50	65	80	100	150	200	250	300
15	85											
20	95	100										
25	100	100	100									
40	115	115	115	120								
50	120	120	120	130	135							
65	125	125	130	140	145	150						
80	135	135	140	145	150	160	170					
100	160	160	165	170	175	185	190	205				
150	185	185	190	195	200	210	215	230	255			
200	215	215	220	230	235	240	250	260	290	315		
250	250	250	255	260	265	275	280	290	320	345	370	
300	285	285	290	300	305	310	320	330	360	385	410	435

Fuente: Distribución de ductos y tuberías – NEXA Cajamarquilla (2023)

2.2.10. Criterios de selección de equipos

- Estandarización: se toma en cuenta la factibilidad de usar equipos del mismo fabricante a los ya existentes en Nexa Cajamarquilla.
- Construcción: toma en consideración las actividades a realizarse para la implementación mecánica, de tubería y estructural de las instalaciones proyectadas, teniendo en cuenta el grado de facilidad de intervención y montaje.
- Seguridad: considera aquella disposición que permite la operación y construcción de forma segura tanto para las personas, equipos aledaños y medio ambiente, además toma en consideración las rutas de escape y seguridad en las zonas de operación y mantenimiento de los equipos mecánicos y eléctricos.

- Mantenimiento: toma en cuenta la cantidad de equipos adicionales los cuales se deben añadir a los planes de mantenimiento; así como los tipos de equipos (ya conocidos o nuevos para el personal de mantenimiento) que implicaran adquirir nuevos conocimientos y/o tipos de repuestos.
- Operación: considera la confiabilidad del sistema en operación; así como la facilidad de actividades que realizaría el operador para mantener el correcto funcionamiento del sistema.
- CAPEX: evalúa el impacto económico que podría generar la implementación de la alternativa propuesta, mediante una estimación de costos a alto nivel. La evaluación OPEX no forma parte de este análisis.

Tabla 2.12 Aspectos que se debe considerar para análisis de alternativas

Aspecto de Evaluación	Peso del Aspecto (%)	Criterio	Peso del Criterio (%)
TÉCNICA	80%	Estandarización	12.50%
		Construcción	12.50%
		Seguridad	15.00%
		Mantenimiento	20.00%
		Operación	20.00%
ECONÓMICA	20%	CAPEX	20.00%

Nota. Esta tabla muestra los porcentajes de peso de cada aspecto para la evaluación y decisión final para elección de suministro de aire para el sistema de aire comprimido.

Se ha considerado que los aspectos económicos tengan un peso de 20% debido a que los costos no representan mucha relevancia respecto del costo del proyecto y que además la diferencia entre las alternativas es pequeña por lo que los aspectos técnicos (80%) son los que realmente cobran relevancia en este análisis.

Para valorar los criterios mencionados, se debe definir las características a valorar de cada criterio. Los criterios se pueden valorar de dos formas, mediante el mejor valor positivo en el que tendrá mayor puntaje el que cumpla en mayor medida con las características deseadas, y el del mejor valor negativo en el que tendrá mayor puntaje la alternativa que más se aleje de las características no deseadas. En las siguientes tablas se presenta

las dos formas de calificación de los criterios de acuerdo con sus características.

Tabla 2.13 Valores cualitativos de valor positivo

Mejor valor positivo	Calificación
Muy bueno / Muy eficiente	1
Bueno / Eficiente	0.75
Regular / Medianamente eficiente	0.5
Malo / Poco eficiente	0.25
Muy malo / No eficiente	0

Tabla 2.14 Valores cualitativos de valor negativo

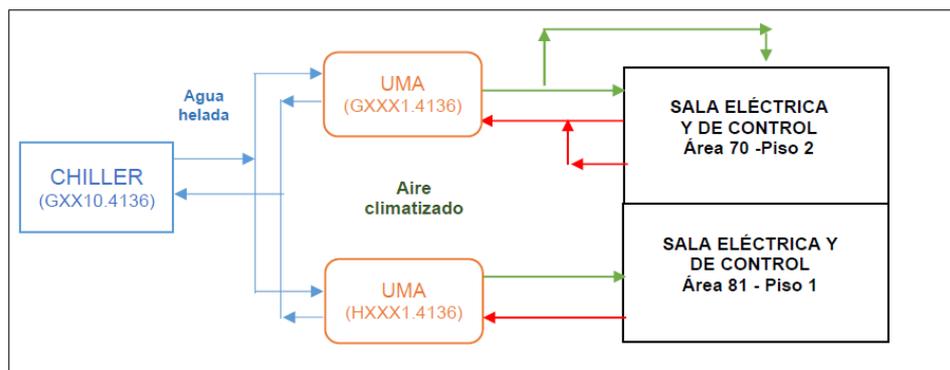
Mejor valor negativo	Calificación
Complejo / Muy alto	0
Medianamente complejo / Alto	0.25
Poco complejo / Mediano	0.5
Sencillo / Bajo	0.75
Muy sencillo / Muy bajo	1

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Sistema de Climatización

El sistema de climatización tiene como objetivo principal mantener una temperatura específica dentro de cada una de las nuevas salas eléctricas y de control.

Figura 2.9 Principales equipos de Sistema de Climatización



- Chiller: Unidad de enfriamiento de agua helada para ser usada por las UMAs. El sistema parte del Chiller, el cual tiene como función enfriar agua; es decir obtener agua helada mediante un proceso de refrigeración que se realiza dentro de este equipo.

Esta agua helada generada es impulsada por medio de una bomba mediante parte del paquete chiller, hacia el serpentín de las unidades manejadoras de aire.

Figura 2.10 Chiller



Fuente: <https://www.trane.com/commercial/latin-america/br/es/products-systems/equipment chillers.html> (2020)

- UMA: Unidad manejadora de aire, enfría el aire usando como medio el agua helada del chiller. Las UMAs serán las encargadas de enfriar el aire usando el agua helada proveniente del Chiller. Cada UMA climatizará las salas eléctricas y de control de las áreas 70 y 81, estas UMAs internamente cuentan con un serpentín de enfriamiento de aire y ventiladores que impulsan aire por medio de ductos hacia cada ambiente requerido.

Figura 2.11 UMA



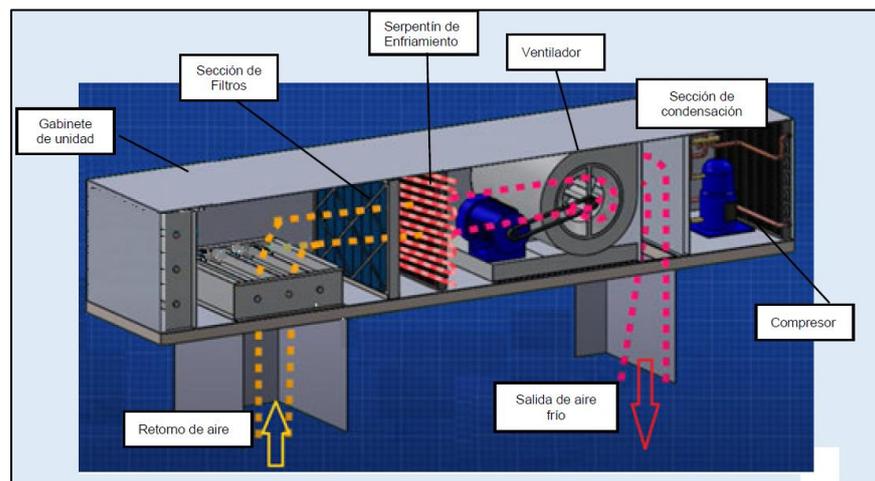
Fuente: <https://www.trane.com/commercial/latin-america/ar/es/products-systems/sistemas-de-agua-helada.html> (2020)

- Unidad Manejadora de aire tipo Roof Top

Estos equipos se caracterizan por ser unidades de climatización de dimensiones compactas. Su nombre hace referencia a la superficie donde normalmente van instalados, en los pisos de los techos o tejados.

Las secciones principales que comprende la unidad son: Compresores, sección de condensación, accesorios varios, sección de filtros, serpentín de enfriamiento, ventilador, instrumentación y control.

Figura 2.12 Esquema representativo de unidades de aire acondicionado tipo Roof Top



- Cajas VAV: Cajas de Volumen Variable

Para el ingreso de aire frío a las salas de control, se requiere el uso de cajas de volumen variable en cada área, estos equipos permiten controlar el ingreso de aire logrando así un control de temperatura dentro de cada sala de control.

Figura 2.13 Caja VAV



Fuente: <https://www.trane.com/commercial/latin-america/cl/es/products-systems/equipment/variable-air-volume.html> (2020)

- Dámper Barométrico: El retorno de aire de la sala de control se realiza mediante un dámper barométrico, el cual mantiene una presión positiva estable dentro de la sala y deja salir el aire restante hacia la sala eléctrica. Esto sucede para los dos pisos.

Figura 2.14 Dámper barométrico



Fuente: <https://www.greenheck.com/products/air-control/dampers/industrial-dampers/pressure-relief-dampers> (2024)

- Dámper cortafuego y humo: Se requieren unos “pases” en las paredes de la sala eléctrica para los cruces con los ductos de aire (ingreso y retorno) tanto para el primer como el segundo piso. En cada uno de estos “pases” se debe instalar un dámper cortafuego y humo. Estos dampers tiene la función de accionamiento

cerrando el pase y aislando el ambiente en caso de existir una emergencia.

Figura 2.15 Dámper cortafuego y humo



Fuente: <https://atedsaperu.com/product/damper-corta-fuego-motorizado/>
(2023)

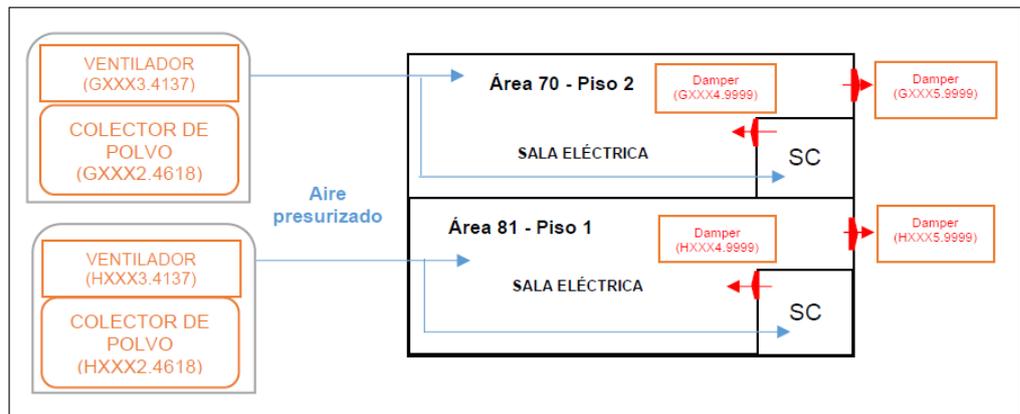
2.3.2. Sistema de Presurización

El sistema de presurización tiene como objetivo principal mantener una presión positiva específica dentro de cada una de las nuevas salas eléctricas y de control; y a su vez realizar una renovación del aire dentro de la sala.

Los equipos de presurización son principalmente para la generación de presión positiva en el interior de cada sala y disponen de un ventilador centrífugo, provisto de un colector de polvo con filtros tipo cartucho para la filtración del aire a ser inyectado al interior de cada sala de MCC (Centro de control de motores) proyectada.

Se dispone de un sistema automático de limpieza (jet pulse) a través de aire comprimido exento de aceite y humedad para no perjudicar la operación del filtro. El equipo es un sistema compacto, del tipo skid para ser montado sobre piso, con el objetivo que suministre el aire filtrado requerido para la generación de la presión positiva.

Figura 2.16 Principales equipos de Sistema de Presurización



- Colector de Polvo: Equipo utilizado para recolectar partículas de polvo en el aire, de tal manera que aspira el aire que contiene las partículas de polvo y luego las filtra para dejar un aire libre de impurezas en el ambiente.

Figura 2.17 Colector de polvo de 4 cartuchos



Fuente: <https://www.donaldson.com/es-mx/industrial-dust-fume-mist/equipment/dust-collectors/cartridge/> (2024)

- Ventilado Centrifugo: Equipo que produce aire a través de un rodete y luego lo expulsa mediante sus álabes, es decir, transmite energía para generar la presión necesaria con la que se mantiene un fluido continuo de aire.

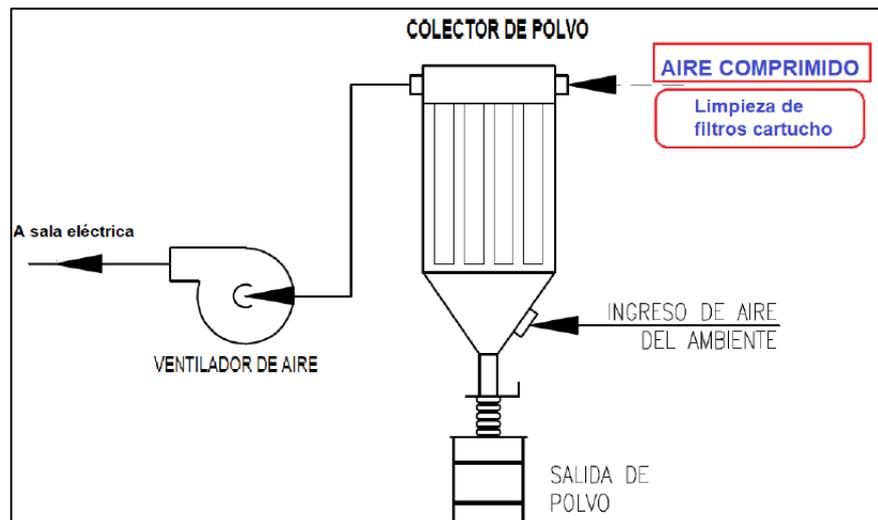
Figura 2.18 Ventilador centrifugo Ferrari



Fuente: <https://ventiladoresindustriales.cl/acoplamiento-directo/42-ferrari-efc-axial.html> (2022)

El sistema comienza con el equipo presurizador (colector más ventilador) captando aire del ambiente exterior para poder inyectarlo hacia el interior de las salas eléctricas.

Figura 2.19 Sistema colector de polvo



2.3.3. Sistema de Aire Comprimido

Comprende al sistema de filtración de aire a través de un proceso que inicia con el secado del aire, para luego sea trasladado mediante tuberías y filtros de aire hacia el intensificador de presión y sea almacenado en un tanque pulmón para su distribución continua.

- Secador de aire: Equipo que aporta al tratamiento de aire comprimido, permite reducir el contenido de vapor de agua o humedad, haciendo que sea más limpio para que no genere corrosión.

Figura 2.20 Secador de aire Gardner Denver



Fuente: <https://www.directindustry.es/prod/gardner-denver/product-6110-1135631.html> (2024)

- Pre-Filtro / Post-Filtro: Son los primeros filtros que se instalan después de los secadores y sirven para eliminar las partículas más gruesas que son superiores a 1 micra y que pueden ser aspiradas.

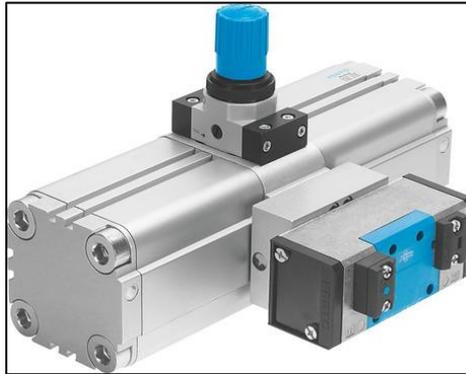
Figura 2.21 Pre-filtro, Filtro y Post-filtro Gardner Denver



Fuente: <https://www.gardnerdenver.com/es-cl/air-treatment/air-compressor-filters> (2024)

- Intensificación de Presión: Es un multiplicador de presión de doble émbolo que únicamente puede comprimir aire.

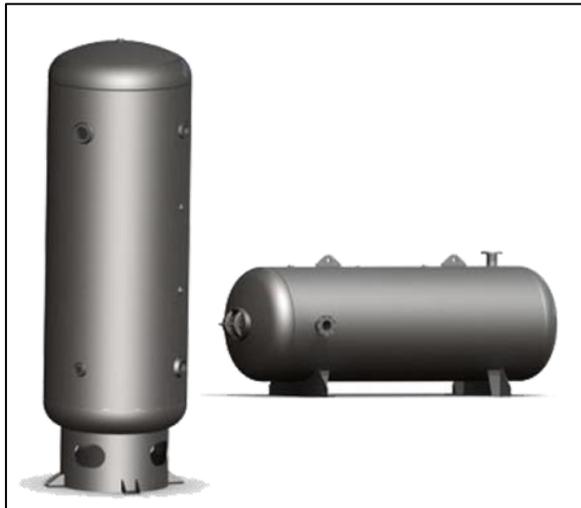
Figura 2.22 Intensificador de presión Festo



Fuente: https://www.festo.com/pe/es/p/intensificador-de-presion-id_DPA/ (2024)

- Tanque pulmón: Equipo que almacena aire comprimido para satisfacer continuamente al sistema y ayudar a controlar la presión del sistema.

Figura 2.23 Tanque pulmón



Fuente: <https://neumaticaint.com.mx/product-category/desagues/tanques/> (2024)

2.3.4. Sistema de Agua de refrigeración

Este sistema contempla dos subsistemas, el primer subsistema es el de suministro de agua de reposición y el segundo subsistema es el de agua de refrigeración. Ambos subsistemas deben ser instalados para las salas eléctricas del MCC de las áreas 70 y 81.

- Suministro de agua de reposición:

La finalidad de este subsistema es la de proveer el agua desmineralizada adicional (reposición) que por motivo principalmente de pérdidas por evaporación se dan en el tanque de agua de la unidad Chiller. Este subsistema debe estar conformado:

- Bomba portátil: Bomba hidráulica que transforma energía mecánica en energía cinética de presión a un fluido.

Figura 2.24 Bombas portátil



Fuente: Cortesía de empresa Americorp (2024)

- Línea de impulsión que va desde la bomba portátil hacia el tanque de agua de reposición: Tuberías para traslado de fluido.
- Línea de descarga de agua de suministro desde tanque de agua de suministro hacia tanque de agua de refrigeración en la unidad Chiller: Tuberías para traslado de fluido.
- Tanque de agua de reposición: Depósito para almacenar agua

Figura 2.25 Tanque de agua



Fuente: <https://www.promart.pe/tanque-1100-lt-negro-rotoplas-68599/p> (2024)

2.3.5. Sala eléctrica y de control de motores

Instalación o recinto cerrado perimetralmente con paredes y techo para proteger contra la lluvia y el polvo, señalizado e identificado, de acceso restringido, con puertas de acceso, diseñado para albergar uno o más trabajadores en forma permanente, cuya función es integrar, conectar, distribuir energía eléctrica y controlar equipos, instrumentos, tableros eléctricos, tales como: CCM, dispositivos de control, tableros de distribución, equipos de transformación, comunicaciones, iluminación e instrumentación (Jhonston, 2021).

Figura 2.26 Sala eléctrica



Fuente: Cortesía de empresa Americorp (2024)

2.4. Definiciones de términos básicos

- **Temperatura de bulbo seco:** Temperatura que se obtiene al verificar con un termómetro ordinario.
- **Temperatura de bulbo húmedo:** Temperatura que se obtiene al medir frente a una corriente de aire utilizando un termómetro con bulbo cubierto por una mecha húmeda.
- **Humedad relativa:** Relación entre la cantidad de vapor de agua en el aire y la máxima cantidad necesaria para la saturación a cierta temperatura.
- **BTU:** Es aproximadamente la cantidad de calor necesaria para provocar una elevación de temperatura de 1° F en una muestra de agua con una masa de 1lb.
- **TR:** Tonelada de refrigeración que equivale a 12000 Btu/h, es la unidad nominal de extracción de carga térmica para mencionarse a la capacidad de enfriamiento de las máquinas frigoríficas y equipos de climatización.
- **Ducto:** Sistema de distribución de aire por conductos metálicos desde el equipo HVAC hasta el ambiente a climatizar / presurizar.
- **Cartucho:** Tipo de filtro y parte primordial del colector de polvo que captura las partículas de polvo en el ambiente.
- **Pulse-jet:** Proceso de limpieza automático de filtros de aire que se lleva a cabo usando un pulso de aire comprimido, el cual es dirigido en sentido contrario al paso normal de aire. Este proceso se realiza cada cierto tiempo según la saturación del filtro que es comandada por lo general por una válvula solenoide.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

Isern (1998), menciona que “los estudios descriptivos cuyo objetivo principal es la recogida de información no requieren de hipótesis, mientras los estudios analíticos cuyo objetivo es la investigación de relaciones causales si requieren de hipótesis que permitan establecer la base para las pruebas de significación estadística”.

Tomando en cuenta lo descrito y siendo la investigación descriptiva, se determina que no aplica hipótesis al presente trabajo de investigación.

3.2. Operacionalización de variable

Tabla 3.1 Operacionalización de variable

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicador	Índice	Método	Técnica
Diseño de Sistema de Climatización y Presurización	<p>Los sistemas de climatización son dispositivos mecánicos que son capaces de modificar la temperatura, la humedad, la circulación y pureza del aire para establecer un confort térmico y una buena salubridad del aire (Ruiz, 2019).</p> <p>El sistema de presurización es un sistema de inyección de aire a presión positiva y filtrada el cual ingresa a la sala a través de ductos metálicos o directamente desde los equipos a través de ventanas construidos en las paredes de las salas eléctricas. Este sistema garantiza que agentes externos no ingresen a la sala tales como: polvo, partículas metálicas, humo, etc. (Camacho y otros, 2021).</p>	<p>El sistema de climatización y presurización se diseña de la necesidad de controlar la temperatura y presión positiva en la nueva sala eléctrica para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos eléctricos, este diseño implica realizar el cálculo de la carga térmica en el interior de la sala eléctrica teniendo en consideración el calor generado por las personas, equipos eléctricos, iluminación, el calor absorbido del ambiente exterior por la edificación; el cálculo del flujo de presurización requerido para el área total de la sala eléctrica y el dimensionamiento de ductos para la distribución homogénea del aire.</p>	Cálculo de Carga térmica	<p>Número de personas en el ambiente</p> <p>Área a climatizar</p> <p>Temperatura interior y exterior</p> <p>Calor por radiación</p> <p>Calor generado por Equipos eléctricos</p> <p>Calor disipado por iluminación</p> <p>Área libre de flujo de aire</p> <p>Diferencia de Presiones</p> <p>Densidad del aire</p> <p>Velocidad Máxima de transporte</p>	<p>Nº de personas</p> <p>Área en pies cuadrados</p> <p>Dif. Temp. en grados °F</p> <p>Calor en BTU por hora</p> <p>Calor en BTU por hora</p> <p>Calor en BTU por hora</p> <p>Área en pies cuadrados</p> <p>Pulg. columna de agua</p> <p>Libra por ft³</p> <p>Suministro y retorno (FPM)</p>	Método de diseño en ingeniería	<p>Técnica Documental</p> <p>- Revisión de información</p> <p>- Fichas bibliográficas</p>
		Cálculo de Flujo de Presurización	<p>Perdida de Presión estática</p>	<p>Pérdidas en ductos (Pulg. C.A. por pies/ducto)</p>	<p>Técnica Empírica</p> <p>- Observación y recopilación de información</p> <p>- Levantamiento de información para elaboración de planos.</p>		
		Dimensionamiento de Sistema de Ductos					

IV. METODOLOGIA DEL PROYECTO

4.1. Diseño metodológico

Tipo de investigación

El tipo de investigación que se utilizó es aplicada, está busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo. Esta se basa fundamentalmente en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica, ocupándose del proceso de enlace entre la teoría y el producto (Lozada, 2014). Acorde a lo mencionado, para la presente investigación se aplicó conocimientos de termodinámica, refrigeración, aire acondicionado y mecánica de fluidos; los cuales fueron requeridos para hallar la solución al control de temperatura y presión positiva a la sala eléctrica y de control de motores de las áreas 70 y 81 de la Refinería Nexa Cajamarquilla por medio de un sistema de climatización y presurización.

Enfoque de la investigación

El enfoque de investigación que se utilizó es cuantitativo debido a que “este enfoque usa la obtención de la información con el fin de corroborar la hipótesis teniendo en cuenta el empleo de los números y la disciplina estadística que permita fijar aspectos comportamentales con el fin de comprobar los enfoques teóricos” (Hernández, 2014). Según lo mencionado, para la presente investigación se realizó el cálculo con dato numéricos de la carga térmica, flujo de presurización y dimensionamiento de ductos.

Nivel de la investigación

El nivel de investigación que se utilizo es descriptivo ya que “consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere” (Arias, 2012). De acuerdo con lo mencionado, para la presente investigación se

especificó las características y propiedades que se requieren para la selección de los equipos de los sistemas de climatización y presurización.

Diseño de la investigación

El diseño de la investigación que se utilizó es no experimental porque “no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables, lo que hacemos es observar los fenómenos tal como se dan en su contexto natural” (Hernández, 2014).

Para la presente investigación se recolectó información de la sala eléctrica de acuerdo con las condiciones ambientales presentes en el lugar, por lo que no se cambia en forma incondicional las variables.

4.2. Método de investigación

El método de investigación que se utilizó es sistemático ya que “es un proceso mediante el cual se relacionan hechos aparentemente aislados y se formula una teoría que unifica los diversos elementos” (Morales, 2013).

Se está utilizando la inteligencia y raciocinio para el análisis del diseño del sistema de climatización y presurización como un todo para comprender las partes y viceversa.

El método en mención es el estudio del objeto mediante la determinación de sus elementos para observar su estructura y su funcionamiento las cuáles la hemos subdividido en las siguientes etapas:

Figura 4.1 Caja negra del diseño metodológico

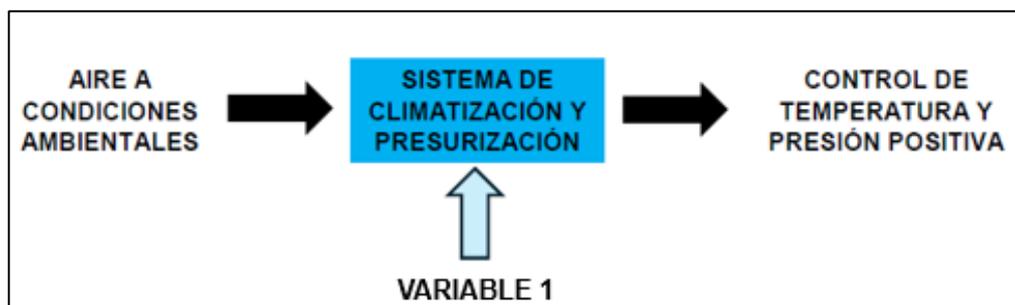
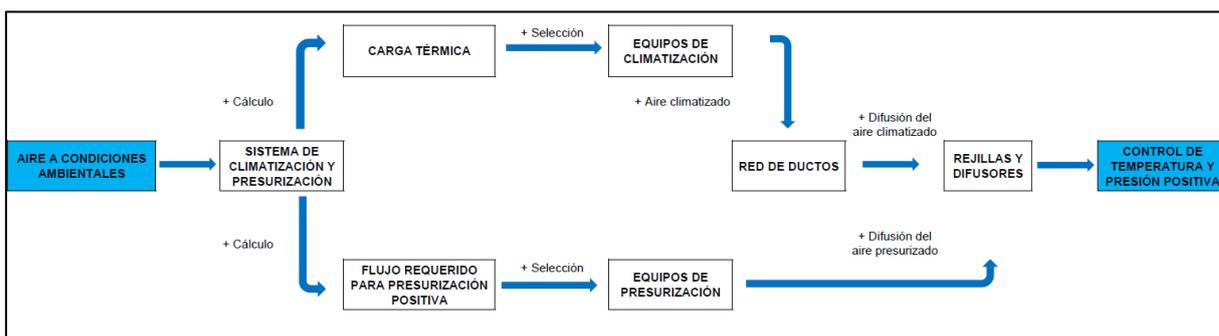


Figura 4.2 Caja blanca del diseño metodológico



4.3. Población y muestra

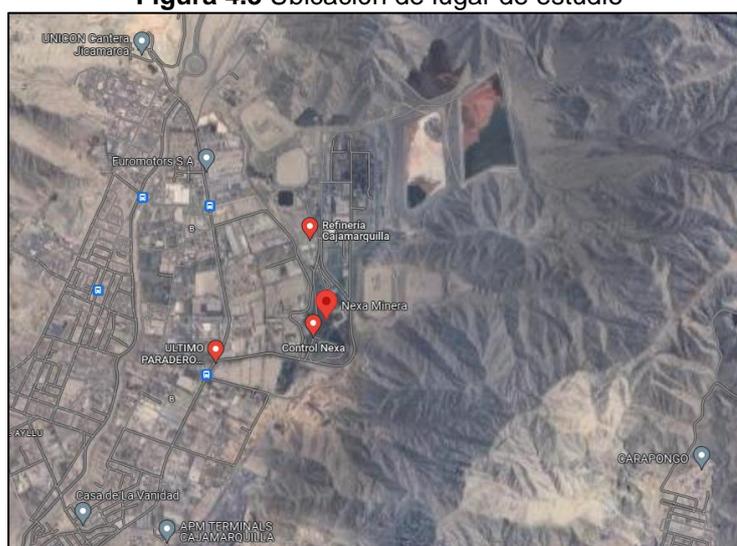
Castro (2003), indica que "si la población es menor a cincuenta (50) individuos, la población es igual a la muestra".

La población coincide con la muestra del proyecto de tesis que corresponde a la sala eléctrica y de control de motores; ya que esta edificación de 2 niveles es el área de estudio donde se recopilara la información para la selección y posterior instalación de los sistemas de climatización y presurización.

4.4. Lugar de estudio

La refinería de zinc de Cajamarquilla, en el distrito de Lurigancho, en la Provincia de Lima a 450 metros sobre el nivel del mar a 22 kilómetros de Lima y 37 kilómetros al este del Puerto del Callao.

Figura 4.3 Ubicación de lugar de estudio



Fuente: Google Maps (2024)

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de información

La técnica de investigación que se utilizó para la recolección de datos fueron la documental, “la cual permite la recopilación de evidencias para demostrar las hipótesis de investigación” (Espinoza, 2014).

Además, se utilizó la técnica empírica ya que “esta nos facilita la observación de primera mano de manera directa con el objeto de estudio y la recolección de testimonios que ayuden a conectar la teoría con la práctica, siempre en búsqueda de la verdad. Una subdivisión de esta técnica es la observación. Esta última, nos permite agrupar y ordenar toda la información sobre el objeto de estudio que está relacionado con el problema de investigación. También, nos ayuda con la obtención de datos próximos de cómo se está desarrollando el funcionamiento del objeto de investigación en el presente” (Espinoza, 2014).

Para la presente investigación se usaron las 2 técnicas mencionadas, se ha obtenido datos de nuestros objetos de investigación de manera directa haciendo así que cumpla con las características de veracidad, objetividad y confiabilidad.

Los instrumentos que utilizamos para esta técnica son:

- Fichas técnicas de equipos.
- Registros de mediciones.
- Medidor de distancias láser
- Flexómetros
- Vernier.
- Termómetro infrarrojo.

4.6. Análisis y procesamiento de datos

4.6.1. Cálculo de Carga térmica

Se considero la disipación de calor que generaran los equipos eléctricos en funcionamiento, también el calor sensible y latente generada por personas debido a su permanencia de las salas eléctricas, además se tomó en cuenta el calor generado por

iluminación, adicionalmente se consideró el calor por infiltraciones de aire exterior; por último, se calculó el calor absorbido por la edificación considerando sus características de los materiales y con ayuda de las tablas y ecuaciones de transferencia de calor determinamos la energía requerida para controlar la temperatura.

- **Calor generado por equipos eléctricos**

Se detalla en las siguientes tablas, la disipación de calor según ficha técnica de cada equipo eléctrico que se instalara dentro de las salas eléctricas y de control de motores.

Tabla 4.1 Disipación térmica de equipos eléctricos de sala eléctrica del área 81

SALA ELECTRICA ÁREA 81 (PRIMER NIVEL)				
Ítem	Descripción	Características Técnicas Generales	Disipación Watts	Disipación BTU/Hr
1	Centro de Distribución de Cargas BT	CDC, 460 Vca; 3Ø; 60 Hz; 3200A; 65 kA Sym	6700	22887.20
2	Centro de Control de Motores BT	CCM, 460 Vca; 3Ø; 60 Hz; 800A; 65 kA Sym	1600	5465.60
3	Centro de Control de Motores BT	CCM, 460 Vca; 3Ø; 60 Hz; 1250A; 65 kA Sym	2850	9735.60
4	Centro de Control de Motores BT - Sheppard	CCM, 460 Vca; 3Ø; 60 Hz; 800A; 65 kA Sym	1000	3416.00
5	Transformador de Servicios Auxiliares	Transformador seco, 15 kVA, 0.46/0.23 kV; 60 Hz; 3F	965	3296.44
6	Transformador de Servicios Auxiliares	Transformador seco, 15 kVA, 0.46/0.23 kV; 60 Hz; 3F	965	3296.44
7	Transformador para panel de instrumentación	Transformador seco, 10 kVA, 230 / 115 Vca; 60 Hz; 1F	650	2220.40
8	Transformador de Servicios Auxiliares	Transformador seco, 5 kVA, 460 / 230 Vca; 60 Hz; 3F	250	854.00
9	Panel de Distribución de Servicios Auxiliares e Iluminación	Panel de Distribución de Alumbrado, 230 Vca, 100 A, 3Ø+T, 60 Hz, 18 kA	215	734.44
10	Tablero de distribución de instrumentación	Panel de Instrumentación, 115 Vca; 1F+T; 60 Hz; 100 A; 10 Ka	150	512.40
11	Panel de Distribución de Servicios Auxiliares	Panel de Distribución, 230 Vca, 100 A, 3Ø+T, 60 Hz, 18 kA	215	734.44
12	Sistema de alimentación ininterrumpida (UPS)	UPS, 15 kVA, autonomía 30 min: - Tensión de entrada: 0.23 kV, 3F+T - Tensión de salida: 0.23 kV, 1F+T	2500	8540.00

13	Soft starter BT	Soft Starter, 93 kW, 460 Vac, 3Ø, 60Hz. Integrados en tablero autoportado	2460	8403.36
14	Panel para HVAC y Presurización	Panel de HVAC, 460 V, 3Ø, 60Hz.	150	512.40
15	Gabinete de control PLC 01	Tablero autoportado 2.20x1.20x0.60 m. NEMA 12, 115 Vac, 1F+T, tensión desde UPS	200	683.20
16	Gabinete de control PLC 02	Tablero autoportado 2.20x1.20x0.60 m. NEMA 12, 115 Vac, 1F+T, tensión desde UPS	200	683.20
17	Gabinete de comunicaciones	Tablero adosado 0.80x0.60x0.30 m. NEMA 12, 115 Vac, 1F+T, tensión desde UPS	130	444.08
18	Gabinete de comunicaciones	Tablero adosado 0.80x0.60x0.30 m. NEMA 12, 115 Vac, 1F+T, tensión desde UPS	130	444.08
19	Gabinete de comunicaciones	Tablero adosado 0.80x0.60x0.30 m. NEMA 12, 115 Vac, 1F+T, tensión desde UPS	130	444.08
20	Panel de control local de detección y alarma de incendios (FACP)	Tablero adosado 0.52x0.53x0.11 m. NEMA 12, 115 Vac, 1F+T, Tensión desde UPS.	50	170.80
21	Gabinete de Comunicaciones Sistema de detección y alarma de incendios	Gabinete de Comunicaciones, 478x600x573mm, NEMA 12	50	170.80
22	Gabinete de control - SHEPPARD	Tablero autoportado 2.20x1.20x0.60 m. NEMA 12, 115 Vac, 1F+T, tensión desde UPS.	300	1024.80
23	Gabinete de comunicaciones	Tablero adosado 0.80x0.60x0.30 m. NEMA 12, 115 Vac, 1F+T, tensión desde UPS	130	444.08
24	Gabinete de comunicaciones CCTV	Tablero adosado 0.48x0.60x0.58 m, tipo rack, 9RU, 19 Pulg, NEMA 12, 115 Vac, 1F+T, tensión desde UPS.	280	956.48
25	Tablero de control de acceso - 12 Vdc	Tablero adosado 0.40x0.40x0.11 m. NEMA 12, 115 Vac, 1F+T, Tensión desde UPS	17	58.07

26	Tablero de control de acceso - 12 Vdc	Tablero adosado 0.40x0.40x0.11 m. NEMA 12, 115 Vac, 1F+T, Tensión desde UPS	17	58.07
27	Tablero de emergencia		800	2732.80
28	Tablero de variador de moldes		450	1537.20
29	Tablero de variadores		450	1537.20
TOTAL			24004	81998
FACTOR DE DISEÑO			1.1	1.1
CARGA TÉRMICA TOTAL DISIPADA ÁREA 81			26404	90197

Nota. Esta tabla muestra la carga térmica de los equipos que serán instalados en el interior de la sala eléctrica del área 81, donde finalmente la carga térmica es de 90197 BTU/Hr.

Tabla 4.2 Disipación térmica de equipos eléctricos de sala de control del área 81

Ítem	Descripción	Características Técnicas Generales	Disipación Watts	Disipación BTU/Hr
1	Gabinete de Comunicaciones Voz y Data	Gabinete de comunicaciones, 478x600x573mm (HxWxD)	250	854.00
2	CPU's y monitores	Uno (01 und) estación de control con monitoreo para área 81.	1800	6148.80
3	Tablero Control de Acceso- 12VDC	Tablero adosado 0.40x0.40x0.11 m. NEMA 12, 115 Vac, 1F+T, Tensión desde UPS	17	58.07
TOTAL			2067	7060.872
FACTOR DE DISEÑO			1.1	1.1
CARGA TÉRMICA TOTAL DISIPADA ÁREA 81			2274	7767

Nota. Esta tabla muestra la carga térmica de los equipos que serán instalados en el interior de la sala de control del área 81, donde finalmente la carga térmica es de 7767 BTU/Hr.

Tabla 4.3 Disipación térmica de equipos eléctricos de sala eléctrica del área 70

Ítem	Descripción	Características Técnicas Generales	Disipación Watts	Disipación BTU/Hr
1	Centro de Control de Motores BT	CCM, 460 Vca; 3Ø; 60 Hz; 1600A; 65 kA Sym	3800	12980.00
2	Centro de Control de Motores BT	CCM, 460 Vca; 3Ø; 60 Hz; 1250A; 65 kA Sym	3500	11956.00
3	Transformador de Servicios Auxiliares	Transformador seco, 15 kVA, 0.46/0.23 kV; 60 Hz; 3F	965	3296.44
4	Transformador de Servicios Auxiliares (Instrumentación)	Transformador seco, 15 kVA, 0.46/0.23 kV; 60 Hz; 3F	965	3296.44
5	Transformador para panel de instrumentación	Transformador seco, 10 kVA, 230 / 115 Vca; 60 Hz; 1F	650	2220.40

6	Panel de Distribución de Servicios Auxiliares e Iluminación	Panel de Distribución de Alumbrado, 230 Vca, 100 A, 3Ø+T, 60 Hz, 18 kA	215	734.44
7	Panel de distribución de instrumentación	Panel de Instrumentación, 115 Vca; 1F+T; 60 Hz; 100 A; 10 Ka	150	512.40
8	Sistema de alimentación ininterrumpida (UPS)	UPS, 15 kVA, autonomía 30 min: - Tensión de entrada: 0.23 kV, 3F+T - Tensión de salida: 0.23 kV, 1F+T	2500	8540.00
9	Variador de frecuencia 460 Vac	VF, 86 kW, 460 Vac, 3Ø, 60Hz. Integrados en tablero autosoportado	2550	8710.80
10	Variador de frecuencia 460 Vac	VF, 86 kW, 460 Vac, 3Ø, 60Hz. Integrados en tablero autosoportado	2550	8710.80
11	Variador de frecuencia 460 Vac	VF, 86 kW, 460 Vac, 3Ø, 60Hz. Integrados en tablero autosoportado	2550	8710.80
12	Variador de frecuencia 460 Vac	VF, 86 kW, 460 Vac, 3Ø, 60Hz. Integrados en tablero autosoportado	2550	8710.80
13	Variador de frecuencia 460 Vac	VF, 86 kW, 460 Vac, 3Ø, 60Hz. Integrados en tablero autosoportado	2550	8710.80
14	Variador de frecuencia 460 Vac	VF, 86 kW, 460 Vac, 3Ø, 60Hz. Integrados en tablero autosoportado	2550	8710.80
15	Variador de frecuencia 460 Vac	VF, 86 kW, 460 Vac, 3Ø, 60Hz. Integrados en tablero autosoportado	2550	8710.80
16	Variador de frecuencia 460 Vac	VF, 86 kW, 460 Vac, 3Ø, 60Hz. Integrados en tablero autosoportado	2550	8710.80
17	Variador de frecuencia 460 Vac	VF, 86 kW, 460 Vac, 3Ø, 60Hz. Integrados en tablero autosoportado	2550	8710.80
18	Variador de frecuencia 460 Vac	VF, 86 kW, 460 Vac, 3Ø, 60Hz. Integrados en tablero autosoportado	2550	8710.80
19	Variador de frecuencia 460 Vac	Variador de Frecuencia: 30 kW, 460 Vac, 3Ø, 60Hz. Integrados en tablero autosoportado	1070	3655.12
20	Variador de frecuencia 460 Vac	Variador de Frecuencia: 30 kW, 460 Vac, 3Ø, 60Hz. Integrados en tablero autosoportado	1070	3655.12

21	Variador de frecuencia 460 Vac	Variador de Frecuencia: 30 kW, 460 Vac, 3Ø, 60Hz. Integrados en tablero auto soportado	1070	3655.12
22	Variador de frecuencia 460 Vac	Variador de Frecuencia: 30 kW, 460 Vac, 3Ø, 60Hz. Integrados en tablero auto soportado	1070	3655.12
23	Variador de frecuencia 460 Vac	Variador de Frecuencia: 30 kW, 460 Vac, 3Ø, 60Hz. Integrados en tablero auto soportado	1070	3655.12
24	Variador de frecuencia 460 Vac	Variador de Frecuencia: 30 kW, 460 Vac, 3Ø, 60Hz. Integrados en tablero auto soportado	1070	3655.12
25	Variador de frecuencia 460 Vac	Variador de Frecuencia: 30 kW, 460 Vac, 3Ø, 60Hz. Integrados en tablero auto soportado	1070	3655.12
26	Variador de frecuencia 460 Vac	Variador de Frecuencia: 30 kW, 460 Vac, 3Ø, 60Hz. Integrados en tablero auto soportado	1070	3655.12
27	Variador de frecuencia 460 Vac	Variador de Frecuencia: 30 kW, 460 Vac, 3Ø, 60Hz. Integrados en tablero auto soportado	1070	3655.12
28	Variador de frecuencia 460 Vac	Variador de Frecuencia: 30 kW, 460 Vac, 3Ø, 60Hz. Integrados en tablero auto soportado	1070	3655.12
29	Variador de frecuencia 460 Vac	Variador de Frecuencia: 30 kW, 460 Vac, 3Ø, 60Hz. Integrados en tablero auto soportado	1070	3655.12
30	Variador de frecuencia 460 Vac	Variador de Frecuencia: 30 kW, 460 Vac, 3Ø, 60Hz. Integrados en tablero auto soportado	1070	3655.12
31	Panel para HVAC y Presurización	Panel de HVAC, 460 V, 3Ø, 60Hz.	150	512
32	Gabinete de control PLC	Tablero auto soportado 2.20x1.20x0.60 m. NEMA 12, 115 Vac, 1F+T, Tensión desde UPS	300	1024.8
33	Gabinete de comunicaciones	Tablero auto soportado 0.80x0.60x0.30 m. NEMA 12, 115 Vac, 1F+T, Tensión desde UPS	130	444

34	Panel de control local de detección y alarma de incendio (FACP)	Tablero autosoportado 0.52x0.53x0.12 m. NEMA 12, 115 Vac, 1F+T, Tensión desde UPS.	50	171
35	Gabinete de Comunicaciones Sistema de detección y alarma de incendios	Gabinete de Comunicaciones, 478x600x573mm, NEMA 12	50	171
36	Tablero de emergencia		800	2733
37	Gabinete de comunicación de CCTV	Tablero adosado 0.48x0.60x0.58 m, tipo rack, 9RU, 19 Pulg, NEMA 12, 115 Vac, 1F+T, tensión desde UPS.	280	956.48
38	Tablero de control de acceso - 12 Vdc	Tablero adosado 0.40x0.40x0.11 m. NEMA 12, 115 Vac, 1F+T, Tensión desde UPS	17	58.07
39	Tablero de control de acceso - 12 Vdc	Tablero adosado 0.40x0.40x0.11 m. NEMA 12, 115 Vac, 1F+T, Tensión desde UPS	17	58.07
TOTAL			52879	180633.86
FACTOR DE DISEÑO			1.1	1.1
CARGA TÉRMICA TOTAL DISIPADA ÁREA 70			58167	198697

Nota. Esta tabla muestra la carga térmica de los equipos que serán instalados en el interior de la sala eléctrica del área 70, donde finalmente la carga térmica es de 198697 BTU/Hr.

Tabla 4.4 Disipación térmica de equipos eléctricos de sala de control del área 70

Ítem	Descripción	Características Técnicas Generales	Disipación Watts	Disipación BTU/Hr
1	Gabinete de Comunicaciones Voz y Data	Gabinete de comunicaciones, 478x600x573mm (HxWxD)	250	854.00
2	CPU 's y monitores	Uno (01 und) estación de control con monitoreo para área 81.	1800	6148.80
3	Tablero Control de Acceso- 12VDC	Tablero adosado 0.40x0.40x0.11m. NEMA 12, 115 Vac, 1F+T, Tensión desde UPS	17	58.07
TOTAL			2067	7060.87
FACTOR DE DISEÑO			1.1	1.10
CARGA TÉRMICA TOTAL DISIPADA ÁREA 70			2273	7767

Nota. Esta tabla muestra la carga térmica de los equipos que serán instalados en el interior de la sala de control del área 70, donde finalmente la carga térmica es de 7767 BTU/Hr.

Tabla 4.5 Calor generado por Equipos Eléctricos en MCC Área 81

	Coef(W)	Coef (Btu.Hr/W)	Q sensible (BTU/Hr)
Equipos eléctricos	28678.00	3.416	97964.00
Adicional (15%)	4302.00	3.416	14695.00
Total			112659.00

Nota. Se consideró un factor de diseño de 1.15 en caso haya modificaciones o se adicione tableros eléctricos en el MCC del área 81, obteniendo así una carga térmica de 112,659 BTU/Hr.

Tabla 4.6 Calor generado por Equipos Eléctricos en MCC Área 70

	Coef(W)	Coef (Btu.Hr/W)	Q sensible (BTU/Hr)
Equipos eléctricos	60441.00	3.416	206466.00
Adicional (15%)	9066.00	3.416	30970.00
Total			237436.00

Nota. Se consideró un factor de diseño de 1.15 en caso haya modificaciones o se adicione tableros eléctricos en el MCC del área 70, obteniendo así una carga térmica de 237,436 BTU/Hr.

- **Calor generado por personas**

Para esta investigación, se utilizó un calor sensible y latente de 275 BTU/h y 475 BTU/h respectivamente, como carga térmica generada por personas debido a trabajo pesado en fábricas, tomando como base lo recomendado en el ASHRAE HVAC Fundamentals.

Para motivos de cálculo se asume una cantidad de 04 personas trabajando de forma permanente por mantenimiento en el interior de la sala MCC y 02 personas para la sala de control para cada nivel de la sala eléctrica.

Figura 4.4 Ratios de calor sensible y latente para personas según ASHRAE

Degree of Activity	Location	Total Heat, Btu/h		Sensible Heat, Btu/h	Latent Heat, Btu/h	% Sensible Heat that is Radiant ^b	
		Adult Male	Adjusted, M/F ^a			Low V	High V
Seated at theater	Theater	390	350	245	105	60	27
Seated, very light work	Offices, hotels, apartments	450	400	245	155		
Moderately active office work	Offices, hotels, apartments	475	450	250	200		
Standing, light work; walking	Department store; retail store	550	450	250	200	58	38
Walking, standing	Drug store, bank	550	500	250	250		
Sedentary work	Restaurant ^c	490	550	275	275		
Light bench work	Factory	800	750	275	475		
Moderate dancing	Dance hall	900	850	305	545	49	35
Walking 3 mph; light machine work	Factory	1000	1000	375	625		
Bowling ^d	Bowling alley	1500	1450	580	870		
Heavy work	Factory	1500	1450	580	870	54	19
Heavy machine work; lifting	Factory	1600	1600	635	965		
Athletics	Gymnasium	2000	1800	710	1090		

Notes:
 1. Tabulated values are based on 75°F room dry-bulb temperature. For 80°F room dry bulb, total heat remains the same, but sensible heat values should be decreased by approximately 20%, and latent heat values increased accordingly.
 2. Also see Table 4, Chapter 9, for additional rates of metabolic heat generation.
 3. All values are rounded to nearest 5 Btu/h.
^aAdjusted heat gain is based on normal percentage of men, women, and children for the application listed, and assumes that gain from an adult female is 85% of that for an adult male, and gain from a child is 75% of that for an adult male.
^bValues approximated from data in Table 6, Chapter 9, where V is air velocity with limits shown in that table.
^cAdjusted heat gain includes 60 Btu/h for food per individual (30 Btu/h sensible and 30 Btu/h latent).
^dFigure one person per alley actually bowling, and all others as sitting (400 Btu/h) or standing or walking slowly (550 Btu/h).

Fuente: ASHRAE HVAC Fundamentals (2021)

Tabla 4.7 Calor Sensible generado por personas en MCC Área 81

Cantidad	Coef (Btu/pers)	Q sensible (BTU/Hr)
6.00	275	1650.00

Tabla 4.8 Calor Latente generado por personas en MCC Área 81

Cantidad	Coef (Btu/pers)	Q latente (BTU/Hr)
6.00	475	2850.00

Tabla 4.9 Calor Sensible generado por personas en MCC Área 70

Cantidad	Coef (Btu/pers)	Q sensible (BTU/Hr)
6.00	275	1650.00

Tabla 4.10 Calor Latente generado por personas en MCC Área 70

Cantidad	Coef (Btu/pers)	Q latente (BTU/Hr)
6.00	475	2850.00

- Calor generado por iluminación**

Según el ASHRAE HVAC Fundamentals, recomienda que la máxima densidad de potencia de iluminación (LPD) para salas eléctricas debe ser 0.42 W/ft².

Para el caso de salas de control se tomó el valor para oficinas cerradas que corresponde a 1.11 W/ft².

Figura 4.5 Densidades de potencia de iluminación utilizando el método espacio por espacio

Common Space Types ^a	LPD, W/ft ²	Common Space Types ^a	LPD, W/ft ²	Building-Specific Space Types ^a	LPD, W/ft ²
Atrium		Loading Dock, Interior	0.47	Playing area	1.20
≤40 ft high	0.03/ft total height	Lobby		Health Care Facility	
>40 ft high	0.40 + 0.02/ft total height	In facility for the visually impaired (and not used primarily by staff) ^f	1.80	Exam/treatment room	1.66
		For elevator	0.64	Imaging room	1.51
Audience Seating Area		In hotel	1.06	Medical supply room	0.74
In auditorium	0.63	In motion picture theater	0.59	Nursery	0.88
In convention center	0.82	In performing arts theater	2.00	Nurses' station	0.71
In gymnasium	0.65	All other lobbies	0.90	Operating room	2.48
In motion picture theater	1.14	Locker Room	0.75	Patient room	0.62
In penitentiary	0.28	Lounge/Breakroom		Physical therapy room	0.91
In performing arts theater	2.43	In health care facility	0.92	Recovery room	1.15
In religious building	1.53	All other lounges/breakrooms	0.73	Library	
In sports arena	0.43	Enclosed and ≤250 ft ²	1.11	Reading area	1.06
All other audience seating areas	0.43	Enclosed and >250 ft ²	1.11	Stacks	1.71
Banking Activity Area	1.01	Open plan	0.98	Manufacturing Facility	
Breakroom (See Lounge/Breakroom)		Office		Detailed manufacturing area	1.20
Classroom/Lecture Hall/Training Room		Enclosed	1.11	Equipment room	0.74
In penitentiary	1.34	Open plan	0.98	Extra-high-bay area (>50 ft floor-to-ceiling height)	1.05
All other classrooms/lecture halls/training rooms	1.24	Parking Area, Interior	0.19	High-bay area (25 to 50 ft floor-to-ceiling height)	1.23
Conference/Meeting/Multipurpose Room	1.23	Pharmacy Area	1.68	Low bay area (<25 ft floor-to-ceiling height)	1.19
Confinement Cells	0.81	Restroom		Museum	
Copy/Print Room	0.72	In facility for the visually impaired (and not used primarily by staff) ^f	1.21	General exhibition area	1.05
Corridor^b		All other restrooms	0.98	Restoration room	1.02
In facility for visually impaired (and not used primarily by staff) ^f	0.92	Sales Area^d	1.44	Performing Arts Theater, Dressing Room	0.61
In hospital	0.99	Seating Area, General	0.54	Post Office, Sorting Area	0.94
In manufacturing facility	0.41	Stairway		Religious Buildings	
All other corridors	0.66	Space containing stairway determines LPD and control requirements for stairway.		Fellowship hall	0.64
Courtroom	1.72	Stairwell	0.69	Worship/pulpit/choir area	1.53
Computer Room	1.71	Storage Room		Retail Facilities	
Dining Area		<50 ft ²	1.24	Dressing/fitting room	0.71
In penitentiary	0.96	All other storage rooms	0.63	Mall concourse	1.10
In facility for visually impaired (and not used primarily by staff) ^f	2.65	Vehicular Maintenance Area	0.67	Sports Arena, Playing Area	
In bar/lounge or leisure dining	1.07	Building-Specific Space Types^a	LPD, W/ft²	For Class I facility	3.68
In cafeteria or fast food dining	0.65	Facility for Visually Impaired^e		For Class II facility	2.40
In family dining	0.89	Chapel (used primarily by residents)	2.21	For Class III facility	1.80
All other dining areas	0.65	Recreation room/common living room (and not used primarily by staff)	2.41	For Class IV facility	1.20
Electrical/Mechanical Room^f	0.42	Automotive (See Vehicular Maintenance Area)		Transportation Facility	
Emergency Vehicle Garage	0.56	Convention Center, Exhibit Spaces	1.45	In baggage/carousel area	0.53
Food Preparation Area	1.21	Dormitory/Living Quarters	0.38	In airport concourse	0.36
Guest Room	0.91	Fire Station, Sleeping Quarters	0.22	At terminal ticket counter	0.80
Laboratory		Gymnasium/Fitness Center		Warehouse—Storage Area	
In or as classroom	1.43	Exercise area	0.72	For medium to bulky, palletized items	0.58
All other laboratories	1.81			For smaller, hand-carried items ^g	0.95
Laundry/Washing Area	0.60				

Source: ASHRAE Standard 90.1-2013.

^aIn cases where both a common space type and a building-specific type are listed, the building-specific space type applies.

^bIn corridors, extra lighting power density allowance is granted when corridor width is <8 ft and is not based on room/corridor ratio (RCE).

^cA facility for the visually impaired one that can be documented as being designed to comply with light levels in ANSI/IES RP-28 and is (or will be) licensed by local/state authorities for either senior long-term care, adult daycare, senior support, and/or people with special visual needs.

^dFor accent lighting, see section 9.6.2(b) of ASHRAE Standard 90.1-2013.

^eSometimes called a picking area.

^fAn additional 0.33 W/ft² is allowed only if this additional lighting is controlled separately from the base allowance of 0.42 W/ft².

Fuente: ASHRAE HVAC Fundamentals (2021)

Tabla 4.11 Calor generado por iluminación en MCC Área 81

Área (ft ²)	(Watts/m ²)	BTU-Hr/W	Q sensible (BTU/Hr)
188	10.00	3.416	6422.00

Tabla 4.12 Calor generado por iluminación en MCC Área 70

Área (ft ²)	(Watts/m ²)	BTU-Hr/W	Q sensible (BTU/Hr)
188	10.00	3.416	6422.00

- **Calor por radiación**

Se calculó el calor generado por transmisión a través de paredes, techos, suelos y puertas interiores. Los coeficientes globales han sido calculados principalmente en función de los materiales de construcción empleados (espesor, conductividad y/o conductancia) para las nuevas salas eléctricas.

Tabla 4.13 Materiales que se emplearon para la construcción del CCM

Descripción	Material	Espesor (Pulg)
Pared exterior	Ladrillo	9
	Concreto armado	10
Pared interior	Concreto armado	9
Techo	Concreto armado	8
Puerta	Metálica (corta fuego)	2

Nota. Esta tabla muestra los espesores en pulgadas de cada muro y/o cubierta de la edificación.

Tabla 4.14 Propiedades térmicas comunes de los materiales de construcción

Material	Densidad (Lb/pie ³)	Conductividad "K" (BTU.in/(H.Ft ² .°F))	Conductancia "C" (BTU/ (H. Ft ² .°F))	Resistencia "R" ((H. Ft ² .°F)/BTU)
Cemento	116	5		
Ladrillo Ordinario	120	6.2		
Concreto armado	150	9		
Tecnopor	1.5	0.24		
Poliuretano	2	0.17		
Baldosa de fibra mineral			0.412	
Plywood			1.07	
Baldosas			0.31	
Acero		347		
Lana roca mineral		0.236		

Nota. Esta tabla muestra las propiedades térmicas de cada material utilizado en la construcción de la edificación que vienen a ser ladrillo, concreto y acero.

Tabla 4.15 Resistencias y conductancia de superficies según el aire

Descripción	Dirección del Flujo de Calor	Coef. Pelicular "h" (BTU/(H.Ft ² .°F))
AIRE QUIETO		hi
Horizontal	Hacia Arriba	1.63
Pendiente 45°	Hacia Arriba	1.60
Vertical	Horizontal	1.46
Pendiente 45°	Hacia Abajo	1.32
Horizontal	Hacia Abajo	1.08

AIRE EN MOVIMIENTO (para cualquier posición		ho
Invierno 15 mph	Cualquier Dirección	6.00
Verano 7.5 mph	Cualquier Dirección	4.00

Nota. Esta tabla muestra los coeficientes tanto de aire quieto como de aire en movimiento que se utilizará para el cálculo del coeficiente global de transferencia y posteriormente el calor generado por influencia del sol.

Cálculo del coeficiente global de transferencia:

Tabla 4.16 Pared vertical exterior ladrillo sin tarrajeo interior y exterior

Material	Espesor "e" (Pulg.)	Conductividad "K" (BTU.in/(H.Ft ² .°F))	Conductancia "C" (BTU/(H.Ft ² .°F))	Resistencia "R" ((H.Ft ² .°F)/BTU)
Aire Exterior			4	0.25
Ladrillo	9	6.20		1.45
Aire Interior			1.46	0.68
Resistencia total				2.38
Factor de diseño				1.1
Coeficiente Global				0.461 Btu/ hr.ft².°F

Tabla 4.17 Pared vertical exterior concreto armado sin tarrajeo interior y exterior

Material	Espesor "e" (Pulg.)	Conductividad "K" (BTU.in/(H.Ft ² .°F))	Conductancia "C" (BTU/(H.Ft ² .°F))	Resistencia "R" ((H.Ft ² .°F)/BTU)
Aire Exterior			4	0.25
Concreto armado	10	9.00		1.11
Aire Interior			1.46	0.68
Resistencia total				2.04
Factor de diseño				1.1
Coeficiente Global				0.538 Btu/ hr.ft².°F

Tabla 4.18 Techo de concreto armado con tarrajeo interior, pero sin tarrajeo exterior

Material	Espesor "e" (Pulg.)	Conductividad "K" (BTU.in/(H.Ft ² .°F))	Conductancia "C" (BTU/(H.Ft ² .°F))	Resistencia "R" ((H.Ft ² .°F)/BTU)
Aire Exterior			4	0.25
Concreto armado	8	9.00		0.89
Tarrajeo interior	0.5	5.00		0.1
Aire Interior			1.08	0.93
Resistencia total				2.17
Factor de diseño				1.1
Coeficiente Global				0.508 Btu/ hr.ft².°F

Tabla 4.19 Puertas y portones cortafuego

Material	Espesor "e" (Pulg.)	Conductividad "K" (BTU.in/(H.Ft ² .°F))	Conductancia "C" (BTU/(H.Ft ² .°F))	Resistencia "R" ((H.Ft ² .°F)/BTU)
Aire Exterior			4	0.25
Acero	0.0625	347.00		0.00018
Lana roca mineral	2	0.236		8.47
Acero	0.0625	347.00		0.00018
Aire Interior			1.46	0.68
Resistencia total				9.40
Factor de diseño				1.1
Coefficiente Global				0.117 Btu/ hr.ft².°F

Tabla 4.20 Pared vertical interior concreto armado sin tarrajeo interior y exterior

Material	Espesor "e" (Pulg.)	Conductividad "K" (BTU.in/(H.Ft ² .°F))	Conductancia "C" (BTU/(H.Ft ² .°F))	Resistencia "R" ((H.Ft ² .°F)/BTU)
Aire Exterior			4	0.25
Concreto armado	9	9.00		1
Aire Interior			1.46	0.68
Resistencia total				1.93
Factor de diseño				1.1
Coefficiente Global				0.568 Btu/ hr.ft².°F

Por motivos de cálculo se ha tomado el mayor coeficiente global de transferencia:

Tabla 4.21 Coeficientes globales de transferencia

Coeficientes globales (BTU/(H.Ft².°F))	
Pared exterior	0.55
Pared interior	0.55
Techo	0.55
Piso	0.5

Nota. Se determinó los coeficientes de transferencia de calor con lo cual se calculó el calor sensible de cada CCM.

Tabla 4.22 Calor generado por radiación solar en MCC ÁREA 81

Ítem	Descripción	Área (ft ²)	Coef U (BTU/(H.Ft ² .°F))	Dif Temperatura (°F)	Q sensible (BTU/Hr)
1	Pared Norte	385	0.55	14.4	3049.00
2	Pared Sur	1105	0.55	14.4	8752.00

3	Pared Este	385	0.55	14.4	3049.00
4	Pared Oeste	1105	0.55	25	15194.00
5	Piso	2030	0.50	14.4	14616.00
6	Techo	2030	0.50	10	10150.00
Calor Sensible generado en Ambiente					54,810.00

Nota. Se determinó que la carga térmica por influencia de los rayos solares en el MCC del área 81 es de 54,810 BTU/Hr.

Tabla 4.23 Calor generado por radiación solar en MCC ÁREA 70

Ítem	Descripción	Área (ft ²)	Coef U (BTU/(H.Ft ² .°F))	Dif Temperatura (°F)	Q sensible (BTU/Hr)
1	Pared Norte	385	0.55	14.4	3049.00
2	Pared Sur	1105	0.55	14.4	8752.00
3	Pared Este	385	0.55	14.4	3049.00
4	Pared Oeste	1105	0.55	25	15194.00
5	Piso	2030	0.50	14.4	14616.00
6	Techo	2030	0.50	35	35525.00
Calor Sensible generado en Ambiente					80,185.00

Nota. Se determinó que la carga térmica por influencia de los rayos solares en el MCC del área 70 es de 80,185 BTU/Hr. Este valor es mayor que del área 81, debido a que el techo del 2do nivel esta en contacto directo al exterior.

Selección de Equipos:

ÁREA 81 – PISO 1

- ❖ Resumen de las diversas ganancias de calor se tiene:

Calor Sensible generado en Ambiente = 175,540 BTU/Hr

Calor latente generado en Ambiente = 2,850 BTU/Hr

Calor total generado en Ambiente = 178,390 BTU/Hr

- ❖ Condiciones del Aire dentro del Ambiente (Sala)

Temperatura bulbo seco = 71.6 °F

Temperatura bulbo húmedo = 59.51 °F

Entalpia de la sala = 26.72 Btu/Lb

- ❖ Condiciones del Aire de Insuflamiento al Ambiente (Sala)

Temperatura bulbo seco = 52.5 °F

Temperatura bulbo húmedo = 51.70 °F

Entalpia de la sala = 21.75 Btu/Lb

❖ Diferencia de Temperatura entre el aire de Insuflamiento y el Ambiente es de 19.10 °F

❖ Cálculo del caudal de aire a insuflar al ambiente(sala)

$$C = Q_s / (1.08 \times D_{temp})$$

$$C = 175,540 / (1.08 \times 19.1) = 8,510 \text{ Cfm}$$

❖ Aire Exterior de Presurización

Caudal = 1,250 Cfm (se determinó en el cálculo de flujo de presurización)

Temperatura bulbo seco = 86.00 °F

Temperatura bulbo húmedo = 73.40 °F

Entalpia = 38.11 Btu/Lb

❖ Realizando la Mezcla del Aire Exterior y el Aire de la Sala

Aire de Retorno = 8,510 Cfm

Aire Exterior = 1,250 Cfm

❖ Para las nuevas condiciones de Mezcla se tendrá los siguientes valores:

Temperatura bulbo seco = 73.47 °F

Temperatura bulbo húmedo = 61.54 °F

Entalpia de la sala = 28.18 Btu/Lb

❖ Para las nuevas condiciones de Carga térmica serán:

Diferencia de Temperatura de Mezcla = 20.97 °F

Diferencia de Entalpia = 6.43 Btu/Lb

❖ Cálculo de Calor Sensible del Sistema:

$$Q_s = 1.08 \times C \times D_{temp}$$

$$Q_s = 1.08 \times 8,510 \times 20.97 = 192,727 \text{ BTU/Hr} = 16.06 \text{ TR}$$

❖ Cálculo de Calor Total del Sistema:

$$Q_s = 4.45 \times C \times D_H$$

$$Q_s = 4.45 \times 8,510 \times 6.43 = 243,496 \text{ BTU/Hr} = 20.29 \text{ TR}$$

Finalmente, se detalla:

Tabla 4.24 Resumen de las características técnicas del equipo a seleccionar MCC 81

TIPO	UNIDAD MANEJADORA DE AIRE	
CANTIDAD	(01) UNIDAD	
CAPACIDAD DE CALOR SENSIBLE A ELIMINAR:	192,727 BTU/Hr	16.06 TR
CAPACIDAD DE CALOR TOTAL A ELIMINAR:	243,496 BTU/Hr	20.29 TR
CAUDAL DE AIRE DE INSUFLAMIENTO:	8,510 Cfm	
CAUDAL DE AIRE EXTERIOR (PRESURIZACIÓN):	1,250 Cfm	
TEMPERATURA AIRE DE INSUFLAMIENTO (TBS/TBH):	52.50 °F	51.70 °F
TEMPERATURA AIRE DE RETORNO (TBS/TBH):	73.47 °F	61.54 °F
UBICACIÓN	AZOTEA DE SALA MCC 81	

ÁREA 70 – PISO 2

- ❖ Resumen de las diversas ganancias de calor se tiene:

$$\text{Calor Sensible generado en Ambiente} = 325,693 \text{ BTU/Hr}$$

$$\text{Calor latente generado en Ambiente} = 2,850 \text{ BTU/Hr}$$

$$\text{Calor total generado en Ambiente} = 328,543 \text{ BTU/Hr}$$

$$\text{Factor de calor Sensible} = 0.9913$$

- ❖ Condiciones del Aire dentro del Ambiente (Sala)

$$\text{Temperatura bulbo seco} = 71.6 \text{ °F}$$

$$\text{Temperatura bulbo húmedo} = 59.51 \text{ °F}$$

$$\text{Entalpia de la sala} = 26.72 \text{ Btu/Lb}$$

- ❖ Condiciones del Aire de Insuflamiento al Ambiente (Sala)

$$\text{Temperatura bulbo seco} = 53.00 \text{ °F}$$

$$\text{Temperatura bulbo húmedo} = 52.18 \text{ °F}$$

$$\text{Entalpia de la sala} = 22.04 \text{ Btu/Lb}$$

- ❖ Diferencia de Temperatura entre el aire de Insuflamiento y el Ambiente es de 18.60 °F

- ❖ Cálculo del caudal de aire a insuflar al ambiente(sala)

$$C = Q_s / (1.08 \times D_{temp})$$

$$C = 325,693 / (1.08 \times 18.6) = 16,213 \text{ Cfm}$$

❖ Aire Exterior de Presurización

Caudal = 1,250 Cfm (se determinó en el cálculo de flujo de presurización)

Temperatura bulbo seco = 86.00 °F

Temperatura bulbo húmedo = 73.40 °F

Entalpia = 38.11 Btu/Lb

❖ Realizando la Mezcla del Aire Exterior y el Aire de la Sala

Aire de Retorno = 16,213 Cfm

Aire Exterior = 1,250 Cfm

❖ Para las nuevas condiciones de Mezcla se tendrá los siguientes valores:

Temperatura bulbo seco = 72.64 °F

Temperatura bulbo húmedo = 60.65 °F

Entalpia de la sala = 27.53 Btu/Lb

❖ Para las nuevas condiciones de Carga térmica serán:

Diferencia de Temperatura de Mezcla = 19.64 °F

Diferencia de Entalpia = 5.49 Btu/Lb

❖ Cálculo de Calor Sensible del Sistema:

$$Q_s = 1.08 \times C \times D_{temp}$$

$$Q_s = 1.08 \times 16,213 \times 19.64 = 324,904 \text{ BTU/Hr} = 28.66 \text{ TR}$$

❖ Cálculo de Calor Total del Sistema:

$$Q_s = 4.45 \times C \times D_H$$

$$Q_s = 4.45 \times 16,214 \times 5.49 = 396,100 \text{ BTU/Hr} = 33.01 \text{ TR}$$

Finalmente, se detalla:

Tabla 4.25 Resumen de las características técnicas del equipo a seleccionar MCC 70

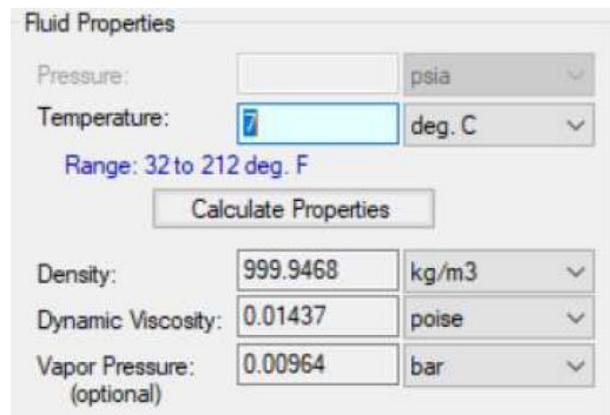
TIPO	UNIDAD MANEJADORA DE AIRE	
CANTIDAD	(01) UNIDAD	
CAPACIDAD DE CALOR SENSIBLE A ELIMINAR:	344,497 BTU/Hr	28.71 TR
CAPACIDAD DE CALOR TOTAL A ELIMINAR:	396,783 BTU/Hr	33.07 TR
CAUDAL DE AIRE DE INSUFLAMIENTO:	16,241 Cfm	
CAUDAL DE AIRE EXTERIOR (PRESURIZACIÓN):	1,250 Cfm	
TEMPERATURA AIRE DE INSUFLAMIENTO (TBS/TBH):	53.00 °F	52.18 °F
TEMPERATURA AIRE DE RETORNO (TBS/TBH):	72.61 °F	60.65 °F
UBICACIÓN	AZOTEA DE SALA MCC 70	

4.6.2. Cálculo de agua de refrigeración para equipos de climatización

Consideraciones para el diseño

- Se consideró agua fría a 7°C y a 1 atm, para cual se tienen los siguientes parámetros.

Figura 4.6 Propiedades del fluido



Fuente: Parámetros obtenidos del módulo "System Properties" del Software AFT Fathom (2022)

- Los cálculos se realizaron usando las fórmulas de Darcy-Weisbach y Colebrook-White.
- Se consideró que el fluido llegará con una presión dinámica igual a 4 m.c.a.g. al tanque de almacenamiento de agua refrigeración que se encuentra dentro de la unidad Chiller.

- La velocidad máxima permitida en las tuberías no debe sobrepasar los 3 m/s.
- El material de las tuberías de agua de refrigeración fue de acero inoxidable sin costura para el cual se tiene una rugosidad absoluta de 0.2 mm².
- Para el cálculo se ha considerado la máxima pérdida tanto en las unidades enfriadoras como en las unidades y filtros de acuerdo con los siguientes datos:
 - UMA de área 70, pérdida menor a 6.5 psi
 - UMA de área 81, pérdida menor a 6.5 psi
 - Filtro de ingreso a UMA de área 70, pérdida menor a 5 psi
 - Filtro de ingreso a UMA de área 81, pérdida menor a 5 psi
 - Filtro de ingreso a Chiller, pérdida menor a 5 psi

Metodología de cálculo

Justificación del caudal de agua helada en chiller

Capacidades de Unidad de Enfriamiento de Agua Helada con Condensador enfriador por Aire (Chiller)

➤ Capacidad Refrigeración : 70 TR

➤ Evaporador

Caudal : 60 m³/hr

Temperatura del agua

T entrada : 12.77 °C / 55 °F

T salida : 7.22 °C / 45 °F

➤ Condensador

Temperatura del aire

TB seco : 30 °C

TB húmedo : 23.88 °C

➤ Bomba de proceso

Flujo : 60 m³/hr

Presión : 3 Bar

- Capacidad tanque de agua interno : 160 L
- Tensión nominal : 440V/3F/60Hz
- Sistema de refrigeración
 - Tipo de compresor : Scroll R410A
 - Circuitos de refrigeración : 2 Independientes
 - Circuito de condensación :
 - 2 Intercambiadores Microchannel de Aluminio
 - Circuito de condensación :
 - 1 Intercambiador de placas con doble circuito

Capacidades de las Unidad Manejadora – MCC Área 81

- Capacidad de enfriamiento
 - Capacidad nominal : 35 TR
 - Total : 396,783 BTU/Hr
 - Sensible : 344,497 BTU/Hr
- Datos técnicos de ventilador
 - Caudal : 16,241 Cfm
 - P.E.(Exterior) : 1.5 pulg. C.A.
- Condiciones de aire
 - Entrada
 - FBS : 72.64
 - FBH : 60.65
 - Salida
 - FBS : 53.00
 - FBH : 52.18
- Condiciones de agua
 - Caudal : 84 Cpm
 - PPM : menor a 15 pies
 - Temperatura
 - Entrada : 45 °F
 - Salida : 55 °F
- Características eléctricas : 440V/3F/60Hz

Capacidades de las Unidad Manejadora – MCC Área 70

- Capacidad de enfriamiento
 - Capacidad nominal : 25 TR
 - Total : 298,139 BTU/Hr
 - Sensible : 242,762 BTU/Hr
- Datos técnicos de ventilador
 - Caudal : 10,912 Cfm
 - P.E.(Exterior) : 1.5 pulg. C.A.
- Condiciones de aire
 - Entrada
 - FBS : 73.10
 - FBH : 61.15
 - Salida
 - FBS : 52.20
 - FBH : 51.70
- Condiciones de agua
 - Caudal : 60 Cpm
 - PPM : menor a 15 pies
 - Temperatura
 - Entrada : 45 °F
 - Salida : 55 °F
- Características eléctricas : 440V/3F/60Hz

En resumen, las capacidades del chiller y UMAS según el proyecto son:

- ✓ Chiller: 70 toneladas de refrigeración
- ✓ UMA AREA 70 (Piso 2) : 35 toneladas de refrigeración
- ✓ UMA AREA 81 (Piso 1) : 25 toneladas de refrigeración
- ✓ Temperatura de entrada del agua : 55 °F
- ✓ Temperatura de salida del agua : 45 °F

Cálculo del caudal de agua helada en el chiller

$$Q = m * C_e * \Delta T \quad (4.1)$$

Figura 4.7 Capacidad calorífica del agua líquida a 1 atm

Temperatura		Capacidad calorífica, c_p		Temperatura		Capacidad calorífica, c_p	
°C	K	cal/g · °C	kJ/kg · K	°C	K	cal/g · °C	kJ/kg · K
0	273.15	1.0080	4.220	50	323.15	0.9992	4.183
10	283.15	1.0019	4.195	60	333.15	1.0001	4.187
20	293.15	0.9995	4.185	70	343.15	1.0013	4.192
25	298.15	0.9989	4.182	80	353.15	1.0029	4.199
30	303.15	0.9987	4.181	90	363.15	1.0050	4.208
40	313.15	0.9987	4.181	100	373.15	1.0076	4.219

Fuente: <https://www.e-medida.es/numero-19/capacidad-calorifica-de-liquidos/>

Se tiene los siguientes datos:

$$Q = 70 \text{ TR} = 211\,676.45 \text{ kcal/h}$$

$$\text{Densidad del agua} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Calor esp. del agua} = 1 \text{ cal/gr } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = [55 / 45 \text{ F}] = 5.5^\circ\text{C}$$

$$m = \text{flujo de masa} = \text{densidad} \cdot \text{caudal}$$

Reemplazado en la formula:

$$211\,676.45 \text{ kcal/h} = [1000 \text{ kg/m}^3 \times q] 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C} \times 5.5^\circ\text{C}$$

q = 168.8 GPM, caudal de agua helada que debe circular en el chiller.

Se comprueba en:

Figura 4.8 Ficha técnica del chiller de 70 TR marca TRANE

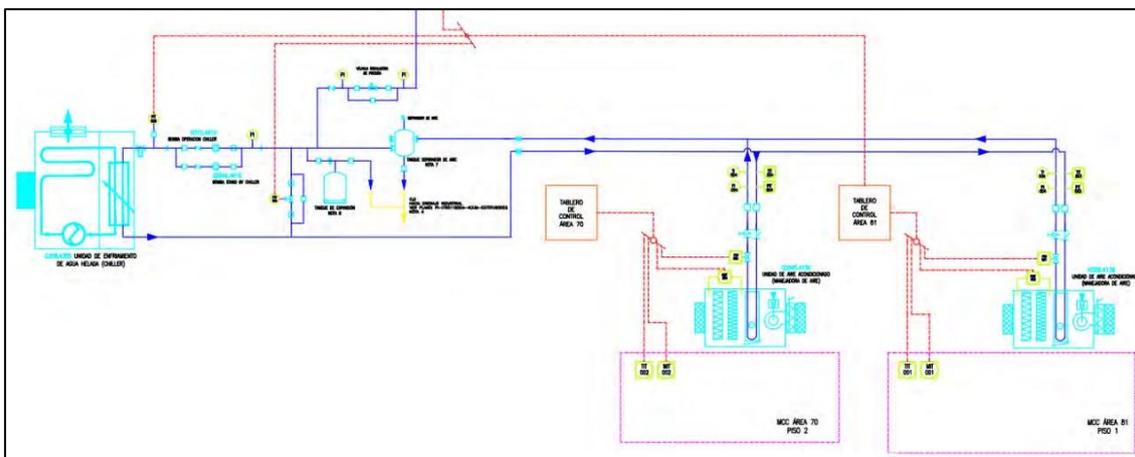
		Job01 TIG	
Tag	CHILLER 70 TR		
Model Number	CGAM 70		
Quantity	1		
TOPSS version number	270		
Unit nominal tonnage	70 tons		
Unit type	High efficiency		
General Information			
Sound attenuator package	Comprehensive package	IPLV.IP	15.60 EER (Btu/W-h)
Refrigerant	R410A	NPLV.IP	15.86 EER (Btu/W-h)
Capacity	70.63 tons	Sound power level	90 dBA
Full load efficiency	11.68 EER (Btu/W-h)	Sound pressure level *	64 dBA
		Heating capacity	
		Heating efficiency	
Note: * At 10 meters in free field.			
Evaporator Information			
Evaporator application	Std cooling	Min evap flow rate	100.0 gpm
Evap entering temp	55.00 F	Min flow PD evap+strainer	6.77 ft H2O
Evap leaving temp	45.00 F	Max evap flow rate	263.5 gpm
Evap flow rate	168.8 gpm	Max flow PD evap+strainer	44.1 ft H2O
Evap press drop	10.5 ft H2O	Evap fluid type	Water
Total PD evap+strainer	18.6 ft H2O	Evap fluid freeze point	32.00 F
Evap fouling factor	0.000100 hr-sq ft-deg F/ Btu	Evap fluid concentration	

Fuente: <https://www.trane.com/content/dam/Trane/Commercial/lar/br/produutos-sistemas/equipamentos/Chillers>

Distribución de la planta de agua helada, la propuesta para la Planta de Agua Helada consiste:

- ✓ 01 chiller de 70 TR
- ✓ 02 bombas centrífugas (1 en stand by) de 168 GPM
- ✓ 02 UMAS de agua helada (atienden Piso 1 y Piso 2)

Figura 4.9 Distribución de agua helada



Nota. La figura presenta el recorrido de alimentación y retorno de agua helada desde el chiller hacia las UMAS del primer y segundo nivel de la sala eléctrica.

Cálculo para selección de la bomba centrífuga

Los cálculos se realizarán usando las fórmulas de Darcy-Weisbach y Colebrook-White, considerando tuberías de acero inoxidable sin costura para el cual se tiene una rugosidad absoluta de 0.2 mm

Tabla 4.26 Cálculo de caída de presión en tuberías

Caudal (GPM)	Diámetro (pulg)	Dp (ft c.a./100 ft)	Longitud (m)	Longitud (pies)	Dp (pies)
168	4	1.63	10.9	3.3	0.6
84	3	1.73	41.6	3.3	2.4
60	2-1/2	2.71	25	3.3	2.2

Tabla 4.27 Cálculo de caída de presión por accesorios

DESCRIPCIÓN	CAUDAL (Gpm)	DIAMETRO TUBERIA (pulg)	CAIDA PRESION (ft H ₂ O)
Válvula mariposa de 2-1/2"Ø de bomba	168 GPM	2-1/2"	0.85
Filtro Y de 2-1/2"Ø de UMA	84 GPM	2-1/2"	10.7
Válvula mariposa de 2-1/2"Ø de UMA	84 GPM	2-1/2"	0.85
Caída Total (InH₂O)			12.4

Tabla 4.28 Cálculo del sistema de bombeo de agua Chiller-Umas

Caída de presión	Caudal	Δp	Unidad	Descripción
Chiller	168 GPM	18.58	pies c.a.	
UMA 25 TR	60 GPM	10.63	pies c.a.	
UMA 35 TR	84 GPM	10.87	pies c.a.	
Difusor de succión de bomba	168 GPM	6.92	pies c.a.	
Válvula multipropósito de bomba	168 GPM	4	pies c.a.	
Válvula mariposa de 2-1/2"Ø de bomba	168 GPM	0.045		0.85 m de tubería
Filtro Y de 2-1/2"Ø de UMA	84 GPM	0.57		10.7 m de tubería
Válvula motorizada de 2-1/2"Ø de UMA	84 GPM	2	pies c.a.	
Válvula mariposa de 2-1/2"Ø de UMA	84 GPM	0.045		0.85 m de tubería
Tubería de fierro		2.93	pies c.a.	
Altura Dinámica		45.96	pies c.a.	
Factor de seguridad	fs	8%		
Altura Dinámica total		49.6368	pies c.a.	

Tabla 4.29 Principales resultados para las tuberías del sistema

Pipe	Length (m)	Roughness (mm)	Material	Size (inch)	Type	Flujo (glp/min)	Velocidad (m/s)	dH (meters)
1	1	0.2	Stainless Steel	3	schedule 40S	225	2.976	0.515
2	1	0.2	Stainless Steel	3	schedule 40S	225	2.976	0.15
3	1	0.2	Stainless Steel	2	schedule 40S	91.61	2.67	0.204
4	1	0.2	Stainless Steel	2	schedule 40S	91.61	2.67	0.204
5	0.2	0.2	Stainless Steel	3	schedule 40S	133.39	1.765	0.011
7	4.5	0.2	Stainless Steel	3	schedule 40S	79.85	1.056	0.104
9	0.5	0.2	Stainless Steel	3	schedule 40S	79.85	1.056	0.01
10	0.2	0.2	Stainless Steel	3	schedule 40S	53.54	0.708	0.002
11	12	0.2	Stainless Steel	2-1/2	schedule 40S	53.54	1.094	0.355
13	1	0.2	Stainless Steel	2-1/2	schedule 40S	53.54	1.094	0.028
14	1	0.2	Stainless Steel	2-1/2	schedule 40S	53.54	1.094	0.127
15	11	0.2	Stainless Steel	2-1/2	schedule 40S	53.54	1.094	0.342
16	0.2	0.2	Stainless Steel	3	schedule 40S	53.54	0.708	0.002
17	1	0.2	Stainless Steel	3	schedule 40S	79.85	1.056	0.112
18	7	0.2	Stainless Steel	3	schedule 40S	79.85	1.056	0.169
20	2	0.2	Stainless Steel	3	schedule 40S	133.39	1.765	0.148
21	3	0.2	Stainless Steel	3	schedule 40S	225	2.976	0.451
22	1	0.2	Stainless Steel	2-1/2	schedule 40S	53.54	1.094	0.028
24	3	0.2	Stainless Steel	3	schedule 40S	225	2.976	0.816
25	0.5	0.2	Stainless Steel	3	schedule 40S	79.85	1.056	0.01
27	0.2	0.2	Stainless Steel	3	schedule 40S	133.39	1.765	0.011
28	1.6	0.2	Stainless Steel	3	schedule 40S	133.39	1.765	0.126

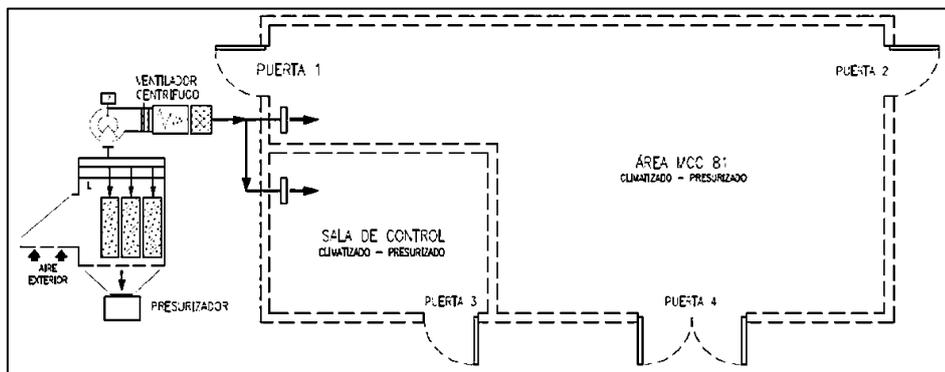
4.6.3. Cálculo de Flujo de Presurización

Para lograr una presión positiva en un ambiente se tiene que inyectar un determinado caudal de aire exterior, el cual tiene que cubrir la pérdida de caudal de aire por las áreas libres de; ambiente que se comunican al exterior (áreas libres en puertas, canaletas, tuberías, aberturas mal selladas, ventanas mal selladas, etc.)

Para el cálculo del flujo de aire requerido para la presurización positiva, se consideró una abertura de fuga de aire, para el caso de las canaletas eléctricas, se consideró un área de fuga equivalente al 10% del área total del agujero en la pared. Para aquellos ductos de aire que atraviesan la pared, se estimó un área de fuga de 2% del área generada por el espacio entre el ducto y la pared. Se debe tener en cuenta que la sala debe ser lo más hermética.

Flujo requerido para MCC Área 81:

Figura 4.10 Distribución esquemática de la sala eléctrica (MCC) - área 81



Se procedió a calcular el Área Libre Total:

Tabla 4.30 Cálculo de Área libre por puertas en MCC Área 81

Puertas	Alto (L)	Ancho (W)	Abertura libre inferior	Abertura libre superior	Abertura libre lados	Área libre por puertas(m ²)	Área libre por puertas(ft ²)
Puerta 1	2.10 m	1.00 m	0.0050 m	0.0020 m	0.0020 m	0.0154 m ²	0.1663 ft ²
Puerta 2	2.10 m	1.00 m	0.0050 m	0.0020 m	0.0020 m	0.0154 m ²	0.1663 ft ²
Puerta 3	2.10 m	1.00 m	0.0050 m	0.0020 m	0.0020 m	0.0154 m ²	0.1663 ft ²
Puerta 4	4.00 m	2.50 m	0.0065 m	0.0020 m	0.0020 m	0.0373 m ²	0.4023 ft ²
						0.9013 m²	0.9013 ft²

Nota. La tabla presenta las áreas libres de conexión de cada de una de las puertas entre el interior de la sala y el ambiente exterior, haciendo un total de 0.9 ft².

Para el cálculo de la presión positiva en un ambiente se utilizó la siguiente fórmula:

$$Q_t = 2675 \cdot A \cdot (\text{Dif } P)^{1/2} \quad (4.2)$$

Remplazando en la fórmula, se obtuvo:

Tabla 4.31 Cálculo de Caudal de Presurización en MCC Área 81

Descripción Áreas	Área libre total (ft ²)	Dif P (Pulg. C.A.)	Caudal de aire (CFM)
Área libre por puertas	0.9013 ft ²	0.120 C.A.	835 ACfm
Pase Canaletas Eléctricas, Tuberías y Ductos	0.2500 ft ²	0.120 C.A.	293 ACfm
Caudal de Presurización			1,128 ACfm

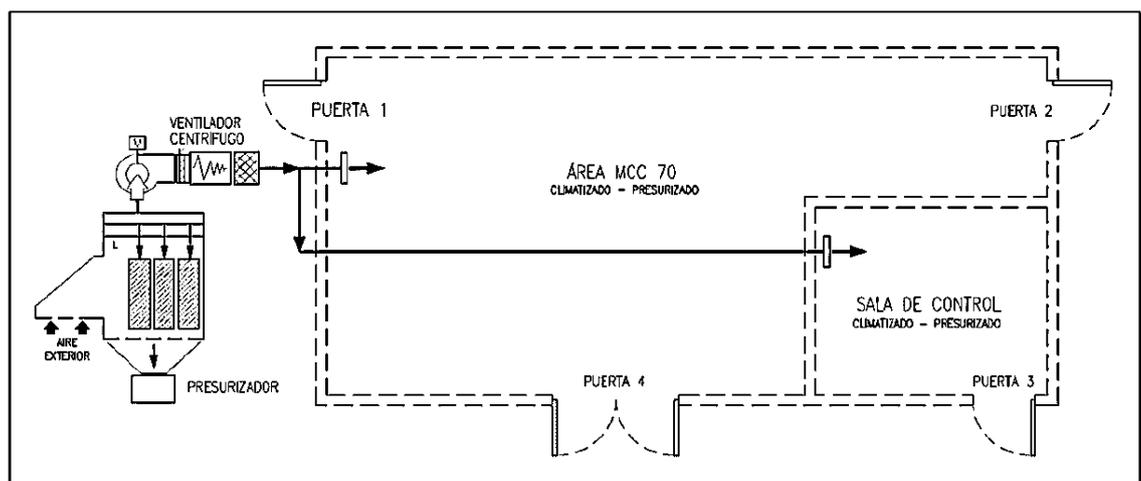
Nota. La tabla presenta la totalidad de áreas libres de conexión entre el interior de la sala y el ambiente exterior; se tomó en cuenta la diferencia de presiones y se calculó el caudal de aire necesario.

El Caudal de Presurización para tener una presión positiva de 0.12" C.A. (30 Pa) será de 1,130 ACfm (aproximado).

En consecuencia, el caudal recomendado para selección del equipo de presurización es de **1,250 ACfm**.

Flujo requerido para MCC Área 70:

Figura 4.11 Distribución esquemática de la sala eléctrica (MCC) - área 70



Se procedió a calcular el Área Libre Total:

Tabla 4.32 Cálculo de Área libre por puertas en MCC Área 70

Puertas	Alto (L)	Ancho (W)	Abertura libre inferior	Abertura libre superior	Abertura libre lados	Área libre por puertas(m2)	Área libre por puertas(ft2)
Puerta 1	2.10 m	1.00 m	0.0050 m	0.0020 m	0.0020 m	0.0154 m2	0.1663 ft2
Puerta 2	2.10 m	1.00 m	0.0050 m	0.0020 m	0.0020 m	0.0154 m2	0.1663 ft2
Puerta 3	2.10 m	1.00 m	0.0050 m	0.0020 m	0.0020 m	0.0154 m2	0.1663 ft2
Puerta 4	4.00 m	2.50 m	0.0065 m	0.0020 m	0.0020 m	0.0373 m2	0.4023 ft2
							0.9013 ft2

Nota. La tabla presenta las áreas libres de conexión de cada de una de las puertas entre el interior de la sala y el ambiente exterior, haciendo un total de 0.9 ft².

Para el cálculo de la presión positiva en un ambiente se utilizó la siguiente fórmula:

$$Qt = 2675.A.(Dif P)^{1/2} \quad (4.3)$$

Remplazando en la fórmula, se obtuvo:

Tabla 4.33 Cálculo de Caudal de Presurización en MCC Área 70

Descripción Áreas	Área libre total (ft2)	Dif P (Pulg. C.A.)	Caudal de aire (CFM)
Área libre por puertas	0.9013 ft2	0.120 C.A.	835 ACfm
Pase Canaletas Eléctricas, Tuberías y Ductos	0.2500 ft2	0.120 C.A.	293 ACfm
Caudal de Presurización			1128 ACfm

Nota. La tabla presenta la totalidad de áreas libres de conexión entre el interior de la sala y el ambiente exterior; se tomó en cuenta la diferencia de presiones y se calculó el caudal de aire necesario.

El Caudal de Presurización para tener una presión positiva de 0.12" C.A. (30 Pa) será de 1,130 ACfm (aproximado).

En consecuencia, el caudal recomendado para selección del equipo de presurización es de **1,250 ACfm**.

Selección de equipos de Presurización:

El sistema estará conformada por los siguientes equipos independientemente para el MCC del área 70 y 81.

Tabla 4.34 Ventilador del sistema de presurización

Tipo de Ventilador:	Centrifugo, montado a nivel de piso.
Caudal de Presurización:	1,250 Cfm
Presión Estática Exterior:	6.00 " C.A.
Características Eléctricas :	440V/3F/60Hz - Motor de 3.00 Hp, TEFC, Construcción Nema Premium, Aislamiento Clase F, F.S.: 1.15
Accesorios:	Damper a la Descarga y Atenuador de Ruido

Tabla 4.35 Equipo de filtrado de aire exterior del sistema de presurización

Tipo de Presurizador:	Colector de Polvo con Filtros de Cartucho, Sistema de Limpieza Pulse Jet
Caudal de Presurización:	1,250 Cfm
Área de Filtrado Total:	800 Pies ² (2 cartuchos de 400 pies ² por equipo, referencia filtro DELTAMAXX PRIME)
Cantidad de Cartuchos:	2 unidades
Eficiencia de Filtrado:	99.95% Arrestance Partículas de 0.50 micras (MERV 15 @ 0.30 micras)
Configuración Colector:	Construcción Modular Compacto (Shorty) con Gabinete de Almacenamiento de Polvo
Toma de Aire Exterior:	A prueba de Ingreso de Lluvia con Weatherhood (cobertura)
Protección (Pintura):	Para Trabajar en Ambientes Industriales y Corrosivos
Sistema de Control:	Válvula Solenoides y Tablero del Sistema de Limpieza de Cartuchos en 120Vac - Nema 4X
Accesorios :	Filtros Regulador de Aire Comprimido de 1" diámetro

4.6.4 Selección de sistema de aire comprimido para equipos de presurización

Información Recopilada

Se realizó una visita técnica a la planta NEXA-CJM a las áreas contiguas donde se tiene proyectada la construcción de la nueva sala eléctrica con el fin de verificar, entre otros temas, la accesibilidad y presencia de servicios de aire comprimido para el colector de polvo mencionado.

Se constató que existen tuberías cercanas tanto de aire de planta (AC) como de aire de instrumentos (AI) las cuales se pueden ver en las siguientes figuras:

Figura 4.12 Línea de aire comprimido de área 83



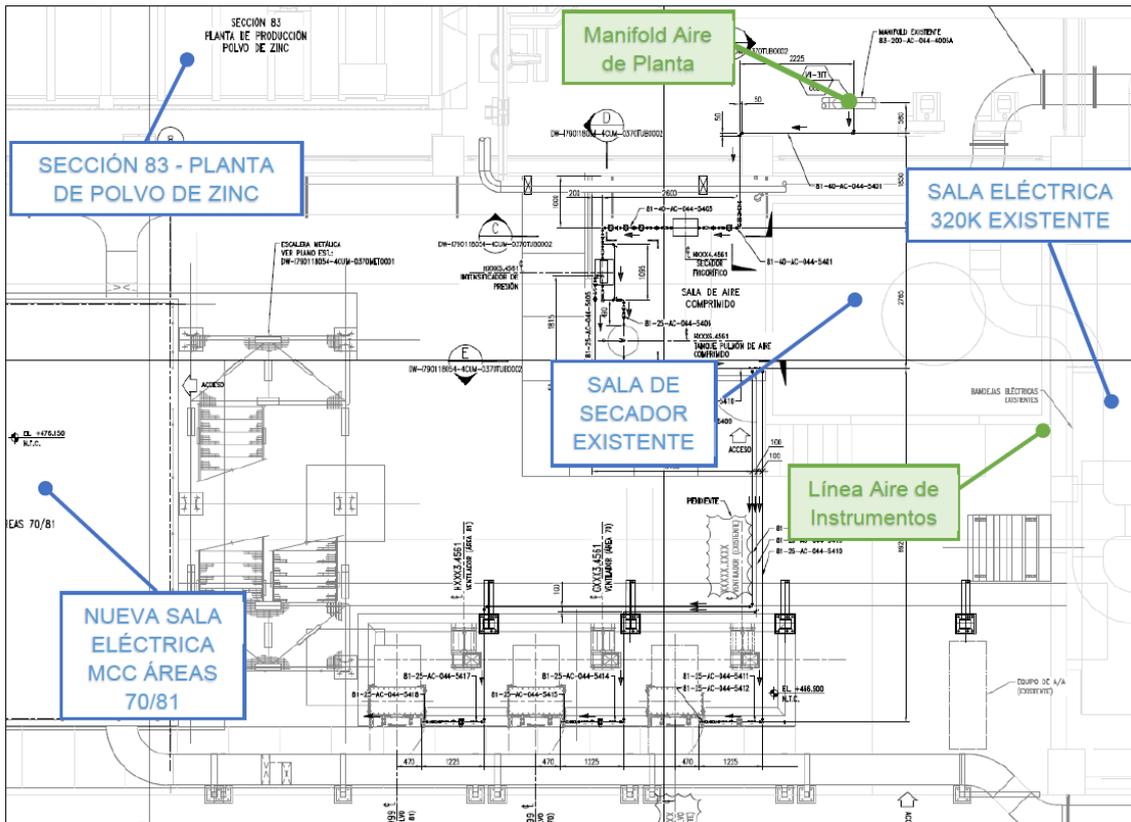
Fuente: Cortesía de Nexa Cajamarquilla (2023)

Figura 4.13 Línea de aire de instrumentación área 81



Fuente: Cortesía de Nexa Cajamarquilla (2023)

Figura 4.14 Ubicación de servicios de aire de planta e instrumentos



Presiones de aire comprimido existente:

- Aire de planta: 5 Barg
- Aire de instrumentos (seco y sin aceite): 3 Barg

Se realizaron coordinaciones con vendedores de colectores de polvo con el fin de obtener información de cada uno de sus equipos para la aplicación específica en el presente proyecto. Entre los datos resaltantes que se obtuvieron se muestran en la siguiente tabla:

Figura 4.15 Requerimiento de aire comprimido según vendedores

VENDOR	Aire requerido por cada presurizador	Presión mínima	Presión recomendada	Calidad de aire
CAMFIL	15 cfm	90 psi (6.21 barg)	95 psi (6.55 barg)	1-4-1
IMPERIAL SYSTEMS	20.8 cfm	72 psi (4.96 barg)	80 psi (5.52 barg)	1-6-1
DONALDSON	5 cfm	50 psi (3.44 barg)	60 psi (4.14 barg)	1-4-1

En el caso de tener una presión de aire menor que la recomendada por el vendedor, no se obtendría una limpieza óptima de los filtros,

traduciéndose esto en una mayor caída de presión en la admisión, y por consiguiente un mayor consumo eléctrico del ventilador. Así mismo, esta caída de presión se iría acumulando hasta tener una alarma en el controlador para que se realice una limpieza manual (no recomendada). De igual manera, tener una presión de aire comprimido menor genera un tiempo de vida mucho menor de los filtros (llegando a disminuir hasta en 80%).

Análisis

De la información recolectada, se tiene que la presión mínima recomendada para el funcionamiento de los colectores de polvo debe ser 3.44 bar; por lo que automáticamente se descarta la opción de trabajo con el servicio de aire de instrumentos, dado que tiene una presión de operación de 3 bar.

Una vez descartada el uso de aire de instrumentos, se tienen las siguientes alternativas de trabajo:

Alternativa 01: Uso de aire de planta

- La utilización del aire comprimido de planta (AC) por medio un Tie-in desde la línea 83-200-AC-044-4005A, la cual se encuentra a 5 bar de presión.
- Ruteo de línea de tubería desde el punto del Tie-in hasta la conexión en la boquilla del colector de polvo.
- Debido a las características de aire requerido por los colectores se requiere la inclusión de filtros y secadores para lograr la calidad de aire especificado por cada vendor.
- Se requiere además un tanque pulmón (de aproximadamente 200 litros) para asegurar el suministro de aire en el caso que los colectores de polvo se autolimpie de manera simultánea.
- Se necesita, además, una caseta dentro de la cual se puedan instalar los filtros, secador y tanque pulmón.
- Debido a las pérdidas de presión en los accesorios (filtros, secadores y otros) se considera que la presión de llegada al

colector estaría por debajo de 4.96 bar (presión mínima requerida por vendor Imperial Systems). Además, el uso de equipos Camfil queda descartado para esta alternativa debido al requerimiento de presión de aire mayor (6.21 bar). Siendo así, los equipos Donaldson son los únicos que si pudieran usar esta alternativa.

Alternativa 02: Uso de compresor dedicado

- La inclusión de un compresor dedicado exclusivamente para brindar aire comprimido a 7 barg (101.5 psig) a cada colector de polvo.
- Se requiere también la inclusión de filtros y secador para lograr la calidad de aire requerida por el fabricante del colector.
- Se requiere además un tanque pulmón (de aproximadamente 250 litros) para asegurar el suministro de aire en el caso que los colectores de polvo se autolimpian de manera simultánea.
- El compresor, filtros, secador y tanque pulmón formarán parte de un mismo equipo compacto.
- En este caso se requiere la inclusión de una caseta especial para la instalación del compresor que contenga un extractor de aire y filtros de pared.
- La inclusión de este compresor debería ser cercano al colector para minimizar el ruteo de tubería.
- Se incluye también una línea de aire de planta desde un tie-in de la línea 83-200-AC-044-4005A, como contingencia solo para casos de emergencia en los cuales el compresor de aire sufra algún desperfecto.
- Esta alternativa podrá atender satisfactoriamente el requerimiento de presión de cualquiera de los vendors instalando cerca al colector un filtro-regulador de presión.

Alternativa 03: Uso de intensificador de presión

- La utilización del aire comprimido de planta (AC) por medio un Tie-in desde la línea 83-200-AC-044-4005A, la cual se encuentra a 5 bar g de presión.

- La instalación de un multiplicador o intensificador de presión en línea que logre obtener entre 8 y 10 barg a la salida de este.
- Ruteo de línea de tubería desde el punto del Tie-in hasta la conexión en la boquilla del presurizador.
- Debido a las características de aire requerido por los colectores se requiere la inclusión de filtros y secadores para lograr la calidad de aire especificado por cada vendor.
- Se requiere además un tanque pulmón (de aproximadamente 200 litros) para asegurar el suministro de aire en el caso que los colectores de polvo se autolimpíen de manera simultánea.
- Se necesita, además, una caseta dentro de la cual se puedan instalar el intensificador, filtros, secador y tanque pulmón.
- Esta opción solo podrá usarse para el caso en el que la limpieza automática del equipo presurizador se realice por el modo de diferencial de presión; sin embargo, podrá trabajar con cualquiera de los fabricantes de presurizadores presentados.

Para determinar la opción más viable para el proyecto se realizó una evaluación de las alternativas descritas. Esto se realizó con el promedio ponderado considerando la calificación de los aspectos técnicos y económicos.

Aspecto técnico

La calificación de los criterios del aspecto técnico se presenta a continuación:

Tabla 4.36 Calificación de criterio de Estandarización

Alternativa	Descripción	Calificación	Calificación Estandarizada
1	La única opción es uso de fabricante Donaldson lo que no permite mantener la estandarización con los equipos existentes (Camfil).	Muy malo / No eficiente	0
2	Esta alternativa te da la posibilidad de trabajar con la marca de presurizador Camfil, y de esa manera estandarizar equipos.	Muy bueno / Muy eficiente	1
3	Esta alternativa te da la posibilidad de trabajar con la marca de presurizador Camfil, y de esa manera estandarizar equipos.	Muy bueno / Muy eficiente	1

Tabla 4.37 Calificación de criterio de Construcción

Alternativa	Descripción	Calificación	Calificación Estandarizada
1	Requiere instalación de Tie-in en línea existente. Además de filtros, secador y tanque pulmón con su respectiva caseta. Acceso a zona de tie-in proyectado es restringida.	Bueno / Eficiente	0.75
2	Requiere instalación de filtros, secador, tanque pulmón y compresor de aire. Además de Tie-in en línea existente como reserva del compresor. En adición, se necesita una caseta especial para instalación del compresor enfriado por aire para mayor confiabilidad del equipo. Acceso a zona de tie-in proyectado es restringida.	Regular / Medianamente eficiente	0.5
3	Requiere instalación de Tie-in en línea existente e intensificador de presión. Además de filtros, secador y tanque pulmón con su respectiva caseta. Acceso a zona de tie-in proyectado es restringida.	Bueno / Eficiente	0.75

Tabla 4.38 Calificación de criterio de Seguridad

Alternativa	Descripción	Calificación	Calificación Estandarizada
1	En construcción, aumento de riesgo en zona de tie-in (zona con acceso restringido) por lo que requiere de permisos especiales para realizar trabajos. En operación, riesgo menor en comparación con alternativa 2.	Bueno / Eficiente	0.75
2	En construcción, aumento de riesgo en zona de tie-in (zona con acceso restringido) por lo que requiere de permisos especiales para realizar trabajos. En operación, riesgo aumenta dado que se tienen equipos rotativos y eléctricos adicionales en comparación con alternativa 1.	Regular / Medianamente eficiente	0.5
3	En construcción, aumento de riesgo en zona de tie-in (zona con acceso restringido) por lo que requiere de permisos especiales para realizar trabajos. En operación, riesgo menor en comparación con alternativa 2.	Bueno / Eficiente	0.75

Tabla 4.39 Calificación de criterio de Mantenimiento

Alternativa	Descripción	Calificación	Calificación Estandarizada
1	Al ser un equipo presurizador distinto a los de otras salas de NEXA, el mantenimiento implica un procedimiento adicional. Esta opción no implica el uso de compresor de aire ni de intensificador de presión.	Regular / Medianamente eficiente	0.5
2	Equipo adicional requerido (compresor), lo que implica horas hombre y conocimiento de procedimiento adicional para realizar mantenimiento.	Malo / Poco eficiente	0.25
3	Dado que presurizador podría ser similar a los ya existentes se puede facilitar el mantenimiento de éste. Sin embargo, se tiene un nuevo equipo (intensificador) lo que requiere nuevo conocimiento.	Regular / Medianamente eficiente	0.5

Tabla 4.40 Calificación de criterio de Operación

Alternativa	Descripción	Calificación	Calificación Estandarizada
1	Operación rutinaria sin compresor de aire. Operación de equipo presurizador distinto por lo que requiere nuevos procedimientos.	Bueno / Eficiente	0.75
2	Operación rutinaria con nuevo compresor de aire. En caso de falla de este, necesidad de activación manual del sistema de aire comprimido de la planta.	Regular / Medianamente eficiente	0.5
3	Operación rutinaria con nuevo intensificador de presión. En caso de falla de este, necesidad de activación manual del sistema de aire comprimido de la planta.	Regular / Medianamente eficiente	0.5

Tabla 4.41 Resumen de calificación de aspecto técnico

Nº	Criterio técnico	P2%	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
1	Estandarización	12.50%	0.000	0.125	0.125
2	Construcción	12.50%	0.094	0.063	0.094
3	Seguridad	15.00%	0.113	0.075	0.113
4	Mantenimiento	20.00%	0.100	0.050	0.100
5	Operación	20.00%	0.150	0.100	0.100
	Subtotal	80.00%	0.457	0.413	0.532

Nota. La tabla presenta la calificación según aspecto técnico de cada alternativa evaluado, donde el mejor resultado obtuvo la **alternativa 3**.

Aspecto económico

El criterio que se tomó en consideración en el aspecto económico es el de la del CAPEX, para ello se ha elaborado un presupuesto preliminar teniendo como base algunas cotizaciones solicitadas a vendedores y consideraciones de proyectos históricos realizados por Americorp.

Tabla 4.42 CAPEX por cada alternativa

N°	Descripción	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
1	EQUIPOS	\$52,233.00	\$67,927.00	\$60,457.00
1.1	Colectores de Polvo	\$47,968.00	\$51,162.00	\$51,162.00
1.2	Compresor de aire y tanque pulmón	-	\$9,500.00	-
1.3	Filtros	\$1,689.00	\$1,689.00	\$1,689.00
1.4	Secador	\$1,076.00	\$1,076.00	\$1,076.00
1.5	Tanque pulmón	\$1,500.00	-	\$1,500.00
1.6	Intensificador de presión	-	-	\$5,030.00
1.7	Equipamiento para caseta	-	\$4,500.00	-
2	OTROS COSTOS	\$14,234.95	\$18,189.05	\$15,468.55
2.1	Caseta para compresor, secador	\$6,400.00	\$8,000.00	\$6,400.00
2.2	Costos de instalación	\$7,834.95	\$10,189.05	\$9,068.55
	SUBTOTAL	\$66,467.95	\$86,116.05	\$75,925.55
	Contingencia (30%)	\$19,940.39	\$25,834.82	\$22,777.67
	TOTAL	\$86,408.34	\$111,950.87	\$98,703.22

Tabla 4.43 Calificación de criterio de CAPEX

Alternativa	Descripción	Calificación	Calificación Estandarizada
1	Alternativa con costo menor (\$ 86408.34)	Bueno / Eficiente	0.75
2	Alternativa con costo mayor (\$ 111950.87)	Malo / Poco eficiente	0.25
3	Alternativa con costo intermedio (\$ 98703.22)	Regular / Medianamente eficiente	0.5

Tabla 4.44 Resumen de calificación de aspecto económico

N°	Criterio económico	P2%	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
1	CAPEX	20.00%	0.150	0.050	0.100
	Subtotal	20.00%	0.150	0.050	0.100

Nota. La tabla presenta la calificación según aspecto económico de cada alternativa evaluado, donde el mejor resultado obtuvo la **alternativa 1**.

Selección de alternativa

La alternativa que se considera como la más conveniente, se obtuvo de sumar los puntajes obtenidos por cada aspecto en base al puntaje de la suma de sus criterios y la que obtuvo la calificación mayor es la que ofrezca las mejores condiciones evaluadas en base al aspecto técnico y económico.

Finalmente, del resultado final de las ponderaciones de los criterios anteriormente mostrados, se optó por la alternativa 3 con el mayor puntaje obtenido de **0.632**.

Tabla 4.45 Resultados de la evaluación de alternativas – Calificación ponderada final

Nº	Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
1	Evaluación técnica	0.457	0.413	0.532
2	Evaluación económica	0.150	0.050	0.100
	TOTAL	0.607	0.463	0.632

Nota. La tabla presenta la evaluación final según aspecto técnico-económico de cada alternativa evaluado, donde el mejor resultado obtuvo la **alternativa 3**, la que finalmente se seleccionó.

4.6.5 Selección de equipos de aire comprimido para equipos de presurización

Cálculo de demanda de aire comprimido por presurizadores

Se comenzó con el cálculo de la determinación de la demanda máxima de aire a condiciones de sitio, para ello se consideró el caso más crítico de requerimiento por los equipos presurizadores. El detalle de este se puede apreciar en la siguiente ecuación, del cual se obtiene la que el flujo que se necesita a condiciones FAD es de 39.5 l/s.

$$q_{FAD} = q_s \left[\frac{P_S - (HR_S \cdot P_{V-S})}{P_B - (HR_{FAD} \cdot P_{V-S})} \right] \left(\frac{T_{FAD}}{T_S} \right) \left(\frac{P_B}{P_{FAD}} \right) \quad (4.4)$$

Dónde:

$$q_s = 20.8 \text{ SCFM}$$

$$T_{FAD} = 303.15 \text{ K}$$

$$T_s = 292.15 \text{ K}$$

$$P_s = 1.013 \text{ bar}$$

$$P_{FAD} = P_B = 0.973 \text{ bar}$$

$$HR_S = 37 \%$$

$$HR_{FAD} = 87 \%$$

$$P_{V-S} = 0.021974 \text{ bar}$$

$$P_{V-FAD} = 0.037576 \text{ bar}$$

Tabla 4.46 Consumo de aire por presurizadores

Equipo que requiere aire comprimido	Consumo unitario (CFM)	Cantidad	Coefficiente de Uso	Coefficiente de Simultaneidad	Consumo (CFM)	Consumo FAD (CFM)	Consumo FAD (L/s)	Consumo FAD (L/min)
Presurizador	20.8	2	100%	100%	62.4	69	32.66	1959.4
Subtotal					62	69	32.66	1959.4
Factor de corrección				2%	1.25	1.38	0.65	39.2
Corrección por fugas				4%	2.5	2.77	1.31	78.4
Factor de diseño (margen de seguridad)				15%	9.36	10.38	4.9	293.9
TOTAL					75.5	83.73	39.51	2370.9

Cálculo de tanque pulmón

Se prosigue con la determinación de la capacidad y presión de trabajo del tanque pulmón. El principio base a usar es que este tanque tenga la capacidad y presión suficiente para poder alimentar un pulso simultaneo de aire comprimido requerido por los dos presurizadores; en ese sentido se realiza un análisis iterativo para poder asegurar estas condiciones mencionadas. El proceso se puede ver en los siguientes cálculos, de dónde se obtiene que la capacidad del tanque debe ser de 500 litros (0.5m^3) y debe tener una presión de trabajo de 7.5 barg. Además, la presión mínima residual luego de un pulso de aire es de 6.83 barg.

Valores de cálculo:

R:	8.314 J/mol. K
PM_{Aire} :	28.9645 kg/mol
T_{FAD} :	292.15 K
t_{pulso} :	1 s
P_{min} :	6.205 bar
P_{recom} :	6.550 bar
P_{max} :	6.895 bar

El análisis contempla que el caso más crítico es en el cual los 2 colectores requieren un pulso de aire simultáneamente. Esto implica que, una vez realizado la descarga de masa de aire desde el tanque, la presión residual en el tanque debe ser mayor a la presión mínima requerida por colector de polvo para que se complete satisfactoriamente la limpieza. Una vez realizada esta descarga entra en funcionamiento el intensificador de presión hasta reponer nuevamente la presión inicial en el tanque.

Se realizó una iteración de los valores de la presión y volumen del tanque de tal manera que se garantice que la presión residual sea mayor a la mínima requerida por el fabricante del equipo presurizador.

Un factor a considerar es que existe una válvula de estrangulamiento antes que el aire comprimido ingrese al equipo presurizador (colector de polvo). Esta reduce la presión generando un factor de estrangulamiento que se mantiene constante en el transcurso de operación. Así, el análisis considerará que con este mismo factor la presión final de llegada sea mayor a la mínima requerida.

La presión mínima luego de la descarga del pulso de aire en la salida del mecanismo de estrangulamiento debe ser mayor a la presión mínima recomendada por el fabricante del colector.

Tabla 4.47 Iteración de posibilidades para volumen y presión de Tanque

Presión en tanque inicial(P_T)	Volumen de tanque(V_T)	Densidad aire inicial	Masa de aire inicial	Masa de aire descargado	Masa aire residual	Presión residual en tanque	Factor Estrang.	Presión mínima en presurizador
barg	m ³	g/m ³	g	g	g	bar	-	bar
7	0.4	9555.62	3822.25	377.58	3444.66	6.21	1.02	6.12
7	0.5	9555.62	4777.81	377.58	4400.23	6.37	1.02	6.27
7	0.6	9555.62	5733.37	377.58	5355.79	6.47	1.02	6.38
7.5	0.4	10151.86	4060.74	401.14	3659.60	6.66	1.09	6.12
7.5	0.5	10151.86	5075.93	401.14	4674.79	6.83	1.09	6.28
7.5	0.6	10151.86	6091.11	401.14	5689.97	6.94	1.09	6.38
8	0.4	10748.10	4299.24	424.70	3874.54	7.11	1.16	6.13
8	0.5	10748.10	5374.05	424.70	4949.34	7.29	1.16	6.28
8	0.6	10748.10	6448.86	424.70	6024.15	7.41	1.16	6.38

Nota. La tabla presenta la selección por iteración de la capacidad del tanque a partir de los valores de presión residual y presión mínima.

Luego de análisis, la presión y volumen de diseño del tanque será:

P_T : 7.5 bar y V_T : 0.5 m³

Cálculo de tiempo de reposición de tanque pulmón

Otro a aspecto a verificar es el tiempo de llenado del tanque luego que se realiza el pulso de aire utilizado por los presurizadores, el cual debe ser menor a 10 segundos.

Una vez que el aire del tanque pulmón se dispuso para los pulsos de limpieza en los colectores de polvo, el intensificador detecta una presión de aire en este, menor a la seteada y comienza a funcionar hasta reponer nuevamente la presión inicial, este tiempo de reposición es el que se calculó.

- Masa de aire descargado en un pulso = 424.70g
- Flujo de salida del intensificador = 7.75 L/s
- Densidad de aire tanque lleno (7.5 barg) = 10151.9 g/m³
- Densidad de aire residual en tanque (6.83 barg) = 9898.7 g/m³
- Densidad promedio = 10025.3 g/m³
- Flujo másico promedio = 77.74 g/s
- Tiempo reposición de aire a tanque = **5.46 s**

Cálculo de intensificador de presión

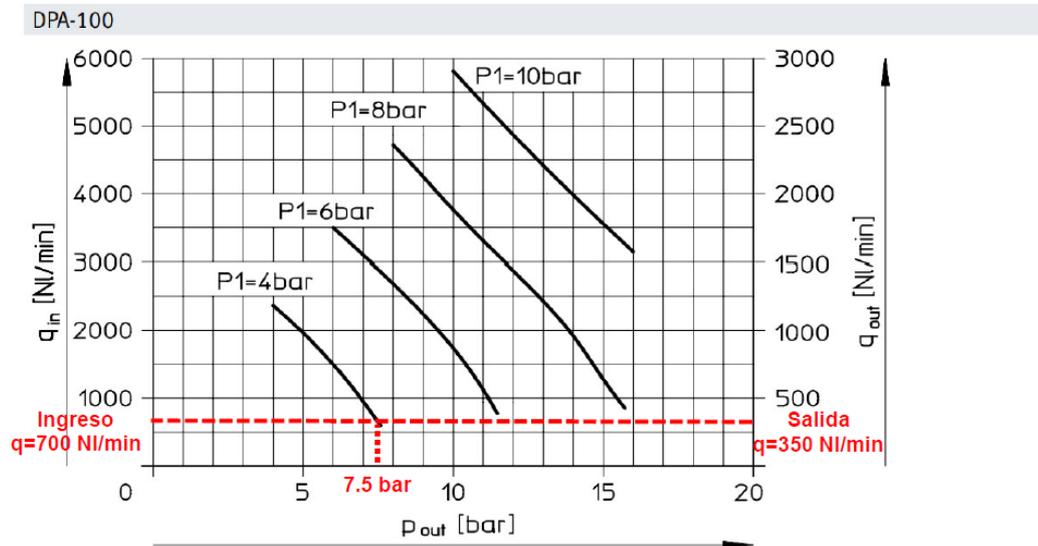
Se toma como base el intensificador o multiplicador de presión DPA-100 del fabricante FESTO.

Se sabe que la presión en Tie-in es 5 barg. Considerando pérdidas en los filtros, secador y otros accesorios se trabaja con una presión de entrada al intensificador de 4 barg, el mismo que se puede constatar en el cálculo de caída de presión en tuberías del sistema de aire comprimido.

El intensificador va a setearse con el valor de la presión en el tanque; es decir cuando llegué a esa presión (7.5 barg) dejará de funcionar. Visto el análisis que el caso más fortuito es en el que los 2 colectores funcionan a la vez, llegándose así a tener una presión residual en el tanque de

6.83 barg. Teniendo esta información se puede obtener los flujos de entrada y salida de operación.

Figura 4.16 Grafico de caudal en relación caída de presión



Fuente: Ficha técnica FESTO de intensificador DPA-100 (2024)

De dónde se tiene que para tener una presión constante de salida de 7.5 bar, se requiere:

- **Flujo de entrada:** 700 NI/min – 930.6 L/min – **15.510 L/s**
- **Flujo de salida** : 350 NI/min – 465.3 L/min – **7.755 L/s**

Cálculo de caída de presión en las tuberías del sistema

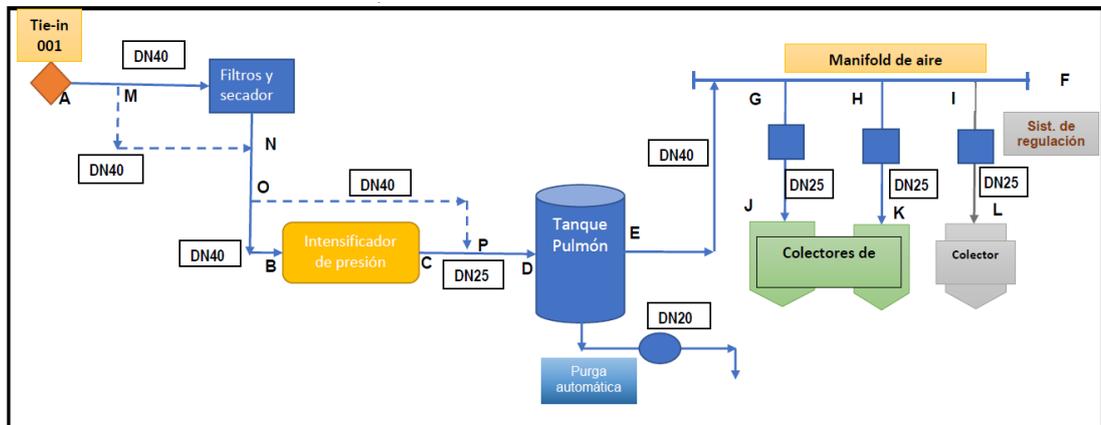
Teniendo en cuenta velocidades de transporte de aire recomendadas (entre 5 y 20 m/s) y caídas de presión solamente en tuberías y accesorios (sin considerar filtros ni secador) debe ser menor a 0.1 barg. Luego de este cálculo se puede verificar que la caída de presión total (tuberías y equipos) entre el tie-in y la entrada al intensificador es menor a 1 barg, lo cual está en concordancia con lo que se consideró en el punto anterior (4 barg).

Se toma como base el intensificador o multiplicador de presión DPA-100 del fabricante FESTO.

Utilizando por la siguiente fórmula se determinará la caída de presión;

$$\Delta p = 450 \times \frac{q_c^{1.85} \times l}{d^5 \times p} \quad (4.6)$$

Figura 4.17 Esquema de distribución de Aire Comprimido



Accesorios por cada tramo a dimensionar:

- Cantidad de accesorios de tramo A-B (Diámetro 40 mm)
 - Válvula de bola – 4 und
 - Codo radio largo – 8 und
 - Tee salida lineal – 1 und
 - Reducción – 1 und

- Cantidad de accesorios de tramo C-D (Diámetro 25 mm)
 - Válvula de bola – 2 und
 - Codo radio largo – 3 und

- Cantidad de accesorios de tramo E-F
 - Válvula de bola – 2 und
 - Codo radio largo – 2 und
 - Tee salida lineal – 1 und
 - Reducción – 1 und

- Cantidad de accesorios de tramo G-J / H-K / I-L
 - Válvula de bola – 2 und
 - Codo radio largo – 6 und
 - Tee salida lineal – 1 und
 - Reducción – 1 und

- Cantidad de accesorios de tramo M-N / O-P
 - Válvula de bola – 2 und
 - Codo radio largo – 9 und
 - Tee salida lineal – 1 und
 - Reducción – 1 und

El tramo A-B incluye caída de presión en filtros y secador de aire (valores según catálogos Atlas Copco):

- Caída de presión en filtros de polvo y aceite (04 unidades): 0.54 bar
- Caída de presión en secador frigorífico: 0.33 bar
- Total, la caída de presión en Tramo A-B: **0.87 bar**

Tabla 4.48 Pérdida de presión en ruta crítica

TRAMO	Caudal de diseño	Diámetro de tubería	Tipo de tubería	Diámetro interno de tubería	Velocidad de aire	Longitud de tubería	Longitud Equiv. Por Accesorios	Presión Absoluta de Trabajo	Caída de Presión por tramo
	Q _{wc} (L/s)	d (pulg)	CS.	d (mm)	(m/s)	(m)	(m)	P _{wc} (bar)	ΔP (bar)
A-B	18.8	1.5	S-40S	40.94	4.00	12.00	23.10	5.75	0.870
C-D	9.4	1	S-40S	26.64	4.70	2.00	1.50	5.75	0.001
E-F	39.5	1.5	S-40S	40.94	8.30	2.00	7.10	8.63	0.004
G-J / H-K / I-L	13.2	1	S-40S	26.64	6.60	20.00	3.20	8.63	0.011
Subtotal									0.886
Margen adicional (10%)									0.089
TOTAL									0.975

Nota. La tabla presenta la caída de presión en cada tramo del recorrido de aire comprimido según figura 4.17, se considero un factor de seguridad de 1.1 y finalmente se obtuvo la caída de presión total que asciende a 0.975 bar.

Finalmente se tiene:

- Caída de presión total en Tramo A-B: **0.957 bar**
- Caída de presión total en Tramo A-L: **0.975 bar**

De estos resultados se verifica que, al tener la presión en el tie-in de 5 bar, se tiene una presión de 4 barg a la entrada del equipo intensificador de presión (punto B).

Cálculo de secador frigorífico

Finalmente se realiza el cálculo de la capacidad del secador frigorífico (1 unidad) teniendo en cuenta información técnica de uno de los fabricantes más reconocidos en el ámbito que corresponde a Atlas Copco.

Datos de entrada:

- Presión máxima de operación : 5 barg
- Temperatura máxima Ambiente : 30 °C
- Temperatura aire ingreso al Secador : 30 °C

$$CSF = q_c \times (K_1 * K_2 * K_3) \tag{4.7}$$

$$CSF = 18.8 \times (0.92 * 1.24 * 0.90) = \mathbf{18 \text{ L/s}}$$

Se verifica en la tabla de selección de modelos de Atlas Copco que el valor más cercano al cálculo realizado es el modelo FX 4 de 23 L/s de capacidad.

Figura 4.18 Tabla de selección de modelo de secador Atlas Copco

Model	Outlet pressure dew point +5 °C/41 °F				Outlet pressure dew point +3 °C/37 °F				Maximum working pressure		Electrical supply	Dimensions						Weight		Compressed air connections
	Inlet capacity		Pressure drop		Inlet capacity		Pressure drop					Length		Width		Height				
	l/s	cfm	bar	psi	l/s	cfm	bar	psi	bar	psi	mm	inch	mm	inch	mm	inch	kg	lb		
FX 1	7	14	0.20	2.88	6	13	0.15	2.18	16	232	115-230/1/60Hz	500	19.7	350	13.8	484	19.1	19	42	3/4" NPT
FX 2	12	24	0.33	4.79	10	21	0.25	3.63	16	232	115-230/1/60Hz	500	19.7	350	13.8	484	19.1	19	42	3/4" NPT
FX 3	16	35	0.33	4.79	14	30	0.25	3.63	16	232	115-230/1/60Hz	500	19.7	350	13.8	484	19.1	20	44	3/4" NPT
FX 4	23	49	0.33	4.79	20	42	0.25	3.63	16	232	115-230/1/60Hz	500	19.7	350	13.8	484	19.1	25	55	3/4" NPT
FX 5	35	74	0.40	5.75	30	64	0.30	4.35	16	232	115-230/1/60Hz	500	19.7	350	13.8	484	19.1	27	60	3/4" NPT
FX 6	45	95	0.42	6.14	39	83	0.32	4.64	13	189	115-230/1/60Hz	500	19.7	370	14.6	804	31.7	51	112	1" NPT
FX 7	58	122	0.50	7.29	50	106	0.38	5.51	13	189	115-230/1/60Hz	500	19.7	370	14.6	804	31.7	51	112	1" NPT
FX 8	69	146	0.24	3.45	60	127	0.18	2.61	13	189	115-230/1/60Hz	560	22.0	460	18.1	829	32.6	61	135	1 1/2" NPT
FX 9	79	167	0.33	4.79	68	144	0.25	3.63	13	189	115-230/1/60Hz	560	22.0	460	18.1	829	32.6	68	150	1 1/2" NPT
FX 10	100	211	0.24	3.45	87	184	0.18	2.61	13	189	115-230/1/60Hz	560	22.0	460	18.1	829	32.6	73	161	1 1/2" NPT
FX 11	125	264	0.26	3.84	108	229	0.20	2.90	13	189	230/1/60Hz	560	22.0	580	22.8	939	37.0	90	198	1 1/2" NPT
FX 12	148	313	0.36	5.18	128	271	0.27	3.92	13	189	230/1/60Hz	560	22.0	580	22.8	939	37.0	90	198	1 1/2" NPT
FX 13	192	407	0.26	3.77	167	354	0.20	2.90	13	189	460/3/60Hz	898	35.35	735	28.9	1002	36.4	173	381	2" NPT
FX 14	230	488	0.33	4.79	200	424	0.25	3.63	13	189	460/3/60Hz	898	35.35	735	28.9	1002	36.4	178	392	2" NPT
FX 15	288	611	0.46	6.67	250	530	0.35	5.08	13	189	460/3/60Hz	898	35.35	735	28.9	1002	36.4	183	404	2" NPT
FX 16	345	731	0.46	6.67	300	636	0.35	5.08	13	189	460/3/60Hz	898	35.35	735	28.9	1002	36.4	183	404	2" NPT
FX 17	424	899	0.28	4.07	400	848	0.25	3.63	13	189	460/3/60Hz	1082	42.59	1020	40.15	1560	61.41	325	717	3" NPT
FX 18	530	1124	0.34	4.89	500	1060	0.30	4.35	13	189	460/3/60Hz	1082	42.59	1020	40.15	1560	61.41	335	739	3" NPT
FX 19	618	1310	0.39	5.70	583	1236	0.35	5.08	13	189	460/3/60Hz	1082	42.59	1020	40.15	1560	61.41	350	772	3" NPT
FX 19.5	795	1685	0.28	4.07	750	1527	0.25	3.63	13	189	460/3/60Hz	1123	44.2	1020	40.15	1560	61.41	380	838	Flanged DN 125
FX 20	883	1872	0.34	4.89	833	1766	0.30	4.35	13	189	460/3/60Hz	2099	82.6	1020	40.15	1560	61.41	550	1213	Flanged DN 125
FX 21	1187	2516	0.28	4.07	1120	2374	0.25	3.63	13	189	460/3/60Hz	2099	82.6	1020	40.15	1560	61.41	600	1323	Flanged DN 125

Fuente: Atlas Copco. Secadores serie FX (2024)

4.6.6 Dimensionamiento de Dampers Gravitatorios

Ecuación para determinar las dimensiones de la rejilla:

$$A_T = \frac{Q}{v \times A_L} \quad (4.8)$$

Dónde:

- A_T: Área total (ft²)
- v: Velocidad en rejilla (FPM)
- Q: Flujo de aire de presurización (CFM)
- A_L: Porcentaje de área libre (%)

Tabla 4.49 Cálculo para dimensionamiento de dampers

ÁREA	CAUDAL(CFM)	VELOCIDAD(FPM)	ÁREA EFECTIVA(ft ²)	% ÁREA LIBRE	ÁREA TOTAL (ft ²)	LARGO (ft)	ANCHO (ft)	LARGO (pulg)	ANCHO (pulg)
81	1250	500	2.5	90	2.78	1.67	1.67	20	20
Sala de control	1250	500	2.5	90	2.78	1.67	1.67	20	20
70	1250	500	2.5	90	2.78	1.67	1.67	20	20
Sala de control	1250	500	2.5	90	2.78	1.67	1.67	20	20

4.6.7. Dimensionamiento de Sistema de Ductos

Las dimensiones de los ductos dependen de la máxima velocidad del aire que se puede usar sin causar ruido, vibraciones o excesivas pérdidas por fricción. Este dato se obtuvo al calcular el flujo requerido para la presurización positiva y la carga térmica, se determinó la ruta más directa para distribuir uniformemente en toda el área de las salas eléctricas.

disminución de la presión total, esta pérdida de presión es lo que se conoce con el nombre de pérdida de carga o caída de presión.

En un sistema de ductos, existen codos, curvas, derivaciones y demás figuras geométricas que no son tramos rectos, que producen una pérdida de carga complementaria. Estas pérdidas pueden considerarse como longitudes equivalentes de ducto (de acuerdo con tablas o gráficos), o analizar en función de la velocidad o presión de velocidad (de acuerdo con tablas o gráficos).

El sistema de ductos diseñado para el presente proyecto, se consideró que tenga una pérdida de presión estática en los siguientes rangos:

- 0.08 a 0.10 Pulg. C. A por 100 pies/Ducto (Ductos pequeños y ramales de distribución intermedio o final).
- 0.15 a 0.20 Pulg. C.A. por 100 pis/Ducto (Ductos grandes y ramales principales).

Bases de Cálculo

Para el cálculo de las pérdidas por fricción se consideró que todos los ductos son de plancha de acero galvanizado con una rugosidad para este tipo de materiales.

- ✓ Para la construcción o fabricación se utiliza las recomendaciones del “HVAC Duct Construction Standards Metal and Flexible” de SMACNA.
- ✓ Se considera que las uniones entre ductos será lo más lisa y hermética posible, para no aumentar las pérdidas por fricción al sistema de ductos.
- ✓ Los ductos tendrán una construcción rígida y reforzada en plancha de 1/27 y 1/20 de pulgada de aspensor, de construcción bridada, para evitar vibraciones y deflexiones (pandeos), que aumenten las pérdidas al sistema de ductos y generen ruido.
- ✓ Las pérdidas en los diferentes accesorios (codos, transiciones, derivaciones, reducciones, plenums, etc.), se evalúan en base a presión de velocidad, forma del accesorio, todos estos valores se

indican en el “Handbook Fundamental” de Ashare, en la sección de ductos.

- ✓ Para el cálculo de la pérdida en rejillas de suministro, rejilla de retorno de aire, rejillas de extracción de aire, difusores de descarga de aire y dampers de control/regulación, se utiliza la información técnica de los manuales de los fabricantes.

Cálculo de Pérdida de Presión

Tabla 4.50 Cálculo de Pérdida de Presión Sistema de Ductos MCC Área 81 (Piso 1)

Ítem	Datos Técnicos	Unidades	Tramos o Segmento de Ducto según Figura 4.8						
			A-B	B-C	C-D	D-E	E-F	F-G	H-I
1	Dirección Flujo	Pulg	Suministro	Suministro	Suministro	Suministro	Suministro	Suministro	Retorno
2	Dimensión	Pulg	40x18	35x13	30x13	26x13	22x13	15x13	30x25
3	Longitud	Pies	80	30	15	15	15	15	80
4	Caudal	Cfm	8,520	4,480	3,660	2,840	2,020	1,200	8,520
5	Pérdida Presión	Pulg. C.A.	0.1510	0.1470	0.1420	0.1210	0.0940	0.0880	0.1240
6	Velocidad	FPM	1,887	1,602	1,887	1,327	1,002	945	1,746
7	Presión de velocidad	Pulg. C.A.	0.2220	0.1600	0.1407	0.1099	0.0757	0.0557	0.1901
8	Pérdida Presión Sist. de Ductos	Pulg. C.A.	0.1208	0.0441	0.0213	0.0182	0.0141	0.0132	0.0992

Tabla 4.51 Resumen de pérdidas de presión Sistema de Ductos MCC Área 81 (Piso 1)

Ítem	Descripción de Elementos	Pérdidas Presión Estática
1	Sistema de Ductos	0.33 Pulg.C.A.
2	Accesorios Ductos	0.30 Pulg.C.A.
3	Damper	0.15 Pulg.C.A.
4	Rejillas de Suministro	0.15 Pulg.C.A.
5	Rejilla de Retorno	0.15 Pulg.C.A.
6	Descarga UMA	0.10 Pulg.C.A.
7	Retorno UMA	0.10 Pulg.C.A.
	Pérdida de Presión Estática Total	1.28 Pulg.C.A.

La pérdida de presión estática para el sistema de ductos es de 1.28 " C.A. El valor de 1.28" C.A. es aproximado y depende del tipo y la calidad de la instalación del sistema de ductos, para este caso se está redondeando a **1.50" C.A.**

Tabla 4.52 Cálculo de Pérdida de Presión Sistema de Ductos MCC Área 70 (Piso 2)

Ítem	Datos Técnicos	Unidades	Tramos o Segmento de Ducto según Figura 4.9					
			A-B	B-C	C-D	D-E	E-F	F-G
1	Dirección Flujo	Pulg	Suministro	Suministro	Suministro	Suministro	Suministro	Suministro
2	Dimensión	Pulg	40x35	40x18	36x13	30x13	21x12	40x35
3	Longitud	Pies	40	40	25	15	15	40
4	Caudal	Cfm	16,230	8,350	5,010	3,340	1,670	16,230
5	Perdida Presión	Pulg. C.A. / 100 pies	0.0880	0.1450	0.1720	0.1190	0.0900	0.0880
6	Velocidad	FPM	1,863	1,850	1,747	1,371	1,036	1,887
7	Presión de velocidad	Pulg. C.A.	0.2164	0.2133	0.1904	0.1171	0.0670	0.2220
8	Perdida Presión Sistema de Ductos	Pulg. C.A.	0.0352	0.0580	0.0430	0.0179	0.0135	0.0352

Tabla 4.53 Resumen de pérdidas de presión Sistema de Ductos MCC Área 70 (Piso 2)

Ítem	Descripción de Elementos	Pérdidas Presión Estática
1	Sistema de Ductos	0.20 Pulg.C.A.
2	Accesorios Ductos	0.30 Pulg.C.A.
3	Damper	0.15 Pulg.C.A.
4	Rejillas de Suministro	0.15 Pulg.C.A.
5	Rejilla de Retorno	0.15 Pulg.C.A.
6	Descarga UMA	0.10 Pulg.C.A.
7	Retorno UMA	0.10 Pulg.C.A.
	Pérdida de Presión Estática Total	1.15 Pulg.C.A.

La pérdida de presión estática para el sistema de ductos es de 1.15 " C.A. El valor de 1.15" C.A. es aproximado y depende del tipo y la calidad de la instalación del sistema de ductos, para este caso se está redondeando a **1.50" C.A.**

4.6.8. Simulación de Funcionamiento

Alcance

El alcance de la simulación es verificar los parámetros ambientales dentro del establecimiento tales como temperatura, presión y velocidad de aire.

La estructura identificada en el proyecto de investigación cumple con la función principal de albergar diferentes tableros eléctricos, cuenta con dos niveles de 180m² cada uno, para un total de 360 m².

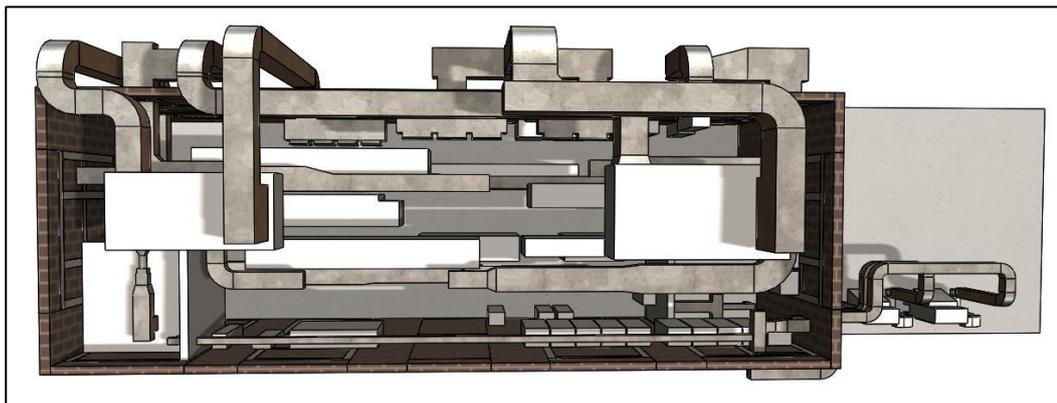
De esta forma se respalda técnicamente la distribución y dimensionamiento propuesto del sistema de ductos HVAC por medio de los resultados de cálculos de dinámica de fluidos computacionales mediante el uso del módulo Flow Simulations del software SolidWorks.

Estructura analizada

El componente utilizado para la verificación corresponde al modelo solido 3D, en SolidWorks 2020, graficada en la figura (4.21).

Este modelo se utiliza en la aplicación de la dinámica de fluidos computacionales (CFD), a través del Software SolidWorks 2020.

Figura 4.21 Modelado 3D de ductos del sistema de presurización y climatización



Antecedentes de carga y condiciones de borde

1. Propiedades de los materiales

Componente: Fluido ambiente

Calidad : Aire

Tipo Modelo : Laminar y turbulento

Tabla 4.54 Propiedades del aire de distribución por medio de los ductos

Propiedad	Valor	Unidad
Presión de saturación	2.339	kPa
Densidad (vapor)	0.0173	Kgf/m ³
Viscosidad (dinámica)	0.973x10 ⁻⁵	Kg/m.s
Calor específico	1867	J/kg.K
Tensión superficial	0.0727	N/m
Relación de calor específico (Cp/Cv)	1.399	-
Masa molecular	0.029	kg/mol

Figura 4.22 Viscosidad Dinámica

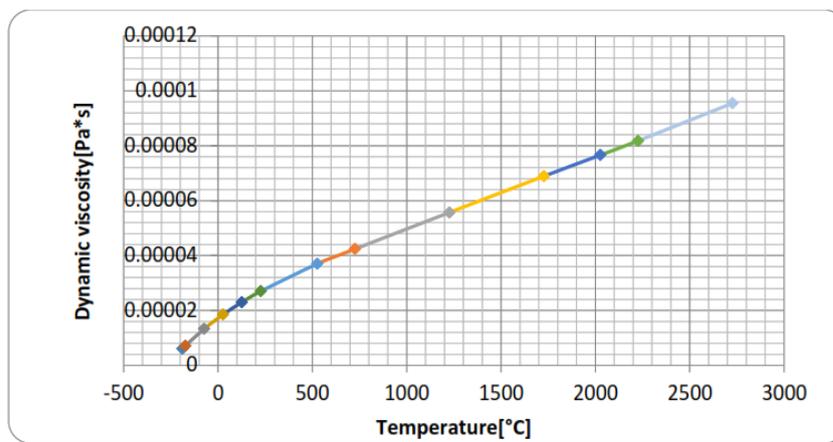


Figura 4.23 Calor Específico

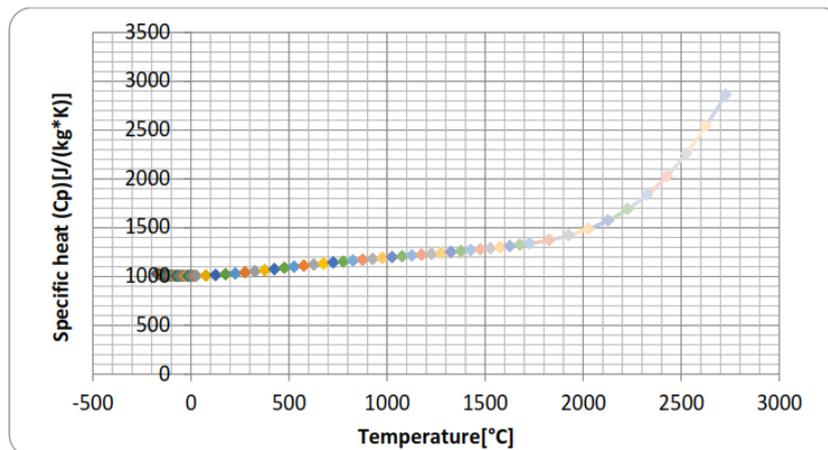
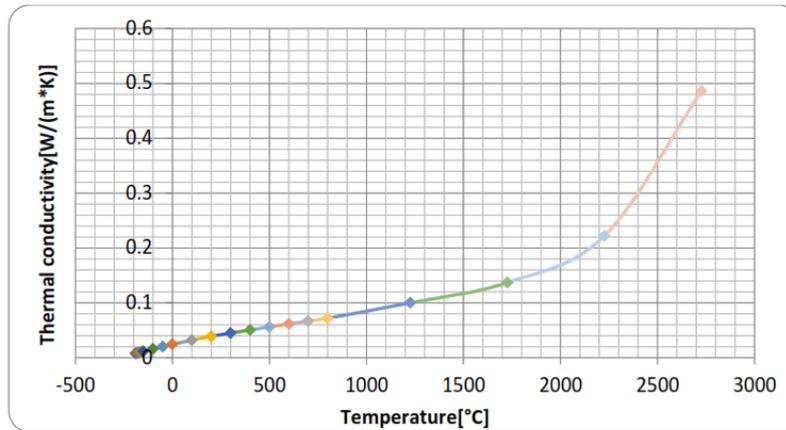


Figura 4.24 Conductividad térmica



Componente: Paredes, techo y suelo

Calidad : Aire

Tipo Modelo : Laminar y turbulento

Tabla 4.55 Propiedades de la estructura de construcción

Propiedad	Valor	Unidad
Temperatura	32	°C
Conductividad térmica	1.13	W/(m*K)
Calor específico	1000	J/kg.K

2. Condiciones de borde

Tabla 4.56 Parámetros iniciales de condiciones de borde

Parámetros termodinámicos	Presión estática: 97300.00 Pa Temperatura: 23.00 °C Vector de velocidad
Parámetros de velocidad	Velocidad in X dirección: 0 m/s Velocidad in Y dirección: 0 m/s Velocidad in Z dirección: 0 m/s Intensidad de turbulencia y longitud
Parámetros de turbulencia	Intensidad: 2.00 % Longitud: 0.105 m

3. Condiciones de Contorno

Tabla 4.57 Flujo volumétrico de entrada 1

Tipo	Flujo volumétrico de entrada
Caras	Combinar9//Face
Sistema de coordenadas	Sistema de coordenadas local
Eje de referencia	X

Parámetros de flujo	Dirección de Vector de flujo: Normal a Cara Tasa de flujo volumétrico: 0.5890 m ³ /s Flujo completamente desarrollado: No Perfil de Entrada: 0
Parámetros termodinámicos	Presión aproximada: 97300.00 Pa Tipo de temperatura: Temperatura inicial de componentes Temperatura: 10.50 °C
Parámetros de turbulencia	Intensidad de turbulencia y longitud Intensidad: 2.00 % Longitud: 0.105 m

Tabla 4.58 Flujo volumétrico de entrada 2

Tipo	Flujo volumétrico de entrada
Caras	Combinar9//Face
Sistema de coordenadas	Sistema de coordenadas local
Eje de referencia	X
Parámetros de flujo	Dirección de Vector de flujo: Normal a Cara Tasa de flujo volumétrico: 0.5890 m ³ /s Flujo completamente desarrollado: No Perfil de Entrada: 0
Parámetros termodinámicos	Presión aproximada: 97300.00 Pa Tipo de temperatura: Temperatura inicial de componentes Temperatura: 11.00 °C
Parámetros de turbulencia	Intensidad de turbulencia y longitud Intensidad: 2.00 % Longitud: 0.105 m

Tabla 4.59 Flujo volumétrico de entrada 3

Tipo	Flujo volumétrico de entrada
Caras	Combinar11//Face
Sistema de coordenadas	Sistema de coordenadas local
Eje de referencia	X
Parámetros de flujo	Dirección de Vector de flujo: Normal a Cara Tasa de flujo volumétrico: 0.5890 m ³ /s Flujo completamente desarrollado: No Perfil de Entrada: 0
Parámetros termodinámicos	Presión aproximada: 97300.00 Pa Tipo de temperatura: Temperatura inicial de componentes Temperatura: 10.50 °C
Parámetros de turbulencia	Intensidad de turbulencia y longitud Intensidad: 2.00 % Longitud: 0.105 m

Tabla 4.60 Flujo volumétrico de entrada 4

Tipo	Flujo volumétrico de entrada
Caras	Combinar10//Face
Sistema de coordenadas	Sistema de coordenadas local
Eje de referencia	X
Parámetros de flujo	Dirección de Vector de flujo: Normal a Cara
	Tasa de flujo volumétrico: 0.5890 m ³ /s
	Flujo completamente desarrollado: No
	Perfil de Entrada: 0
Parámetros termodinámicos	Presión aproximada: 97300.00 Pa
	Tipo de temperatura: Temperatura inicial de componentes
	Temperatura: 11.00 °C
Parámetros de turbulencia	Intensidad de turbulencia y longitud
	Intensidad: 2.00 % Longitud: 0.105 m

Figura 4.25 Flujos volumétricos de entrada

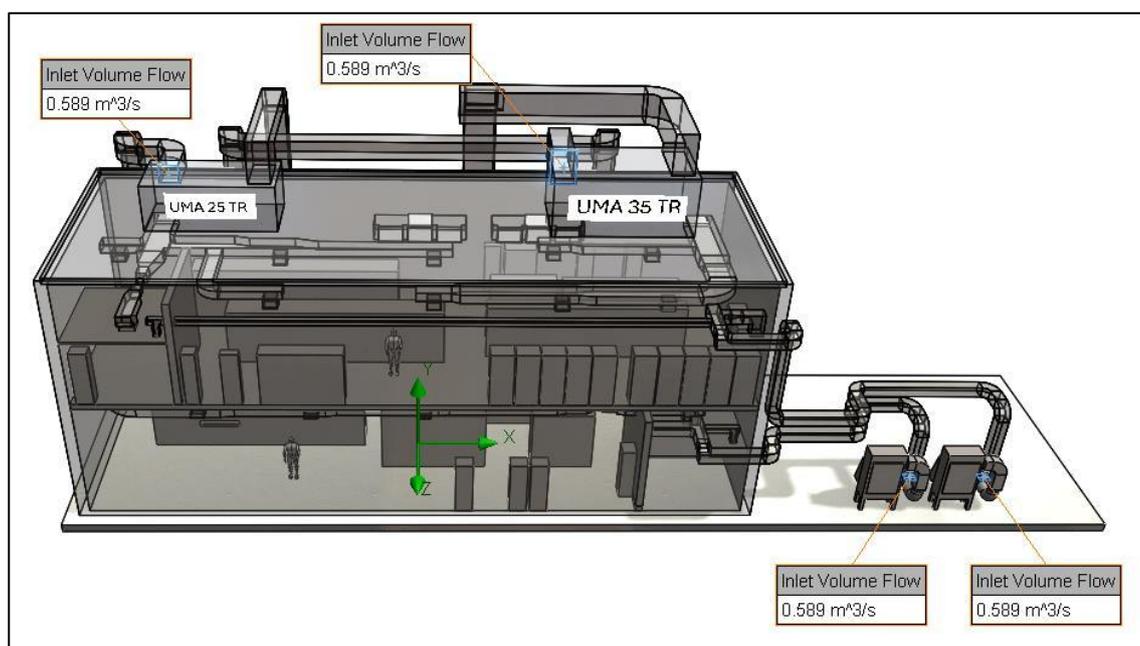


Tabla 4.61 Presión de retorno puntos 5 y 6

Tipo	Presión ambiental
Caras	Combinar9//Face
Sistema de coordenadas	Sistema de coordenadas local
Eje de referencia	X
Parámetros de flujo	Presión ambiental: 97300.00 Pa
	Tipo de temperatura: Temperatura inicial de componentes
	Temperatura: 23.00 °C

Parámetros termodinámicos	Intensidad de turbulencia y longitud Intensidad: 2.00 % Longitud: 0.105 m
----------------------------------	---

Figura 4.26 Retornos al equipo de refrigeración

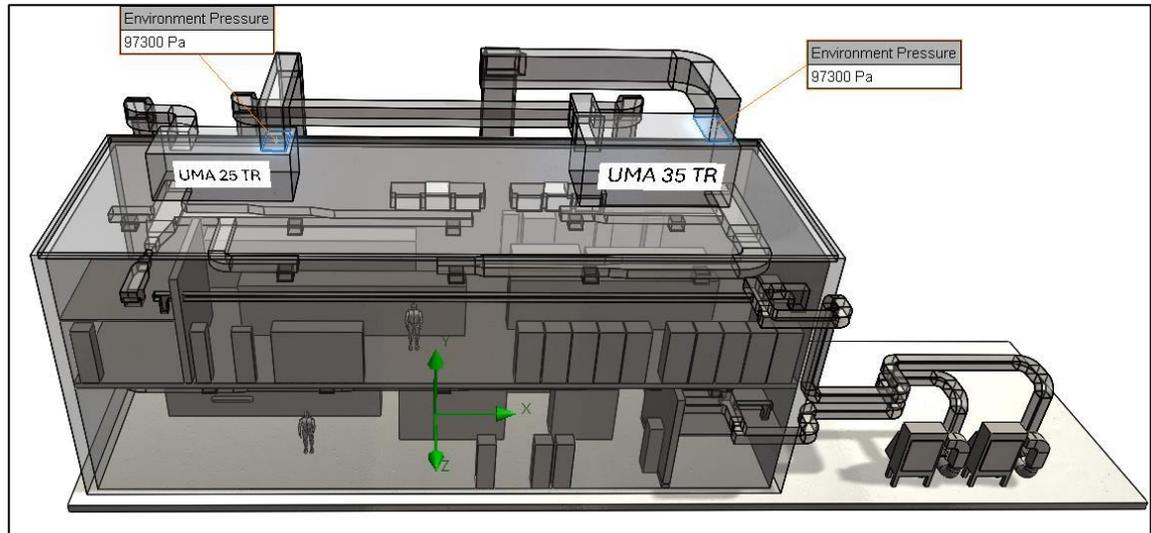


Tabla 4.62 Temperatura de equipos Primer Piso

Componentes	Primer Piso
Sistema de coordenadas	Sistema de coordenadas global
Eje de referencia	X
Tipo de fuente	Temperatura
Temperatura	45°C

Figura 4.27 Temperatura generada por equipos eléctricos en piso 1

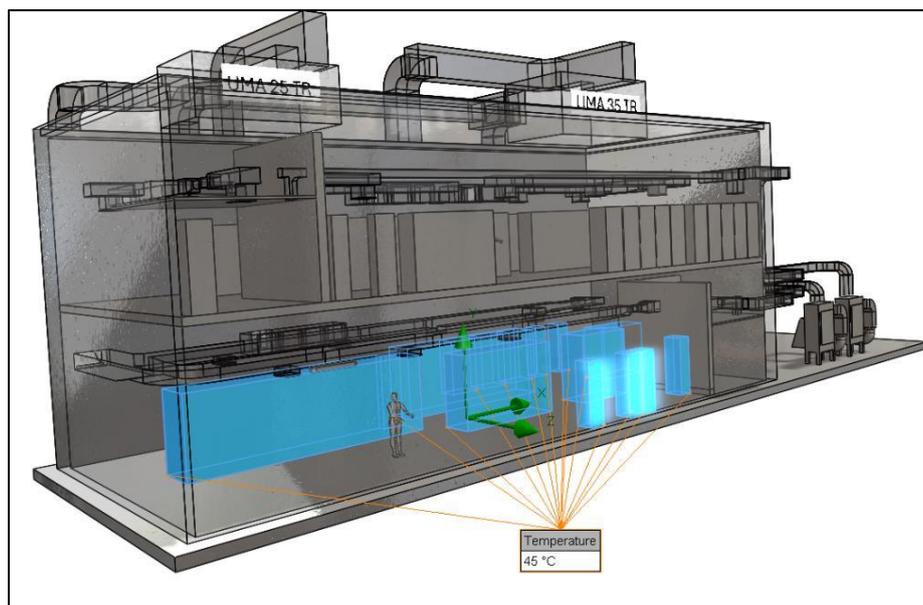


Tabla 4.63 Temperatura de equipos Segundo Piso

Componentes	Primer Piso
Sistema de coordenadas	Sistema de coordenadas global
Eje de referencia	X
Tipo de fuente	Temperatura
Temperatura	45°C

Figura 4.28 Temperatura generada por equipos eléctricos en piso 2

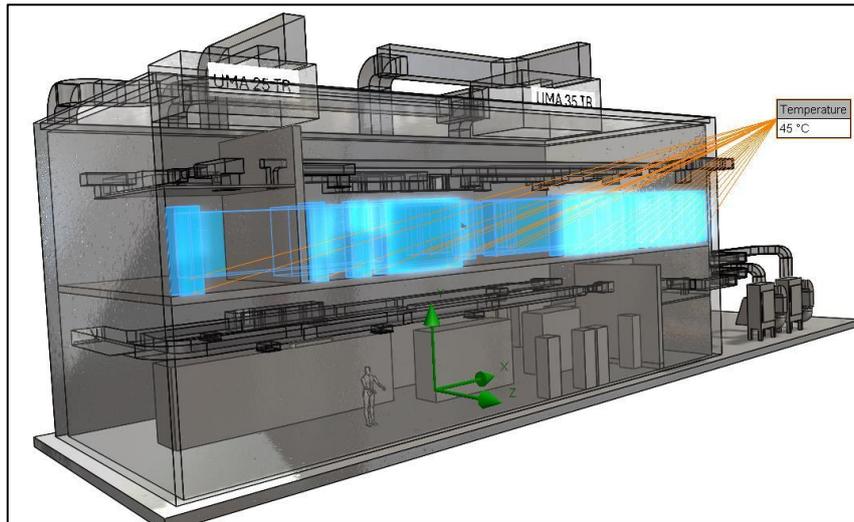


Tabla 4.64 Temperatura corporal en piso 1 y 2

Componentes	Humano Primer piso
Sistema de coordenadas	Sistema de coordenadas global
Reference axis	X
Tipo de fuente	Temperatura
Temperatura	25°C
Cantidad	12 personas

Figura 4.29 Temperaturas generadas por personas en el interior de la sala

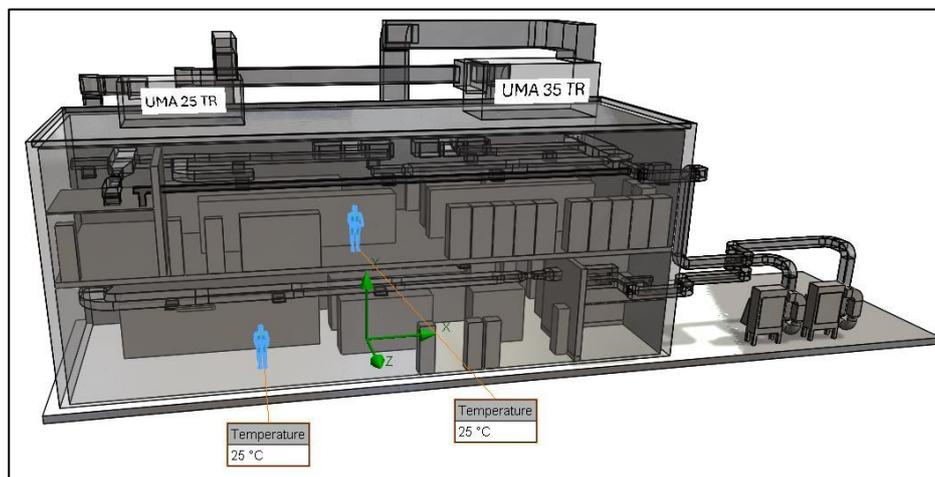


Tabla 4.65 Temperatura luminaria en piso 1 y 2

Componentes	Luminaria Primer piso
Sistema de coordenadas	Sistema de coordenadas global
Reference axis	X
Tipo de fuente	Temperatura
Temperatura	30°C
Cantidad	64 fluorescentes leds

Figura 4.30 Temperaturas generadas por luminarias en el interior de la sala

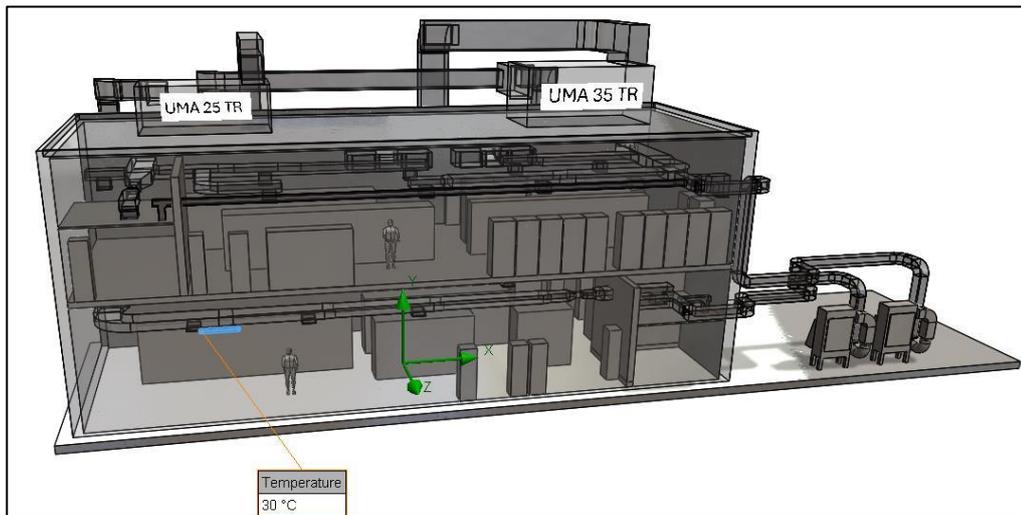
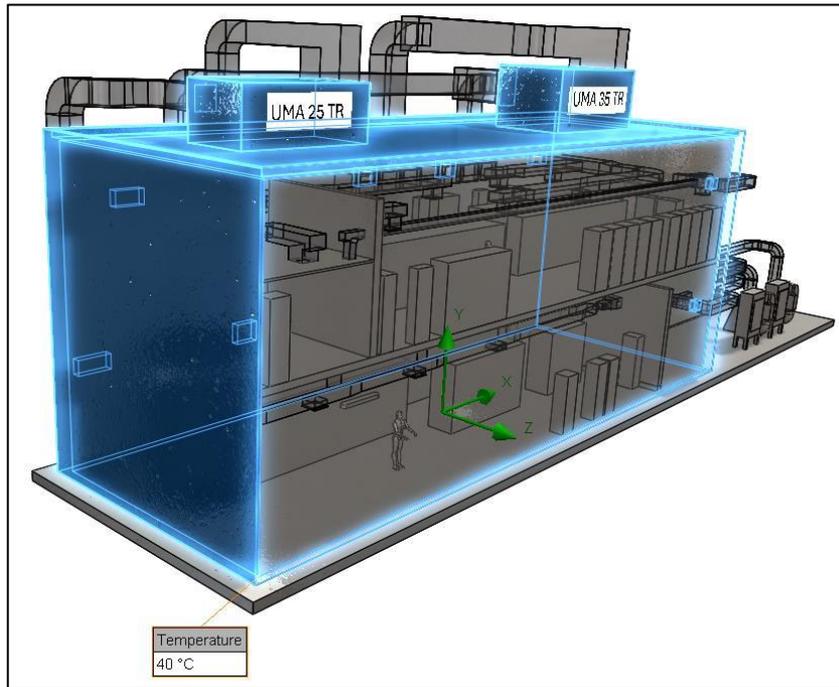


Tabla 4.66 Temperatura de paredes exteriores

Componentes	Paredes exteriores
Sistema de coordenadas	Sistema de coordenadas global
Reference axis	X
Tipo de fuente	Temperatura
Temperatura	40°C
Cantidad	3 paredes y 1 techo

Figura 4.31 Temperaturas generadas en paredes exteriores



4. Diagrama cuerpo libre y mallado de la estructura

Figura 4.32 Condiciones iniciales y de contorno generales

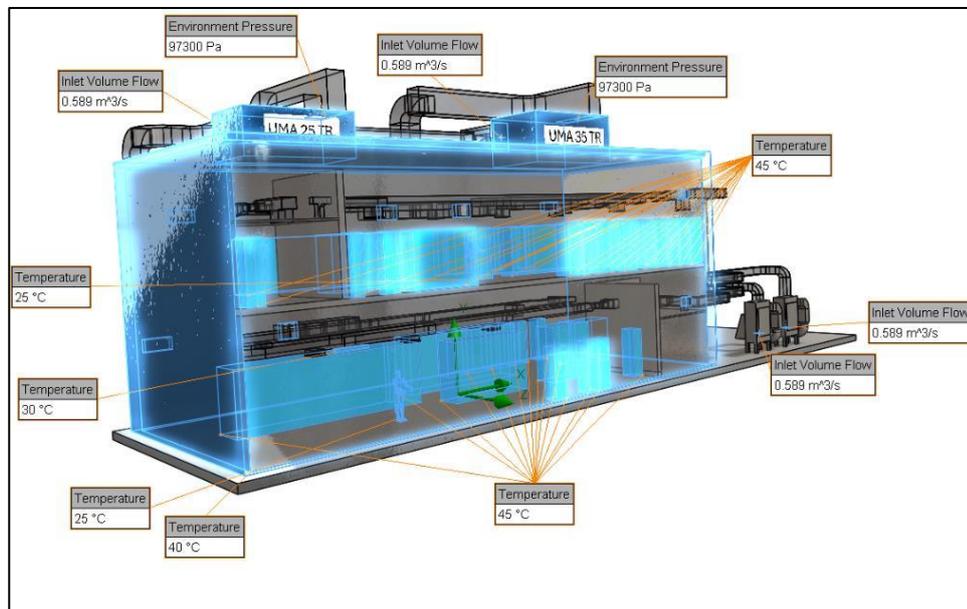
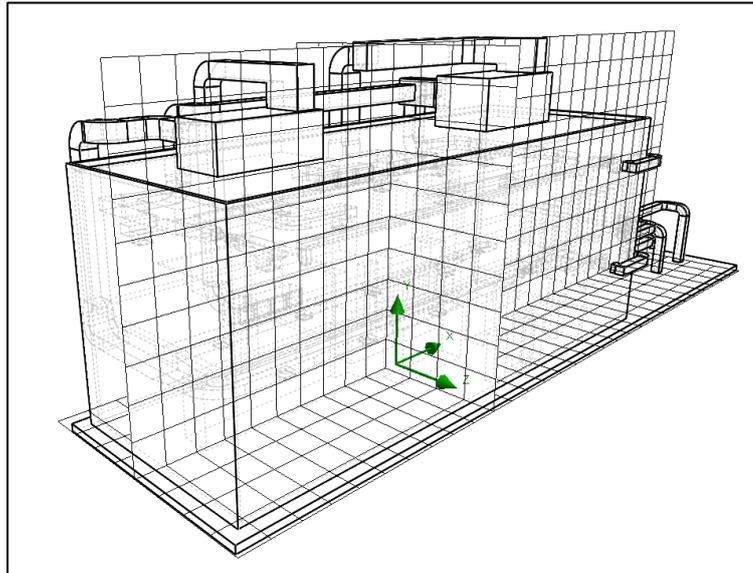


Figura 4.33 Diagrama de Cuerpo Libre, Borde y mallado de la Estructura



Criterio de diseño

El método de cálculo de dinámica de fluidos computacionales aplicado a es una rama de la mecánica de fluidos, que utiliza métodos numéricos y matrices para resolver problemas de flujo de fluidos.

Análisis de los resultados del cálculo de dinámica de fluidos computacionales.

A continuación, se presenta los resultados de cálculo mediante el Software SolidWorks 2020 en su módulo Flow Simulations.

1. Temperaturas globales

Figura 4.34 Vista frontal de medición de temperatura en CCM

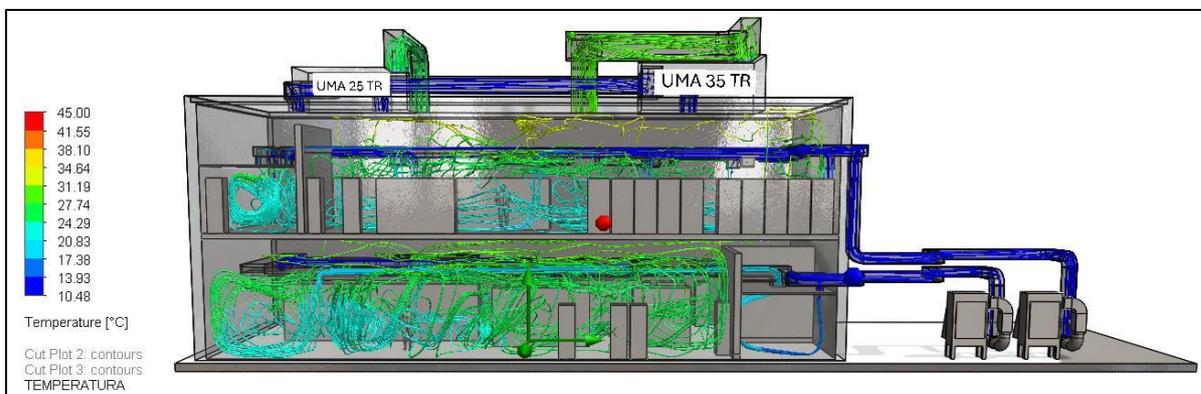
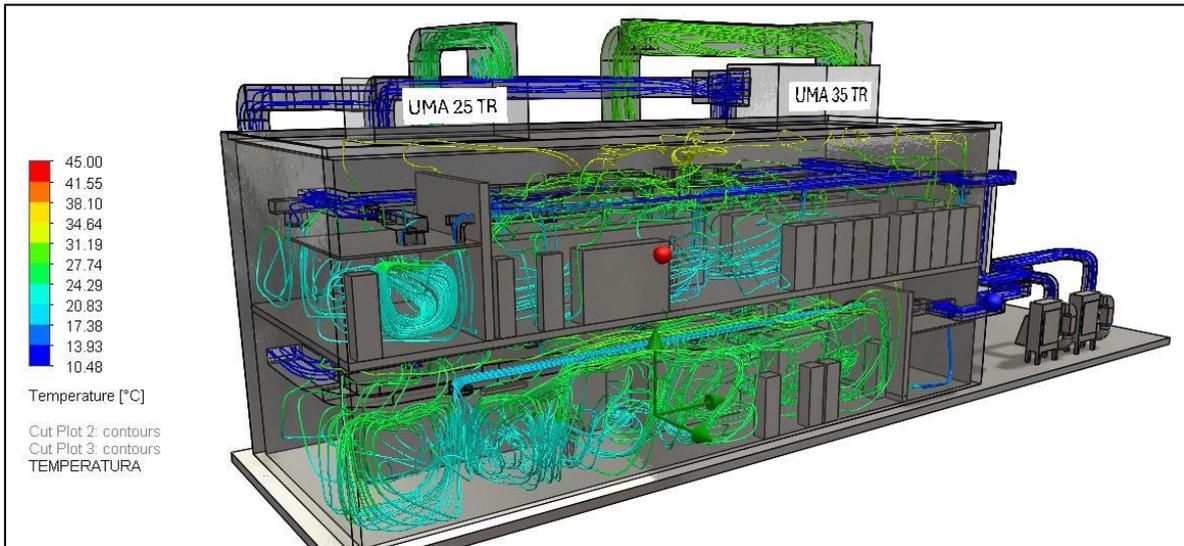


Figura 4.35 Vista isométrica de medición de temperatura en CCM



2. Presiones globales

Figura 4.36 Vista frontal de medición de presión en CCM

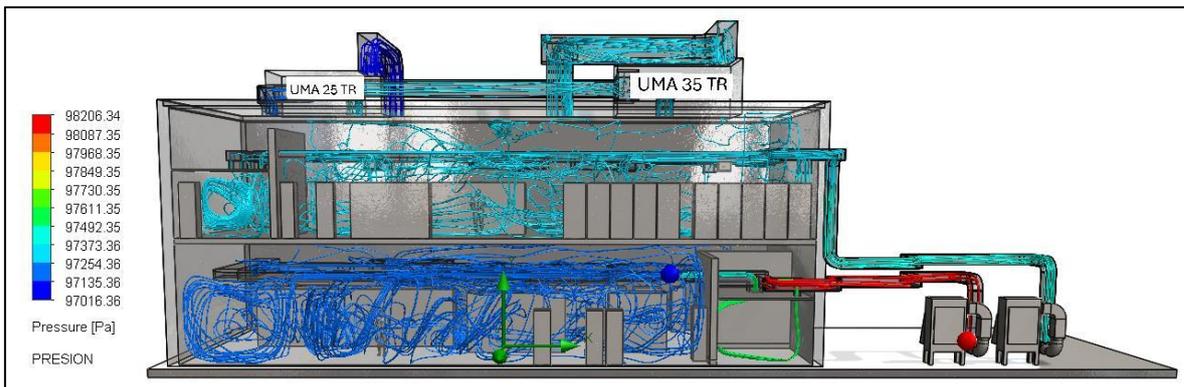
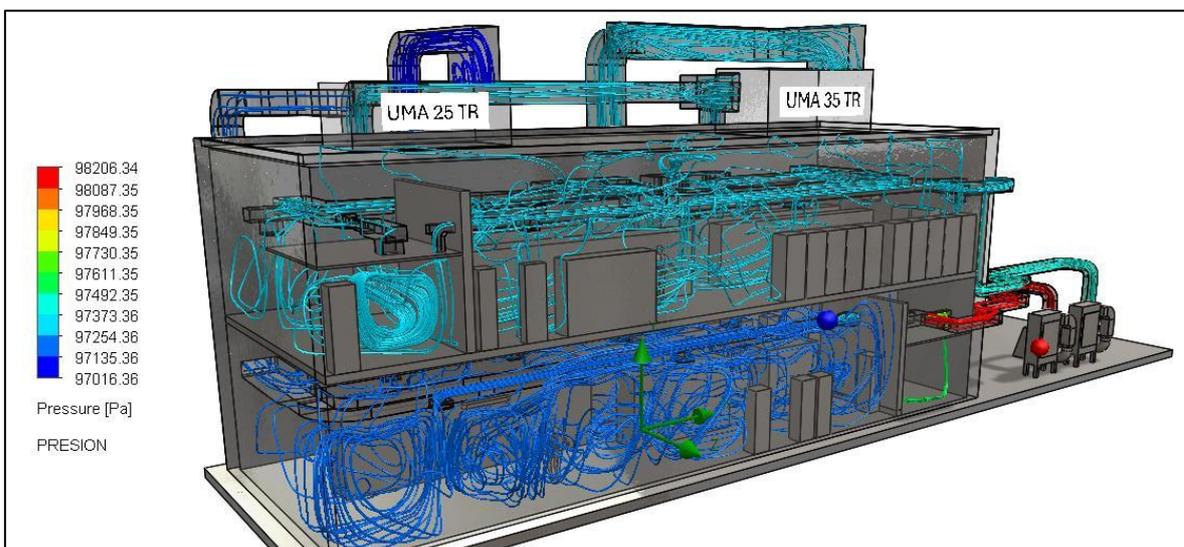


Figura 4.37 Vista isométrica de medición de presión en CCM



3. Velocidades globales

Figura 4.38 Vista frontal de medición de velocidad en CCM

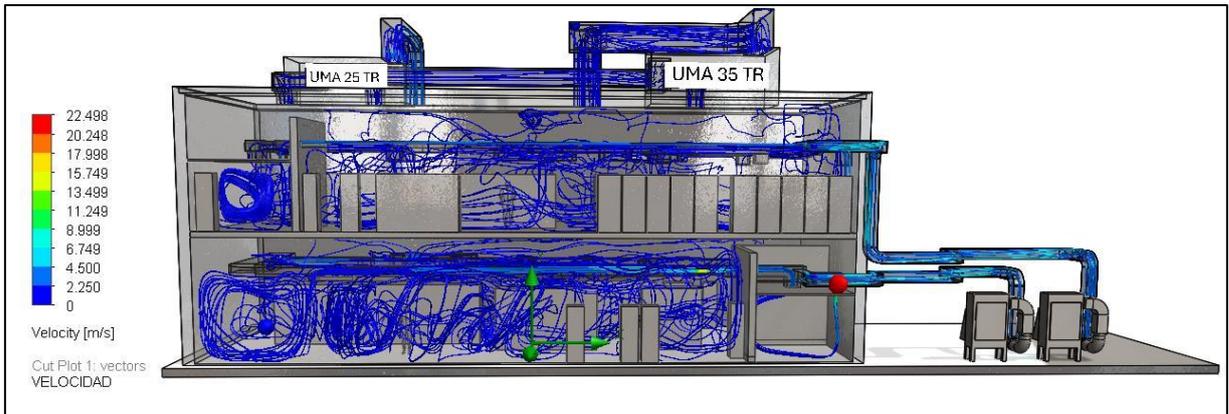
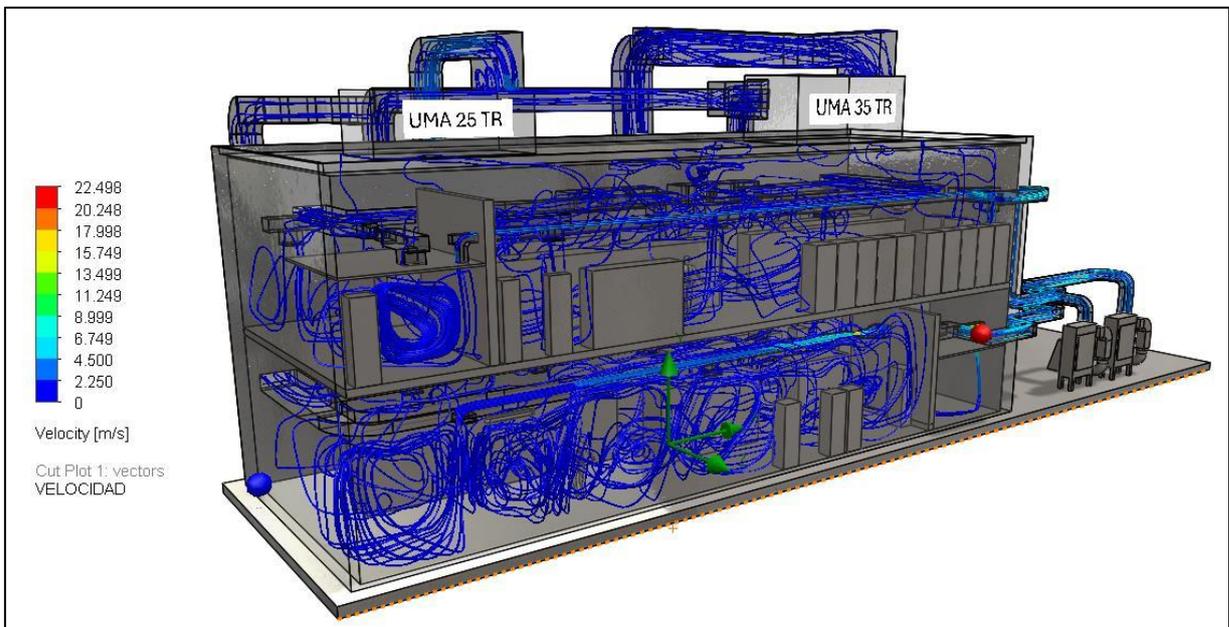


Figura 4.39 Vista isométrica de medición de velocidad en CCM



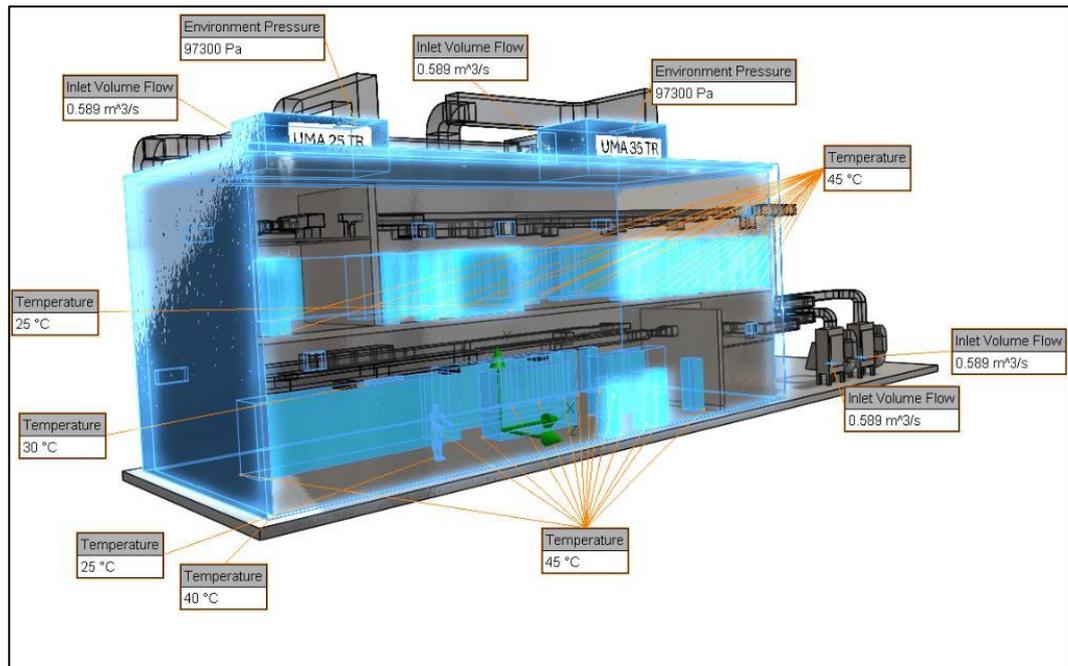
Conclusiones de la simulación

De acuerdo con la estructura analizada y según el diseño propuesto, modelamiento, simulación computacional, con el método de dinámica de fluidos computacionales en la estructura (CFD), permite obtener las siguientes conclusiones para el estudio:

- El análisis fue centrado en determinar los parámetros de temperatura, presión y velocidad dentro del establecimiento con la propuesta de distribución HVAC.

- Para la toma de datos fue necesaria una visita a las instalaciones donde se encuentra el establecimiento.
- Teniendo en cuenta los parámetros de contorno establecidos en el análisis según el levantamiento en campo se tiene el siguiente esquema de aplicación de cargas y condiciones.

Figura 4.40 Condiciones ambientales de presión y temperatura



- La temperatura de retorno de aire al equipo correspondiente al piso N° 1 se encuentra en un máximo de 27.71°C y un mínimo de 23.00°C.

Figura 4.41 Temperatura máxima y mínima en primer nivel

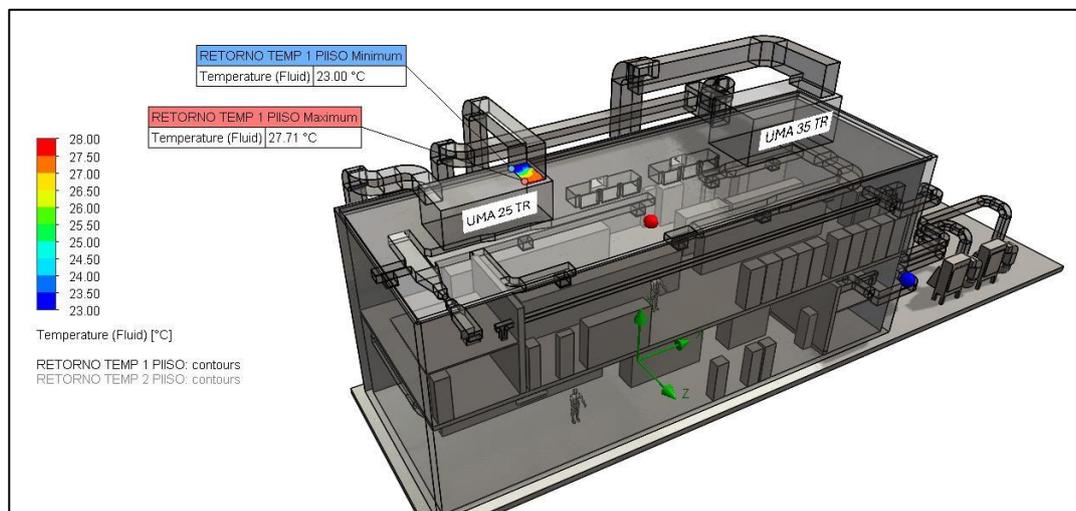
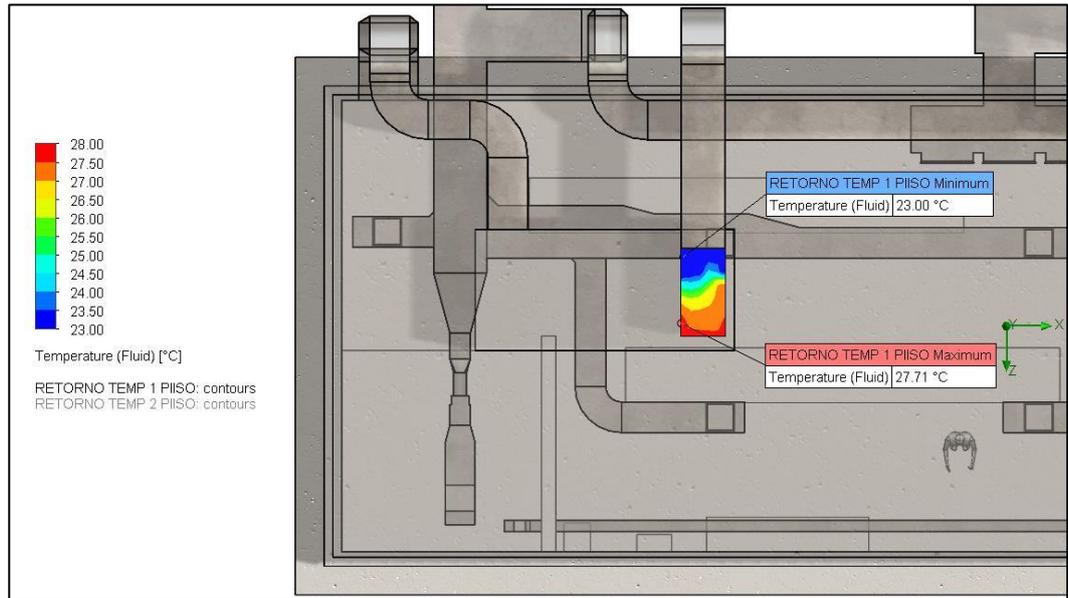


Figura 4.42 Mapa de calor en retorno de aire en primer nivel



- La temperatura de retorno de aire al equipo correspondiente al piso N° 2 se encuentra en un máximo de 28.55°C y un mínimo de 23.00°C.

Figura 4.43 Temperatura máxima y mínima en segundo nivel

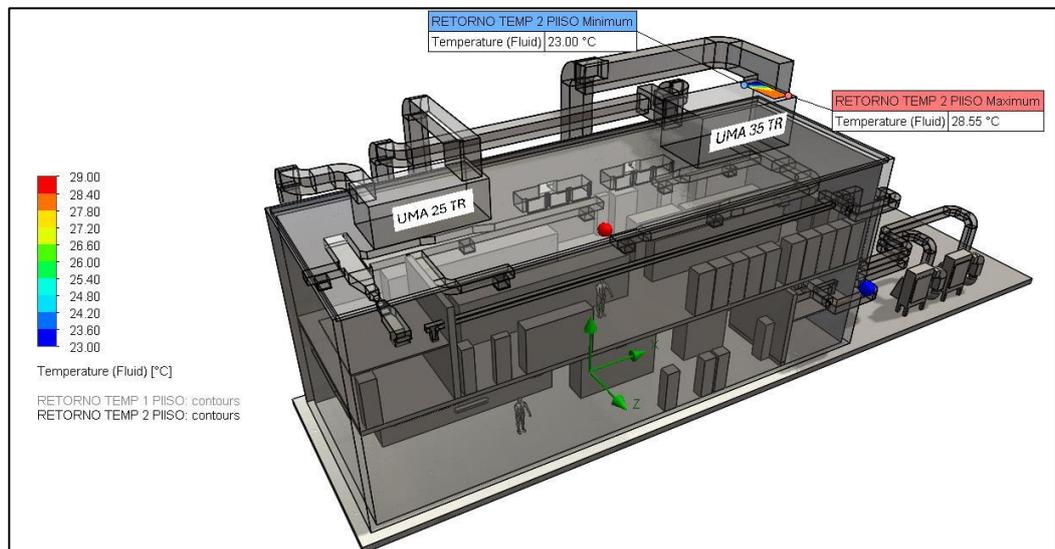
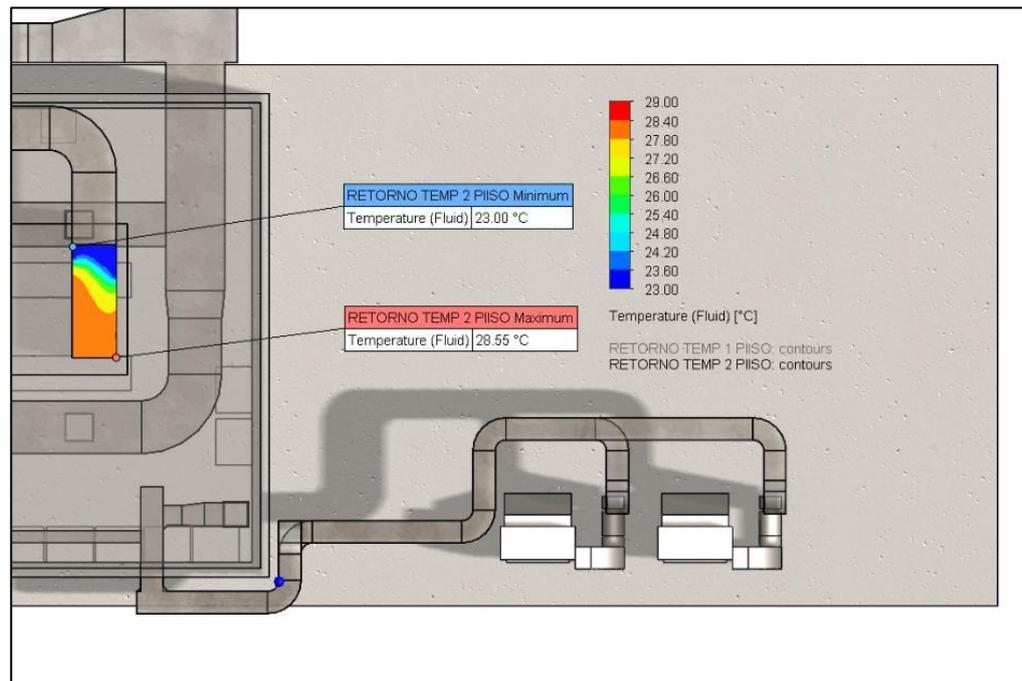
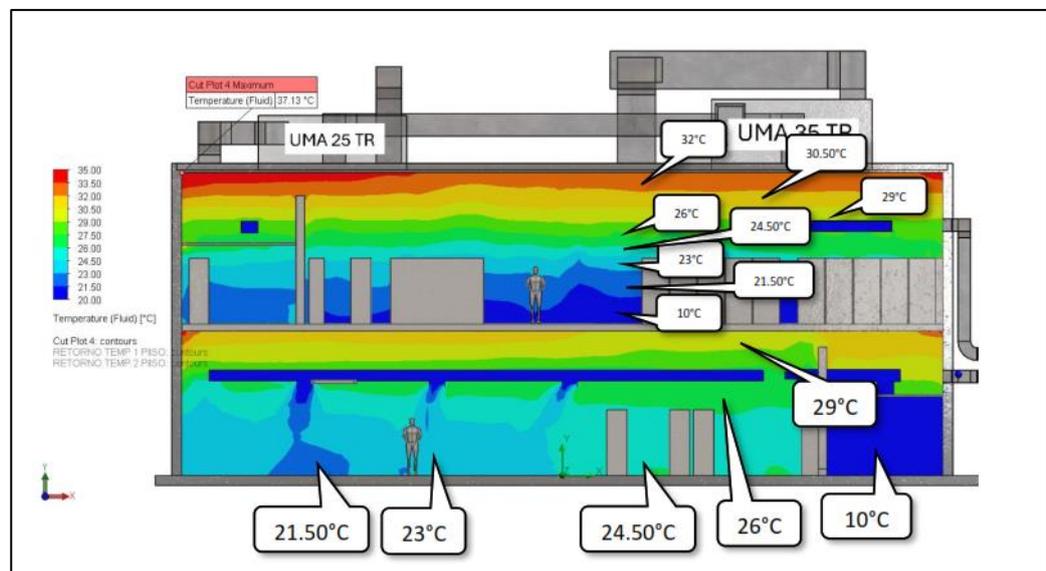


Figura 4.44 Mapa de calor en retorno de aire en segundo nivel



- La temperatura alrededor de los cuerpos en la vista alzada se encuentra en un máximo de 37.13°C y un mínimo de 10.00°C.

Figura 4.45 Verificación de temperatura en puntos aleatorios



- Además, se observa que la temperatura alrededor de los cuerpos se mantiene dentro de los parámetros de diseño entre 21.5°C a 24.5°C.

4.7. Aspectos éticos en investigación

Para el desarrollo del trabajo de investigación el autor Martín (2013), enunció que “los principios éticos que construyen la investigación deben aplicarse también a la elaboración de la problemática; por ende, además de las condiciones técnicas, las premisas de respeto a dichos principios de beneficencia, no maleficencia, autonomía y justicia. No sería justificable plantear un trabajo que no aportara un beneficio a las personas, ni un avance relevante en el conocimiento” .

El trabajo de investigación se rige a normas nacionales e internacionales para el diseño tales como: AHRI, ASHRAE, NFPA, SMACNA, AMCA, ACCGIH, ASME, ASTM, IEC, OSHA, NEMA y RNE; la cuales nos permitió brindar seguridad de los correctos cálculos, así como del diseño y posterior montaje.

Debido a que los equipos de climatización son tipo chiller donde la refrigeración es mediante agua helada, el aire caliente absorbido por las UMAs es enfriado en el mismo sistema para distribuir aire frío, al ser un ciclo recirculante de aire, no existe desecho hacia el medio ambiente y no causa un impacto ambiental.

Similarmente, ocurre con los equipos de presurización donde los colectores de polvo absorben el aire del exterior mediante los ventiladores, este aire es filtrado en los cartuchos filtrantes para que ingrese aire limpio al CCM, mediante un proceso de soplado por válvulas solenoides los cartuchos se limpian y las partículas caen por gravedad en un cilindro deposito que se encuentra debajo del colector; es decir, el polvo recolectado no es nuevamente emitido al medio ambiente por lo tanto no hay impacto ambiental.

Además, se tuvo en cuenta los decibeles de ruido que generan, la cual es menor de 85 decibeles para no causar un riesgo de contaminación sonora y por ende un ambiente inadecuado para el personal operativo.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

Resultados del objetivo general

Para el control de temperatura y presión positiva de la sala eléctrica se requiere un sistema de climatización tipo chiller de 70 TR y un sistema de presurización por medio de ventiladores centrífugos y colectores de polvo con capacidad de 1250 Cfm.

Resultados del objetivo específico 1

- 1) Para climatizar la sala MCC área 81 y la sala de control que se encuentra en el primer nivel, se requiere un equipo de aire acondicionado enfriado por agua helada con capacidad térmica total de 25 TR.
- 2) Para climatizar la sala MCC área 70 y la sala de control que se encuentra en el segundo nivel, se requiere un equipo de aire acondicionado enfriado por agua helada con capacidad térmica total de 35 TR.

Resultados del objetivo específico 2

- 1) Se requiere instalar un equipo presurizador para la sala eléctrico y de control de motores del área 81, que debe suministrar un flujo máximo de 1,250 CFM; de los cuáles 200 CFM se suministran a la sala de control como máximo.
- 2) Se requiere instalar un equipo presurizador para la sala eléctrico y de control de motores del área 70, que debe suministrar un flujo máximo de 1,250 CFM; de los cuáles 200 CFM se suministran a la sala de control como máximo.
- 3) Para el correcto funcionamiento del sistema de autolimpieza de los filtros cartucho de los equipos presurizadores se requiere un tanque pulmón de 0.5 m³ y una presión de trabajo de 7.5 barg.
- 4) Para lograr la calidad de aire requerido (1:4:1 según ISO 8573-1) por los equipos presurizadores se necesita la inclusión de un secador frigorífico; filtros de polvo, aire y aceite.

- 5) Se requiere un intensificador que aumente la presión de trabajo de aire comprimido hasta los 7.5 barg en el sistema. Para ello se necesita flujo FAD de operación de entrada de 14.4 L/s.
- 6) El tiempo de llenado del tanque luego de la utilización de un pulso de aire en los presurizadores es 5.9 segundos, lo cual es menor a 10 (recomendado por los fabricantes de los presurizadores).

Resultados del objetivo específico 3

- 1) La construcción de los ductos se debe realizar de acuerdo con las recomendaciones “HVAC Duct Construction Standards Metal and Flexible” de SMACNA.
- 2) En los ductos de ingreso/retorno de aire acondicionado, ducto de ingreso de aire de presurización y aire de salida de presurización (dampers barométricos), se está considerando dampers cortafuego & humos, con la finalidad de proteger los ambientes en caso de un amago de incendio.

VI. DISCUSIONES DE RESULTADOS

6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.

La presente investigación es descriptiva, por ende, se determina que no aplica hipótesis al presente trabajo de investigación.

6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares

- Para realizar el cálculo de carga térmica se empleó el método de ASHRAE donde se utilizó valores obtenidos en función de la hora de máxima insolación para paredes y techo, además de las condiciones ambientales tanto internas como externas a las que se encuentra sometido la sala eléctrica. Este método utilizado guarda relación con la investigación de (Camacho, y otros, 2021) debido a que haciendo uso de la metodología planteada en la norma ASHRAE y usando la carta psicrométrica calcularon el calor total de la sala eléctrica de su proyecto, siendo 26.79 Ton requeridas para climatizar un área de 203.32 m²; sin embargo, no consideraron un factor de diseño de 1.15 por ampliaciones y variaciones que hubiera en el montaje final, lo mencionado si fue aplicado a la presente investigación lo que garantiza una mayor confiabilidad para generar un ambiente de confort a los equipos eléctricos y personal laborando dentro de la sala eléctrica y de control de motores.

- Por otro lado, se seleccionó el sistema de aire acondicionado tipo Chiller debido a su versatilidad para ser conectado a varias UMAS y se distribuya a diferentes espacios por medio de ductos, sumándose a que son aptos para operar en un ambiente polvoriento y húmedo. Según lo expuesto por (Benavides, 2018), selecciono un sistema tipo paquete condensado por aire para la climatización de una sala eléctrica, un sistema donde sus unidades están autocontenidas, es decir el condensador y el evaporador se encuentran en el mismo sistema y el aire se distribuye al espacio a climatizar a través de ductos para un edificación de un solo nivel con área de 60 m², es por ello que es suficiente y pertinente que se haya optado por el sistema tipo paquete; las condiciones de la presente investigación son distintas ya que se

requiere climatizar 2 niveles con distintas cargas térmicas es por ello que se optó con el sistema tipo chiller además de que este sistema es utilizado para acondicionar grandes instalaciones por su eficiencia.

- De igual forma, para seleccionar el colector de polvo más apropiado para el sistema de presurización, se debe tener en cuenta que si se quiere crear un ambiente con una presión positiva se tiene que asegurar que el aire que ingrese no sea perjudicial para los ocupantes ni para los equipos eléctricos, por ello debe contar con un filtro que los proteja de la contaminación exterior. Los equipos que propone (Luque, 2017) en su investigación para presurizar salas eléctricas, son colectores de polvo con filtros autolimpiantes mediante un sistema automático con válvulas solenoides; lo cual concuerda con la presente investigación donde los 2 equipos (independientes para cada área) con filtros tipo cartucho cuentan con un sistema de limpieza Pulse Jet que se activa conforme el controlador detecte un diferencial de presión, cumpliendo así su función principal de atrapar el polvo y otros contaminantes que contiene el ambiente exterior.

6.3 Responsabilidad ética de acuerdo con los reglamentos vigentes

El bachiller autor de la tesis “Diseño del sistema de climatización y presurización para el control de temperatura y presión positiva de la sala eléctrica y de control de motores, refinería Nexa Cajamarquilla”, asume toda responsabilidad respecto a la información plasmada en la presente investigación y se dispone a la disposición de las normas y reglamentos vigentes de la UNAC. El trabajo de investigación se realizó en base a recolección de información de libros, normas internacionales y nacionales tales como:

- ASHRAE (American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers)
- RNE (reglamento nacional de edificaciones)

VII. CONCLUSIONES

- Se logró diseñar un sistema de climatización de 70 TR de refrigeración para el control de temperatura y un sistema de presurización con flujo de aire a 1250 para generar un ambiente con presión positiva, obteniendo en consecuencia un ideal ambiente de trabajo para el personal operativo y el correcto funcionamiento de los equipos eléctricos.
- Se ha simulado el diseño del presente trabajo de investigación mediante el programa Flow Simulation SolidWorks y se ha comprobado que la temperatura que se consigue con el sistema de climatización oscila entre 21.5 y 24.5°C alrededor de las personas y gabinetes eléctricos dentro del CCM, lo cual se encuentra dentro del rango de las condiciones de diseño que es de 20°C como mínimo y 25°C como máximo.
- El cálculo carga térmica de la sala eléctrica es necesario para determinar la capacidad de los equipos de climatización, se tomó en cuenta la disipación de calor interiores y exteriores haciendo uso de la metodología plateada en la norma ASHRAE y se calculó el calor total de la sala eléctrica siendo 20.29 TR para el primer nivel y 33.01 TR para el segundo nivel, para ello se dispuso a seleccionar UMA'S de 25 TR y 35 TR, respectivamente para cada nivel.
- El cálculo de flujo de presurización es primordial para un correcto análisis y generar el confort de la sala eléctrica y de control de motores, se tomó en consideración las pérdidas de presión por conexión del interior de la sala hacia el exterior y se logró determinar haciendo uso de la metodología plateada en la norma ASHRAE que se requiere una inyección de aire limpio de 1,128 CFM para cada nivel, por ende se proyectó la instalación de dos colectores de polvo que suministren un flujo de 1,250 CFM para presurizar el ambiente.
- Se ha dimensionado los ductos considerando una pérdida de presión estática de 0.08 a 0.10" C.A. por 100 ft en ductos pequeños y ramales,

mientras que en los ductos grande de 0.15 a 0.20" C.A. La distribución de ductos se encuentra en la parte superior de cada nivel de la edificación y a través de rejillas uniformizan la distribución de aire, los ramales de conexión con los equipos de la azotea son exteriores e ingresan por las ventanas del primer y segundo nivel.

VIII. RECOMENDACIONES

- Realizar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de climatización y presurización para asegurar su correcto funcionamiento.
- Capacitar al personal de mantenimiento de las áreas 70 y 81 para intervenir y realizar el mantenimiento básico de los componentes del sistema de climatización y presurización.
- Verificar diariamente el panel de control de cada colector de polvo del sistema de presurización para comprobar que la presión de aire comprimido que ingresa sea el óptimo.
- Verificar la hermeticidad de los ductos exteriores por donde se traslada el aire de los equipos instalados en la azotea hacia cada nivel de la edificación, para asegurar que no se mezcle con el aire del ambiente exterior.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARIAS, fidias. 2012. *El Proyecto de Investigación*. Caracas : Episteme, 2012. 9800785299.

ARNABAT, idoia. 2023. *Sistemas de refrigeración y aire acondicionado: compresión y absorción*. Caloryfrio.com, s.l. : 2023.

ASHRAE. 2021. Slideshare. [En línea] 2021.

<https://es.slideshare.net/AllisonKoehn1/2021-ashrae-handbook-fundamentals-i-pdf>.

BENAVIDES, julian. 2018. *Diseño de un sistema de acondicionamiento de aire para un centro de control de motores (CCM), en una planta de producción de jabón ubicada en la ciudad de Cali (Valle)*. Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali : 2018.

BERNAL, césar. 2010. *Metodología de la investigación*. Colombia : Pearson Education, 2010. 9789586991285.

CALDERÓN, michael. 2018. *Diseño de presurización de escaleras para la evacuación ante el suceso de un incendio en el edificio de comercio - Chorrillos*. Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Lima : 2018.

CAMACHO, reynaldo y TOMASTO, reynaldo. 2021. *Diseño e implementación de un sistema de aire acondicionado de 26,79 Ton y presurización a 25 pa para mantener el confort térmico de la sala eléctrica 292499-er-001 en la unidad minera Toquepala*. Universidad Nacional del Callao, Callao : 2021.

CAMPOS DE FALCÓN, yadixa. 2023. SCRIBD. [En línea] 20 de Junio de 2023. <https://es.scribd.com/document/620830962/Diseno-de-Sistema-de-Acondicionamiento-de-Aire-en-Sala-Elctrica-de-Gruas-STS>.

CASTRO, fernando. 2003. *El proyecto de investigación y su esquema de elaboración*. Caracas : s.n., 2003. 9806629000.

CENGEL, yunes. 2011. *Termodinámica*. Séptima edición. Madrid : McGraw-Hill, 2011. 9786071507433.

COLOCHO, nathaly, DAZA, paula y GUZMÁN, martha. 2011. *Manual básico de sistemas de aire acondicionado y extracción mecánica de uso común en arquitectura.* Universidad Dr. José Matías Delgado, El Salvador : 2011.

ESPINOZA, ciro. 2010. *Metodología de investigación tecnológica.* Huancayo : s.n., 2010. 9786120002223.

HERNÁNDEZ, roberto. 2014. *Metodología de la Investigación.* México D.F. : McGraw-Hill, 2014. 9781456223960.

ICART, maría. 1998. *El uso de hipótesis en la investigación científica.* ELSEVIER, Barcelona : 1998.

INCA, gabriel, y otros. 2022. *Implementación del sistema de presurización y aire acondicionado, mediante información técnica del manual de mantenimiento ata 21, en el simulador de la aeronave boeing 737-800 perteneciente a la Universidad De Las Fuerzas Armadas-Espe.* Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Latacunga : 2022.

Jhonston, Erik. 2021. *Estándar Operacional: Subestaciones Eléctricas, Salas Eléctricas y Centro de Control de Motores (SS.EE., SE y CCM).* MINSUR, Pisco : 2021.

LOZADA, josé. 2014. *Investigación Aplicada.* CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica, Quito : 2014.

LUQUE, carlos. 2017. *Suministro e instalación de sistema de aire acondicionado climatización y presurización para salas eléctricas, laboratorios, salas de control y oficinas administrativas.* Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa : 2017.

MARTÍN, soraya. 2013. *APLICACIÓN DE LOS PRINCIPIOS ÉTICOS A LA METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.* Asociación Española de Enfermería en Cardiología, Toledo : 2013.

MORALES, isabel. 2013. PREZI. *Metodo Sistemático.* [En línea] 31 de Octubre de 2013. <https://prezi.com/fy4fn8yjveaz/metodo-sistemico/>.

MUÑOZ, pedro. 2022. *Sistema de Climatización de Centros de Datos.* AIRSYS Cooling Technologies, Carolina del Sur : 2022.

NAVAS, victor. 2014. *La investigación social : su metodología.* San Salvador : Centro de Investigaciones en Ciencias y Humanidades CICH, 2014. 9789992399965.

PAREJA, jorge. 2015. LinkedIn. [En línea] 9 de Agosto de 2015. <https://www.linkedin.com/pulse/breve-descripci%C3%B3n-salas-el%C3%A9ctricas-y-su-uso-en-la-miner%C3%ADa-pareja/>.

PARREÑO, bernardo. 2017. *Diseño y cálculo de un sistema industrial de climatización con unidades de paquete y split ducto para la Azucarera Valdez S.A. de la ciudad de Milagro.* Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador : 2017.

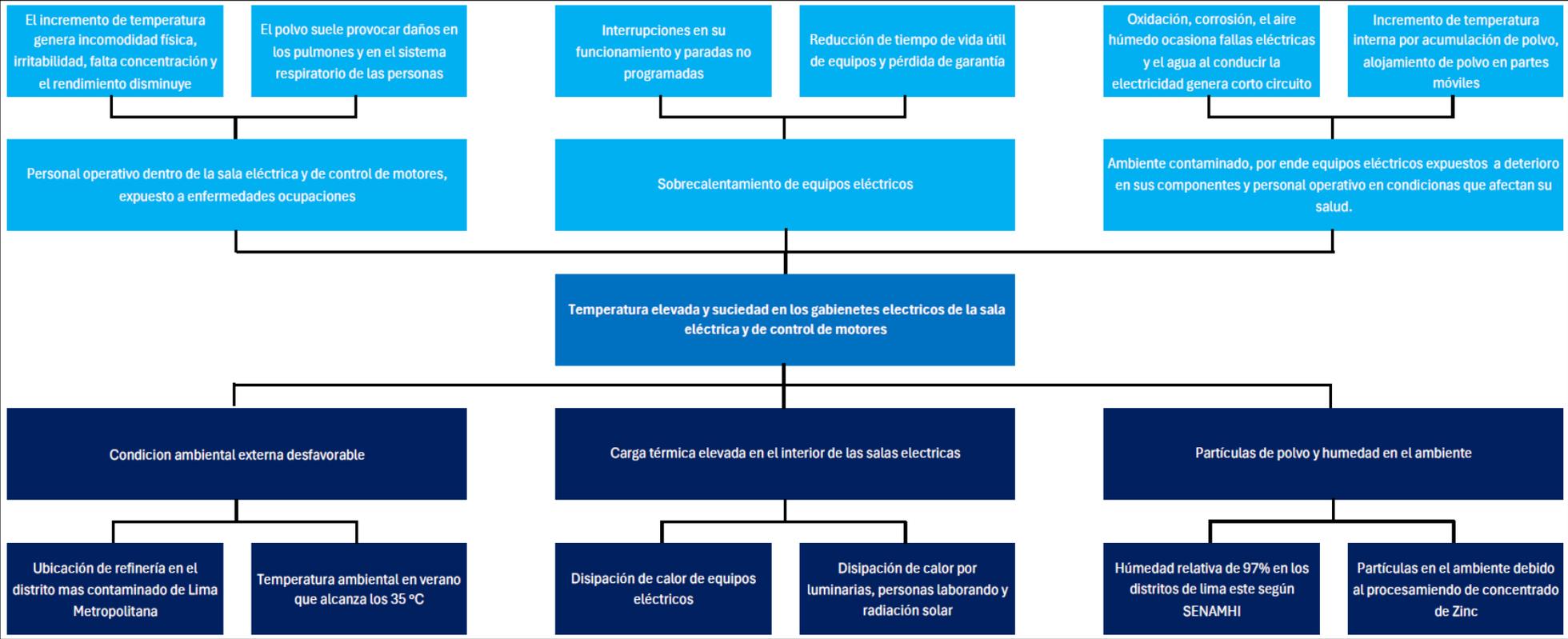
ROJAS, fabiola. 2019. *Impacto de las precipitaciones intensas registradas en la vía ferrea del tramo Lima - La Oroya durante la ocurrencia del Fenómeno El Niño Costero 2017.* Universidad Continental, Huancayo : 2019.

X. ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL ¿Cómo diseñar un sistema de climatización y presurización para el control de temperatura y presión positiva de la sala eléctrica y de control de motores de la Refinería Nexa Cajamarquilla?	OBJETIVO GENERAL Diseñar el sistema de climatización y presurización para el control de temperatura y presión positiva de las salas eléctricas y de control de motores de la Refinería Nexa Cajamarquilla.	HIPÓTESIS GENERAL: No aplica.		TIPO Aplicada ENFOQUE Cuantitativo NIVEL Descriptivo DISEÑO No experimental
PROBLEMAS ESPECÍFICOS: ¿Cómo determinar la carga térmica para la climatización de la sala eléctrica y de control de motores?	OBJETIVOS ESPECÍFICOS: Determinar la carga térmica para la climatización de la sala eléctrica y de control de motores.	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS: No aplica.	VARIABLE Diseño de Sistema de Climatización Y Presurización Dimensiones: - Cálculo de Carga térmica - Cálculo de Flujo de Presurización - Dimensionamiento de Sistema de Ductos	POBLACIÓN Sala eléctrica y de control de motores MUESTRA Sala eléctrica y de control de motores
¿Cómo determinar el flujo requerido para presurización positiva de la sala eléctrica y de control de motores?	Determinar el flujo requerido para presurización positiva de la sala eléctrica y de control de motores.	No aplica.		TÉCNICAS Documental y Empírica INSTRUMENTOS Observación, recopilación de información y otros
¿Cómo dimensionar el sistema de ductos para la distribución de aire del sistema de climatización y presurización en la sala eléctrica y de control de motores?	Dimensionar el sistema de ductos para la distribución de aire del sistema de climatización y presurización.	No aplica.		PROCESAMIENTO DE DATOS Software

Anexo 2: Árbol de Problemas



Anexo 3: Carta de autorización y Orden de Compra de Proyecto adjudicado a la empresa Americorp



Americorp Group Sociedad Anónima Cerrada
Av. Del Pinar N° 110 – Oficina 605
Chacarilla, Lima 33 – Perú
WEB : www.americorpsac.com

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE DATOS DE LA EMPRESA

AMERICORP GROUP S.A.C. con RUC 20536309102, con domicilio en Avenida Del Pinar 110, Oficina 605 – Chacarilla del Estanque – Santiago de Surco, otorga la autorización a:

El Sr.: **HUACCHO PUCUHUAYLA, FRANZ CARLOS** identificado con **DNI N° 75679164**, bachiller de la escuela profesional de Ingeniería Mecánica, ocupando el cargo de **ING. CONTROL DE PROYECTOS** desde el 01 de enero de 2023 hasta la actualidad, que utilice la información del Proyecto Nexa Cajamarquilla, con la finalidad de que pueda desarrollar su Tesis para optar el Título Profesional.

Se expide la presenta carta de autorización, tomando en consideración su enorme participación para la elaboración de la ingeniería de detalle en el Proyecto Nexa Cajamarquilla, mostrando compromiso, capacidad, responsabilidad y proactividad durante el tiempo de trabajo en el cargo asignado.

Atentamente,



JOSE MANUEL
LLAVE CUTIPA
Ingeniero Mecánico
CIP N° 235341

Gerente de Ingeniería y Proyectos

Nexa Resources Cajamarquilla S.A.
 Carretera Central Alt. Km. 9.5 Lurigancho-Chosica 9.5
 15461 - Lima
 15 - PE
 RUC: 20261677955

Pedido

Pedido : 4516074504
Fecha Emision : 29.05.2023
Comprador : Alexis Moreno
Teléfono : 51 915 359 282
E-MAIL: : alexis.moreno@nexaresources.com

PROVEEDOR
 AMERICORP GROUP SAC
 CAV. CAMINOS DEL INCA NRO. 1163
 07001 LIMA - LIMA - SANTIAGO DE SURCO
 Perú
 Tel.: 987505444 Fax: 3721975
 N° Proveedor: 1091691

Incoterm : AR - Pago a 90 días fecha factura
Pago: dentro de los 90 días sin DPP

Item	Codigo Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio Total	Fecha Entrega
00010	Serv Sumin y Montaje HVAC y Presurizador	1	SV	843,821 29	843,821 29	08.06.2023

Suministro y Montaje de HVAC y Presurizador
N° do contrato : 4601116714 **Ítem:** 00010
Solicitamos sua confirmação para o ítem.

Composición del Ítem incluye el(los) siguiente(s) servicios(s):

10	1000083 MAN_MONTAJES INDUSTRIALES	843,821.290	SV			
----	--------------------------------------	-------------	----	--	--	--

N° do ítem no contrato 20

Valor total :	843,821 29
IGV 18% :	151,887 83
Total del Pedido (Valor expresado en Dólar USA):	995,709 12



4516074504

Local de la Entrega:
Nexa Resources Cajamarquilla S.A.
 Carretera Central Alt. Km. 9.5 Lurigancho-Chosica 9.5
 15461 - 15 PE
 RUC: 20261677955

Anexo 4: Fichas Técnicas de Equipos de Climatización

CHILLER TRANE 70 TR



Air-Cooled Chiller, Scroll Compressors

Job Information			
Name	Job01	Tag	CCGAM-1
Address		Quantity	1
Sales Team	TIG	Model Number	CGAM070F3**2XXB2 -1A- A1EXXA1A2AXXXXXX XX1A5X1D1A-L-X
Comments			

General			
TOPSS version number	266	Number of compressors	4
Number of circuits	2	Capacity steps	4
Shipping weight	5169.1 lb	Operating weight	5244.5 lb
Length	150.362 in	Width	89.217 in
Height	84.650 in	Water connections	3.000 in
Refrigerant	R410A	Refrigerant charge circuit 1	48.1 lb
Refrigerant charge circuit 2	48.1 lb	Oil charge circuit 1	3.54 gal
Oil charge circuit 2	3.54 gal	AHRI certification	Certified
AHRI certified selection	AHRI certified selection	Flow switch set point	Flow switch set point 60 cm/sec
Unit nominal tonnage	70 tons	Capacity	70.63 tons
Unit type	High efficiency	Sound attenuator package	Comprehensive package
Factory charge	Nitrogen	Refrigerant isolation valves	Refr. isolation/discharge valves
Freeze protection (factory inst)	Ext. t-stat control	Water strainer	Factory installed
Installation accessories	Elastomeric isolators	Shipping package	Unit containerization package
Phase reversal protection	Phase reversal protection	Literature language	English
Unit operator interface	English		

Evaporator			
Evaporator application	Std cooling	Evap leaving temp	45.00 F
Evap entering temp	55.00 F	Evap flow rate	168.81 gpm
Evap fluid type	Water	Evap fouling factor	0.000100 hr-sq ft-deg F/ Btu
Evap press drop	10.52 ft H2O	Total PD evap+strainer	18.58 ft H2O
Evap fluid freeze point	32.00 F	Min evap flow rate	100.00 gpm
Min flow PD	6.77 ft H2O	Max evap flow rate	263.50 gpm
evap+strainer		Saturated evap temp circuit 1	39.31 F
Max flow PD	44.13 ft H2O		
evap+strainer			
Saturated evap temp circuit 2	39.29 F		

Condenser			
Unit application	High ambient	Fin material	Precoat fin
Ambient air temperature	30.0 C	Elevation	450.0 m
Total airflow	55128 cfm	Saturated cond temp circuit 1	119.40 F
Saturated cond temp circuit 2	119.42 F		

Electrical			
Unit hertz	60. hertz	Unit voltage	460. volt 3 phases



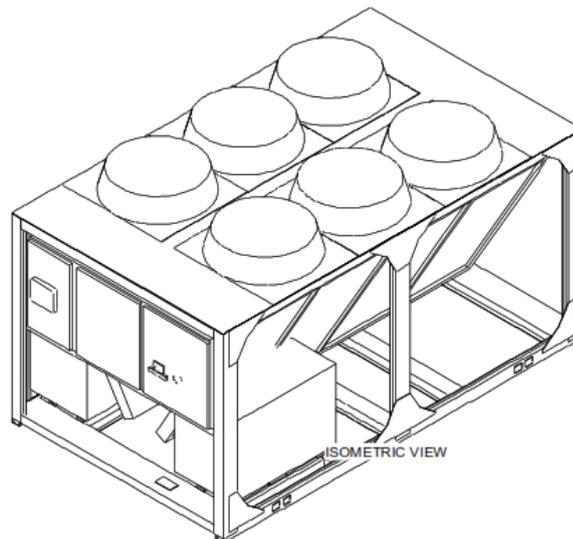
Starter type	Across the line	Incoming power line connection	Single point
Power line connection type	Terminal block	Enclosure type	IP54 protection
Unit power	72.54 kW	Total compressor power	65.46 kW
Number of fans	6.00 Each	Fan motor power	7.05 kW
Total fan FLA	20.20 A	RLA - compressor A	25.80 A
RLA - Compressor B	33.00 A	RLA - Compressor D	33.00 A
RLA - Compressor E	25.80 A	LRA - Compressor A	160.00 A
LRA - Compressor B	215.00 A	LRA - Compressor D	215.00 A
LRA - Compressor E	160.00 A	Single point power MCA	149.80 A
Single point power MOP	160.00 A	Disconnect switch sizing	176.70 A

Performance			
Full load efficiency	11.684 EER (Btu/W-h)	IPLV.IP	15.599 EER (Btu/W-h)
NPLV.IP	15.863 EER (Btu/W-h)		

Acoustics			
Sound power level	90 dBA	Sound pressure level	64 dBA

Isolator/Rigging Info			
Mounting weight 1	1197.5 lb	Mounting weight 2	1286.8 lb
Mounting weight 3	810.7 lb	Mounting weight 4	876.1 lb
Mounting weight 5	514.4 lb	Mounting weight 6	559.0 lb
Center of gravity weight 1	1626.6 lb	Center of gravity weight 2	1686.7 lb
Center of gravity weight 3	911.0 lb	Center of gravity weight 4	944.7 lb
Center of gravity length	60.554 in	Center of gravity width	45.435 in
Center of gravity height	36.419 in		

Evaporator module			
Water connection (evap)	Grooved pipe	Insulation	Insulation



CHILLER TRANE UMA 25 TR

	Range: CLCP Euro (04.01.049) Model: CLCPeuro 50mm	
Quantity	1	
Tag Number	UMA 25TR	
Job Comments		

Base Unit Module		Module Position: 0	
<u>Country of Origin</u>	China	<u>Eurovent Certification</u>	Yes
<u>Manufacturing Plant</u>	Zhongshan	<u>Air Handling Unit Subgroup</u>	Design Inlet Temperature >9 C
<u>Sales Region</u>	Outside of CHINA	<u>Winter Energy Efficiency Class</u>	D (2016)
<u>Model</u>	CLCPeuro 50mm	<u>CAL Class - 400</u>	L2(R)
<u>Unit Airflow</u>	10912 cfm	<u>CAL Class + 700</u>	-
<u>Standard Unit Size</u>	020	<u>CAL Class + 400</u>	L2(R)
<u>Customized Unit Size</u>	No	<u>Diploma Number</u>	04.01.049
<u>Unit Insulation</u>	50mm PU	<u>TOPSS Version</u>	8.9.245 DM 266
<u>Casing Construction</u>	0.5mm Painted Skin Ext/Int 0.4mm GI	<u>Product DLL Version</u>	1.106.12.166.110-DM266
<u>Run Acoustics</u>	Unit Sound Power Data	<u>Unit Width</u>	1988 mm
<u>Unit Application</u>	Standard	<u>Unit Height</u>	1488 mm
<u>Unit Base</u>	Standard	<u>Unit Weight</u>	972 kg
<u>Unit Roof</u>	Roof Only	<u>Total Unit Length</u>	5371 mm
<u>Ceiling Hung</u>	No	<u>Unit Length for Unit Level 2</u>	0 mm
<u>CKD At Jobsite</u>	No	<u>Sum of Length for all levels</u>	5371 mm
<u>Elevation</u>	450.0 m	<u>Number of Breakpoints</u>	1.00 Number
<u>Coil Target Face Vel.</u>	2.8 m/s	<u>Shipping Split 1 weight</u>	729 kg
<u>Min. Htg. & Clg. Face Vel.</u>	2.0 m/s	<u>Shipping Split 2 weight</u>	243 kg
<u>Coil Max. Htg Face Vel.</u>	6.0 m/s	<u>1st Shipping Split Length</u>	3538 mm
<u>Coil Max. Clg Face Vel.</u>	3.5 m/s	<u>2nd Shipping Split Length</u>	1833 mm

Intake Module		Module Position: 1	
<u>Intake Section</u>	Back Damper and Front FFO	<u>Intake Module CFM</u>	5.15 m3/s
<u>Damper Type</u>	Standard Damper	<u>Intake Module - PD</u>	40.3 Pa
<u>Door Location</u>	RH	<u>Module End of Unit</u>	Back of Unit
<u>Door Handle Type</u>	Std. Latched	<u>Intake - Module Length</u>	310 mm
<u>Sight Glass</u>	No	<u>Intake - Module Weight</u>	85 kg
<u>Factory Installed Damper Actuator</u>	No	<u>Shipping Split ID</u>	1.00 Number
<u>Full Face Opening</u>	Front	<u>Module Level</u>	1st Level

Filter Module

Module Position: 2

<u>Filter Manufacturer</u>	Factory Default	<u>Filter - Pre-filter PD</u>	70.7 Pa
<u>Filter Type</u>	Hi-Eff Bag Filter	<u>Filter - Flat Filter PD</u>	0.0 Pa
<u>Special Filter Media</u>	Yes	<u>Filter - Hi-eff Cart or Bag PD</u>	161.7 Pa
<u>Supplied by</u>	Factory	<u>Filter - Filter Module PD</u>	232.4 Pa
<u>Prefilter Media</u>	2" TA, G4: EN779	<u>Filter Velocity</u>	2.3 m/s
<u>Prefilter Condition</u>	Mid-life	<u>Filter - Clean PD</u>	111.7 Pa
<u>Filter Media</u>	10" Bag, F7: EN779	<u>Prefilter- Clean PD</u>	45.7 Pa
<u>Filter Condition</u>	Mid-life	<u>Filter - Midlife PD</u>	161.7 Pa
<u>Filter Loading Method</u>	Side Sliding Method	<u>Prefilter - Midlife PD</u>	70.7 Pa
<u>Access Section</u>	Yes	<u>Filter - Dirty PD</u>	211.7 Pa
<u>Door Handle Type</u>	Std. Latched	<u>Prefilter - Dirty PD</u>	95.7 Pa
<u>Door Location</u>	LH	<u>Filter - Module Length</u>	465 mm
<u>Pressure Gauge</u>	0-1000 Pa	<u>Filter - Module Weight</u>	62 kg
<u>Pressure Switch</u>	NO	<u>Shipping Split ID</u>	1.00 Number
<u>Filter Access Location</u>	Internal	<u>Module Level</u>	1st Level
<u>Filter CFM</u>	10912 cfm		

Coil Module

Module Position: 3

<u>Coil Section</u>	Horizontal Coil	<u>Fouling Factor</u>	0.000000 m2-deg C/kW
<u>Application</u>	Chilled Water	<u>Additional Length for VDT Coil</u>	No
<u>Entering Dry Bulb</u>	73.10 F	<u>Coil Type</u>	1/2" Coil, WL Type
<u>Leaving Dry Bulb</u>	51.46 F	<u>Fin Type</u>	1/2" Tube Wavy 3BS (Delta Flo H)
<u>Entering Wet Bulb</u>	61.15 F	<u>Fluid Type</u>	Water
<u>Leaving Wet Bulb</u>	51.19 F	<u>Coil Airflow</u>	5.15 m3/s
<u>Entering Relative Humidity</u>	50.55 %	<u>Back Opening</u>	Yes
<u>Entering Water Temp.</u>	45.00 F	<u>ODU - Outdoor Unit</u>	No
<u>Leaving Water Temp.</u>	55.00 F	<u>Leaving Relative Humidity</u>	98.24 %
<u>Coil - Total Cap.</u>	298.77 MBh	<u>Water Press. Drop</u>	32.5 kPa
<u>Coil - Sensible Cap.</u>	245.91 MBh	<u>Coil - Water Volume</u>	59.25 L
<u>Rows</u>	6	<u>Air Pressure Drop</u>	158.0 Pa
<u>Fins Per Foot</u>	120.00 Number	<u>100% Dry Surfac APD</u>	123.4 Pa
<u>Fin Matl</u>	Aluminium	<u>100% Wet Surface APD</u>	180.0 Pa
<u>Coil Header</u>	Steel	<u>Fluid velocity</u>	2.67 ft/s
<u>Drain Pan</u>	Galvanized	<u>Reynolds Number</u>	7933.42 Number
<u>Turbulators</u>	Yes	<u>Coil Face Area</u>	2.02 m2
<u>Coil Supply</u>	RH	<u>Face Velocity</u>	2.6 m/s
<u>Drain Pipe Connection</u>	Std (Same as Coil Supply Conn.)	<u>Coil Header Size</u>	65 BSPT
<u>Water Flow Rate</u>	59.54 gpm	<u>Drain Pan Length</u>	465 mm
<u>Max WPD</u>	120.0 kPa	<u>Coil Module Press. Drop</u>	158.0 Pa
<u>Coil Casing & Coil Support</u>	Galvanized	<u>Coil - Module Length</u>	465 mm
<u>Tube Matl</u>	1/2" Cu	<u>Coil - Module Weight</u>	234 kg
<u>Drip Eliminator</u>	No	<u>Coil - Dry Weight</u>	134 kg
<u>Extended Drain Pan</u>	No	<u>Coil - Wet Weight</u>	193 kg
<u>Coil Elevation</u>	450.0 m	<u>Module Level</u>	1st Level
<u>Shipping Split ID</u>	1.00 Number		

CHILLER TRANE UMA 35 TR

	Range: CLCP Euro (04.01.049) Model: CLCPeuro 50mm	
Quantity	1	
Tag Number	UMA 35TR	
Job Comments		

Base Unit Module		Module Position: 0	
<u>Country of Origin</u>	China	<u>Eurovent Certification</u>	Yes
<u>Manufacturing Plant</u>	Zhongshan	<u>Air Handling Unit Subgroup</u>	Design Inlet Temperature >9 C
<u>Sales Region</u>	Outside of CHINA	<u>Winter Energy Efficiency Class</u>	D (2016)
<u>Model</u>	CLCPeuro 50mm	<u>CAL Class - 400</u>	L2(R)
<u>Unit Airflow</u>	16241 cfm	<u>CAL Class + 700</u>	-
<u>Standard Unit Size</u>	030	<u>CAL Class + 400</u>	L2(R)
<u>Customized Unit Size</u>	No	<u>Diploma Number</u>	04.01.049
<u>Unit Insulation</u>	50mm PU	<u>TOPSS Version</u>	8.9.245 DM 266
<u>Casing Construction</u>	0.5mm Painted Skin Ext/Int 0.4mm GI	<u>Product DLL Version</u>	1.106.12.166.110-DM266
<u>Run Acoustics</u>	Unit Sound Power Data	<u>Unit Width</u>	1988 mm
<u>Unit Application</u>	Standard	<u>Unit Height</u>	2108 mm
<u>Unit Base</u>	Standard	<u>Unit Weight</u>	1255 kg
<u>Unit Roof</u>	Roof Only	<u>Total Unit Length</u>	5681 mm
<u>Ceiling Hung</u>	No	<u>Unit Length for Unit Level 2</u>	0 mm
<u>CKD At Jobsite</u>	No	<u>Sum of Length for all levels</u>	5681 mm
<u>Elevation</u>	450.0 m	<u>Number of Breakpoints</u>	1.00 Number
<u>Coil Target Face Vel.</u>	2.8 m/s	<u>Shipping Split 1 weight</u>	548 kg
<u>Min. Htg. & Clg. Face Vel.</u>	2.0 m/s	<u>Shipping Split 2 weight</u>	707 kg
<u>Coil Max. Htg Face Vel.</u>	6.0 m/s	<u>1st Shipping Split Length</u>	1523 mm
<u>Coil Max. Clg Face Vel.</u>	3.5 m/s	<u>2nd Shipping Split Length</u>	4158 mm

Intake Module		Module Position: 1	
<u>Intake Section</u>	Back Damper and Front FFO	<u>Intake Module CFM</u>	7.66 m3/s
<u>Damper Type</u>	Standard Damper	<u>Intake Module - PD</u>	40.1 Pa
<u>Door Location</u>	RH	<u>Module End of Unit</u>	Back of Unit
<u>Door Handle Type</u>	Std. Latched	<u>Intake - Module Length</u>	465 mm
<u>Sight Glass</u>	No	<u>Intake - Module Weight</u>	120 kg
<u>Factory Installed Damper Actuator</u>	No	<u>Shipping Split ID</u>	1.00 Number
<u>Full Face Opening</u>	Front	<u>Module Level</u>	1st Level

Filter Module

Module Position: 2

<u>Filter Manufacturer</u>	Factory Default	<u>Filter - Pre-filter PD</u>	70.2 Pa
<u>Filter Type</u>	Hi-Eff Bag Filter	<u>Filter - Flat Filter PD</u>	0.0 Pa
<u>Special Filter Media</u>	Yes	<u>Filter - Hi-eff Cart or Bag PD</u>	160.6 Pa
<u>Supplied by</u>	Factory	<u>Filter - Filter Module PD</u>	230.8 Pa
<u>Prefilter Media</u>	2" TA, G4: EN779	<u>Filter Velocity</u>	2.3 m/s
<u>Prefilter Condition</u>	Mid-life	<u>Filter - Clean PD</u>	110.6 Pa
<u>Filter Media</u>	10" Bag, F7: EN779	<u>Prefilter- Clean PD</u>	45.2 Pa
<u>Filter Condition</u>	Mid-life	<u>Filter - Midlife PD</u>	160.6 Pa
<u>Filter Loading Method</u>	Side Sliding Method	<u>Prefilter - Midlife PD</u>	70.2 Pa
<u>Access Section</u>	Yes	<u>Filter - Dirty PD</u>	210.6 Pa
<u>Door Handle Type</u>	Std. Latched	<u>Prefilter - Dirty PD</u>	95.2 Pa
<u>Door Location</u>	LH	<u>Filter - Module Length</u>	465 mm
<u>Pressure Gauge</u>	0-1000 Pa	<u>Filter - Module Weight</u>	78 kg
<u>Pressure Switch</u>	NO	<u>Shipping Split ID</u>	1.00 Number
<u>Filter Access Location</u>	Internal	<u>Module Level</u>	1st Level
<u>Filter CFM</u>	16241 cfm		

Coil Module

Module Position: 3

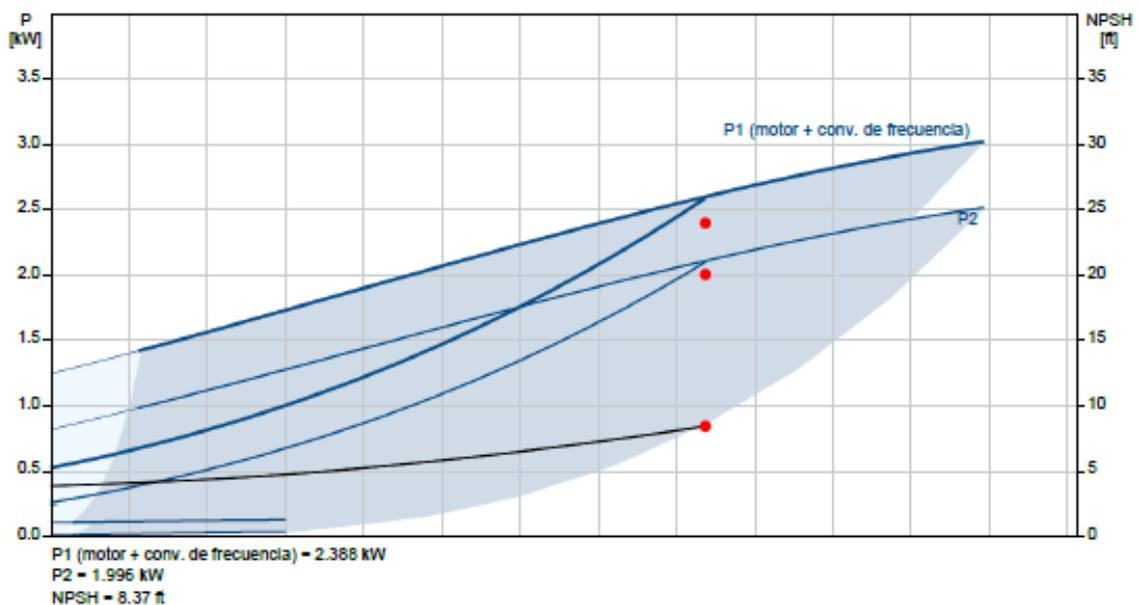
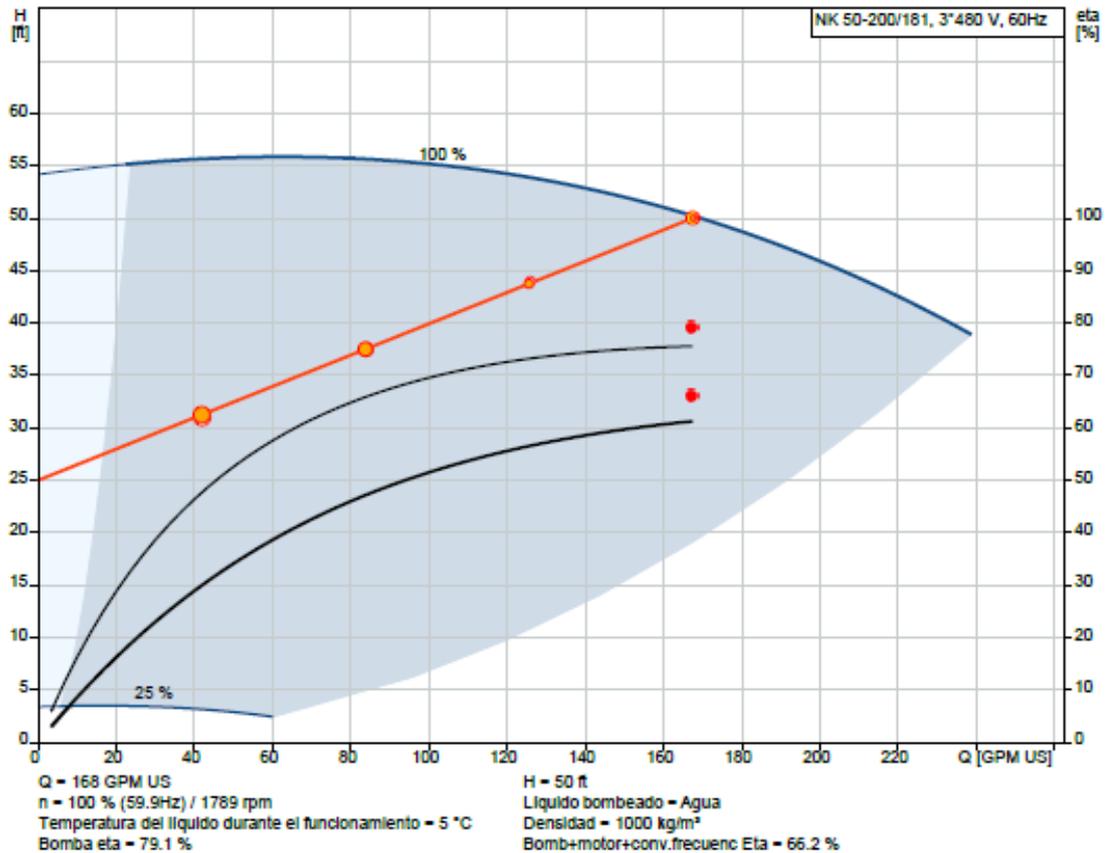
<u>Coil Section</u>	Horizontal Coil	<u>Fouling Factor</u>	0.000000 m2-deg C/kW
<u>Application</u>	Chilled Water	<u>Additional Length for VDT Coil</u>	No
<u>Entering Dry Bulb</u>	72.64 F	<u>Coil Type</u>	1/2" Coil, WL Type
<u>Leaving Dry Bulb</u>	51.35 F	<u>Fin Type</u>	1/2" Tube Wavy 3BS (Delta Flo H)
<u>Entering Wet Bulb</u>	60.65 F	<u>Fluid Type</u>	Water
<u>Leaving Wet Bulb</u>	51.07 F	<u>Coil Airflow</u>	7.66 m3/s
<u>Entering Relative Humidity</u>	50.11 %	<u>Back Opening</u>	Yes
<u>Entering Water Temp.</u>	45.00 F	<u>ODU - Outdoor Unit</u>	No
<u>Leaving Water Temp.</u>	55.00 F	<u>Leaving Relative Humidity</u>	98.19 %
<u>Coil - Total Cap.</u>	424.46 MBh	<u>Water Press. Drop</u>	31.8 kPa
<u>Coil - Sensible Cap.</u>	359.90 MBh	<u>Coil - Water Volume</u>	80.75 L
<u>Rows</u>	6	<u>Air Pressure Drop</u>	157.8 Pa
<u>Fins Per Foot</u>	120.00 Number	<u>100% Dry Surface APD</u>	125.5 Pa
<u>Fin Matl</u>	Aluminium	<u>100% Wet Surface APD</u>	182.7 Pa
<u>Coil Header</u>	Steel	<u>Fluid velocity</u>	2.60 ft/s
<u>Drain Pan</u>	Galvanized	<u>Reynolds Number</u>	7722.69 Number
<u>Turbulators</u>	Yes	<u>Coil Face Area</u>	2.98 m2
<u>Coil Supply</u>	RH	<u>Face Velocity</u>	2.6 m/s
<u>Drain Pipe Connection</u>	Std (Same as Coil Supply Conn.)	<u>Coil Header Size</u>	50 BSPT
<u>Water Flow Rate</u>	84.59 gpm	<u>Drain Pan Length</u>	465 mm
<u>Max WPD</u>	120.0 kPa	<u>Coil Module Press. Drop</u>	157.8 Pa
<u>Coil Casing & Coil Support</u>	Galvanized	<u>Coil - Module Length</u>	465 mm
<u>Tube Matl</u>	1/2" Cu	<u>Coil - Module Weight</u>	326 kg
<u>Drip Eliminator</u>	No	<u>Coil - Dry Weight</u>	198 kg
<u>Extended Drain Pan</u>	No	<u>Coil - Wet Weight</u>	279 kg
<u>Coil Elevation</u>	450.0 m	<u>Module Level</u>	1st Level
<u>Shipping Split ID</u>	1.00 Number		

BOMBA GRUNDFOS

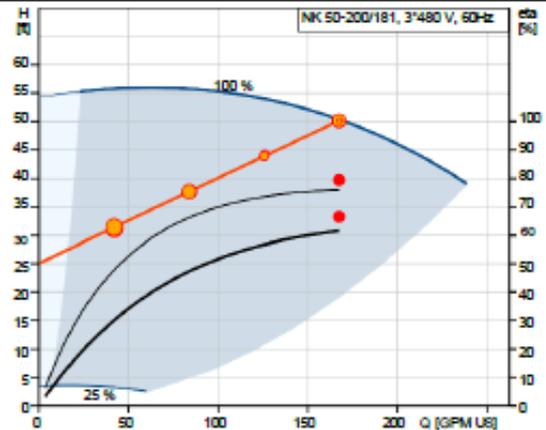


Empresa: AMERICORP GROUP
Creado Por: INGENIERIA
Teléfono: +51 987 395 962
E-m:: J.LLAVE@AMERICORPSAC.COM
Datos: 05/07/2023

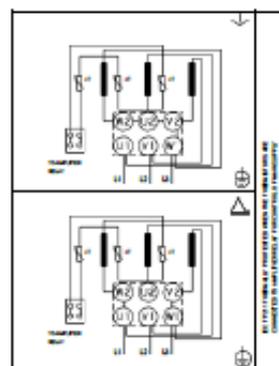
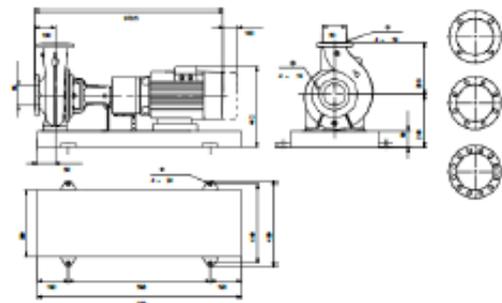
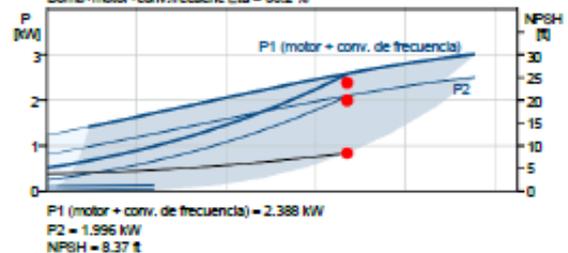
Bajo pedido NK 50-200/219 AA1F2AESBAQELX4 60 Hz



Descripción	Valor
Información general:	
Producto:	NK 50-200/219 AA1F2AESBAQELX4
Código:	Bajo pedido
Basándose en:	97829924
Número EAN:	Bajo pedido
Técnico:	
Velocidad de bomba en la que se basan los datos de bomba:	1789 rpm
Caudal real calculado:	168 GPM US
Bomba con motor:	Y
Altura resultante de la bomba:	50 ft
Diámetro real del impulsor:	181 mm
Diámetro nominal del impulsor:	200
Diámetro del eje:	24 mm
Código del cierre:	BAQE
Tipo de cierre mecánico:	Single
Tolerancia de curva:	ISO9906:2012 3B2
Versión de la bomba:	A1
Diseño rodamiento:	Standard
Materiales:	
Cuerpo hidráulico:	Fundición
Carcasa de la bomba:	EN-GJL-250
Carcasa de la bomba:	ASTM class 35
Mat. de anillo de desgaste:	Latón
Impulsor:	Fundición
Impulsor:	EN-GJL-200
Impulsor:	ASTM class 30
Internal pump house coating:	CED
Código de material:	A
Código para caucho:	E
Eje:	Stainless steel
Eje:	EN 1.4301
Eje:	AISI 304
Instalación:	
Temperatura ambiente máxima:	55 °C
Presión de trabajo máxima:	16 bar
Normativa de conexión de tubería:	EN 1092-2
Tipo de conexión de entrada:	DIN
Tipo de conexión de salida:	DIN
Tamaño de la conexión de entrada:	DN 65
Tamaño de la conexión de salida:	DN 50
Presión nominal para la conexión:	PN 16
Tipo de acoplamiento:	Flexible w/o spacer
Base frame design:	ENISO
Code for base frame:	5 ST
Grouting (Yes/No):	N
Código de conexión:	F
Líquido:	
Líquido bombeado:	Agua
Rango de temperatura del líquido:	0...120 °C
Temperatura del líquido durante el funcionamiento:	5 °C
Densidad:	1000 kg/m ³
Viscosidad cinemática:	1 mm ² /s
Datos eléctricos:	
Tipo de motor:	SIEMENS
Potencia nominal - P2:	5,5 kW
Frecuencia de red:	60 Hz

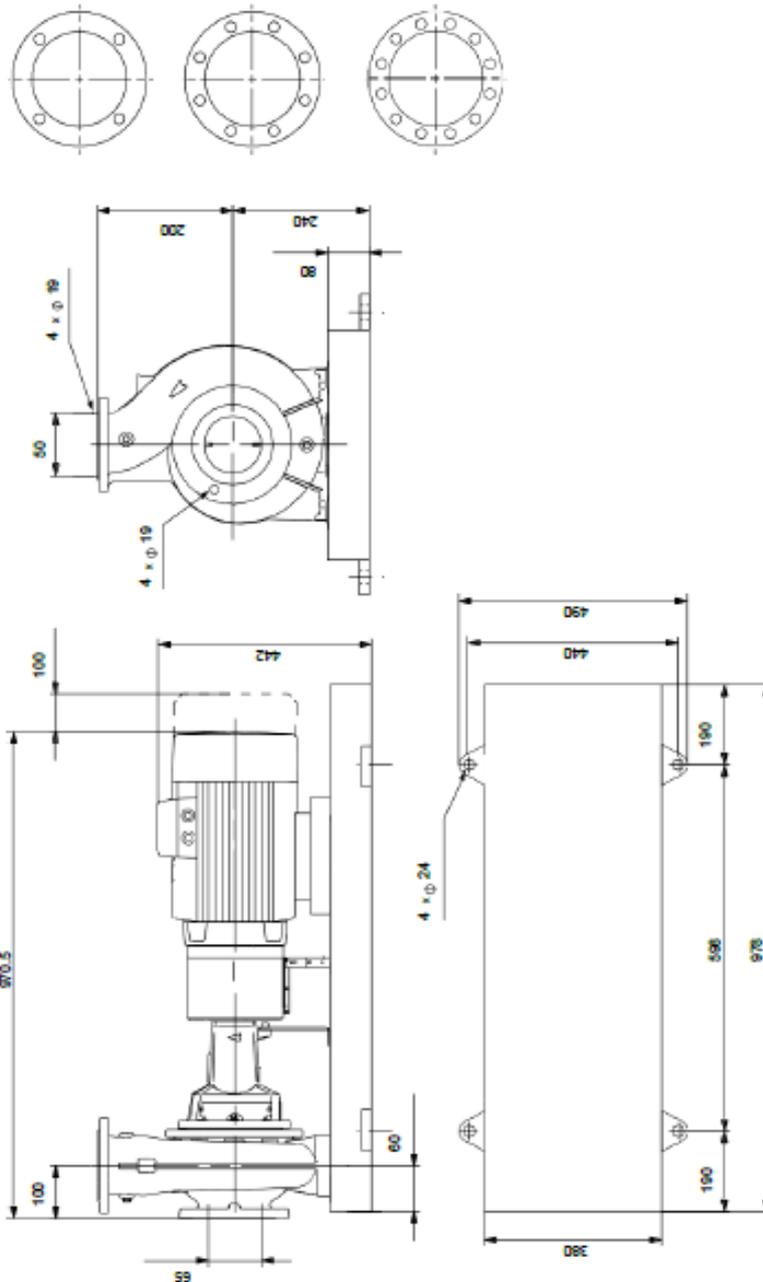


Q = 168 GPM US **H = 50 ft**
 Líquido bombeado = Agua Densidad = 1000 kg/m³
 Bomba eta = 79.1 %
 n = 100 % (59.9Hz) / 1789 rpm
 Temperatura del líquido durante el funcionamiento = 5 °C
 Bomb+motor+conv.frecuenc: Eta = 66.2 %



Descripción	Valor
Tensión nominal:	3 x 440-480D V
Intensidad nominal:	9.3 A
Intensidad de arranque:	1000-1000 %
Cos phi - factor de potencia:	0.81
Velocidad nominal:	1775 rpm
Eficiencia:	IE3 91.7%
Clase eficiencia IE:	IE3 / NEMA Premium
Eficiencia del motor a carga total:	91.7-91.7 %
Eficiencia del motor a una carga de 3/4:	91.6-91.6 %
Eficiencia del motor a una carga de 1/2:	90.5-90.5 %
Número de polos:	4
Grado de protección (IEC 34-5):	IP55
Clase de aislamiento (IEC 85):	F
Protección de motor integrada:	PTC
Motor N.º:	98957790
Bearing insulation type N-end:	N
Paneles control:	
Convertidor de frecuencia:	NONE
Sensor de presión:	N
Otros:	
Índice de eficiencia mínima, IE min:	0.70
Índice CL de la energía de la bomba DOE:	0.93
Índice VL - Energía de las bombas DOE:	0.00
Peso neto:	198 kg
Peso bruto:	219 kg
Volumen de transporte:	0.41 m³

97829924 NK 50-200/219 AA1F2AESBAQELX4 60 Hz



Nota: todas las unidades están en [mm] a menos que se indiquen otras. Exención de responsabilidad: este esquema dimensional simplificado no muestra todos los detalles.

Anexo 5: Hoja de datos de Equipos de Presurización

COLECTOR DE POLVO

AMERICORP plus

DUST COLLECTOR AND SYSTEMS

HORIZONTAL LOADED CARTRIDGE FILTER – AMC / XLC

HOW IT WORK

Guided by the blower, the dirty air goes inside, then the bigger dust particles sink into the hopper for the sake of the gravity and inertia force. The small size and low density of the dust will be filtered on the surface of filter media by the Brownian diffusion, fiber intercept and other combined effect. Then resistance of the filter cartridge increases with the increasing the dust on the surface of the filter cartridge. When reaching the setting limit, then the tube of the solenoid valve will send out high speed, high pressure flow to do dust – cleaning. The PLC controls the on/off of the pulse valve, when turning on, the air in the manifold will well-proportioned goes into the filter cartridge by the means of the venturi. The instant positive pressure cause a big shake to make the dust falling down into the hopper. The collected dust is discharged into the drum by the discharge valve.

The top row of filter cartridges will start the pulse work firstly, then the next row in turn.

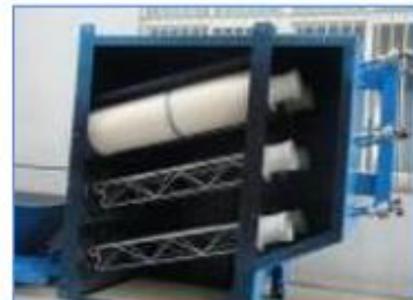


FEATURES

- Advanced downflow cartridge distribution and horizontal loaded method, the dust-cleaning efficiency is fairly good during normal working conditions.
- There is a anti-abrasion baffle in the dirty air inlet to prevent the air hitting the cartridge directly to prolong its service life.
- 15° inclined drawer installation method makes the replacement easy, and no transmission parts inside the body reduces the maintenance work at most.
- For ordinary dust, filter cartridge can work a long term and no need to replace frequently compared with the bag filter.
- Modular design makes it easy to assemble a bigger one without much changes to original equipments.

PULSE – JET DUST – CLEANING UNIT

- All the filter elements are automatic self-cleaning turn in normal working condition.
- Special-designed venturi makes best filter efficiency for sake of the large amount of the air to shake the dust.
- According the pressure drop, setting the point and omitting the unnecessary cleaning and prolonging its service life and save the compressed air.



TECHNICAL SPECIFICATION

Type	Qty of filter cartridges	Filter area m ²	Qty of pulse valve	Air flow (dm)	Shipping Weight		Size of dust collector (Inches)		
					(Lbs)		A	B	C
RH/XL 2-4	4	760	4	380-5,190	1,125		43	118.8	62
RH/XL 2-8	8	1,520	4	760-6,380	1,570		43	127.8	84
RH/XL 2-12	12	2,280	6	1,140-9,580	2,110		63	127.8	84
RH/XL 2-16	16	3,040	8	1,520-12,770	3,140		83	127.8	84
RH/XL 2-24	24	4,560	12	2,280-18,150	4,220		123	127.8	84
RH/XL 2-36	36	6,840	18	3,420-28,730	6,330		183	127.8	84
RH/XL 3-6	6	1,140	6	570-4,790	1,393		43	137.4	62
RH/XL 3-10	10	1,900	5	950-7,980	1,930		43	146.5	84
RH/XL 3-12	12	2,280	6	1,140-9,580	2,020		43	146.5	84
RH/XL 3-18	18	3,420	9	1,710-14,370	2,830		63	146.5	84
RH/XL 3-24	24	4,560	12	2,280-19,150	3,283		83	146.5	84
RH/XL 3-36	36	6,840	18	3,420-28,730	6,060		123	146.5	84
RH/XL 3-48	48	9,120	24	4,560-38,300	8,080		163	146.5	84
RH/XL 3-60	60	11,400	30	5,700-47,880	10,100		203	146.5	84
RH/XL 3-72	72	13,680	36	6,840-57,460	12,120		243	146.5	84
RH/XL 4-16	16	3,040	8	1,520-12,770	2,410		43	165.1	84
RH/XL 4-32	32	6,080	16	3,040-25,540	4,163		83	165.1	84
RH/XL 4-48	48	9,120	24	4,560-38,300	7,436		123	165.1	84
RH/XL 4-64	64	12,160	32	6,080-51,070	9,090		163	165.1	84
RH/XL 4-80	80	15,200	40	7,600-63,840	10,960		203	165.1	84
RH/XL 4-96	96	18,240	48	9,120-76,600	12,614		243	165.1	84
RH/XL 4-112	112	21,280	56	10,640-89,380	14,455		283	165.1	84
RH/XL 4-128	128	24,320	64	12,160-102,150	16,109		323	165.1	84

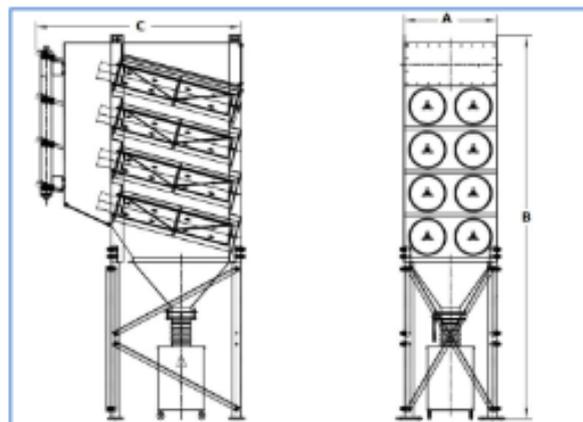
APPLICATION

- > Different kinds of dry dust, especially the low dust density inlet dust extraction.
- > Application industries: shipping building, tobacco, machinery casting, pharmaceutical, Steel, petrochemical industry, chemical industry, etc.

SCHEMATIC DIAGRAM

Manual of filter cartridge spare parts for your reference.

Note: According to the requests of customers and the working conditions the specification and length of the filter cartridge can be customized. Antistatic, water & oil resistance filter media are available.



VENTILADOR CENTRÍFUGO



Fecha 30/12/2022
 N° de oferta -
 Cliente -
 Contacto -
 Proyecto -

Teléfono
 Fax
 E-Mail
 Página Web
 Artículo -
 Referencia
 Cant. -

Belt Driven Centrifugal Fan with Inverter

Temperatura 20°C
 Altitud 450 m
 Densidad 1.148 kg/m³
 Caudal 1,250 cfm
 Presión 6.00 inwg Estática aspiración

Datos técnicos

Brida de aspiración CA x1
 Brida en la descarga CP x1
 Puerta de visita x1
 Amortiguadores montaje 9 x1
 Persiana de aletas SA x1
 Comando manual x1

Modelo VCM 561 N
 Caudal 1,250 cfm (100%)
 Presión estática 6.00 inwg @ 1.148 kg/m³
 Presión dinámica 0.413 inwg @ 1.148 kg/m³
 Presión total 6.41 inwg @ 1.148 kg/m³
 Presión total 6.85 inwg @ 1.226 kg/m³
 Velocidad del aire 3242 ft/min
 Velocidad de rotación 1729 rpm
 Potencia consumida 1.19 kW @ 1.148 kg/m³
 Potencia consumida 1.27 kW @ 1.226 kg/m³
 Factor de servicio 15 %
 Potencia instalada 1.50 kW (D90L 4 pole)
 Rendimiento 79 %
 Rendimiento estático 74 %
 Montaje 9
 Clase -
 Velocidad máxima 4000 rpm
 (PD2) 0.65 (J) kgm²
 Peso 149 kg
 Empuje axial 58 N
 Empuje en la descarga 65 N
 Tiempo de arranque 8.2 s

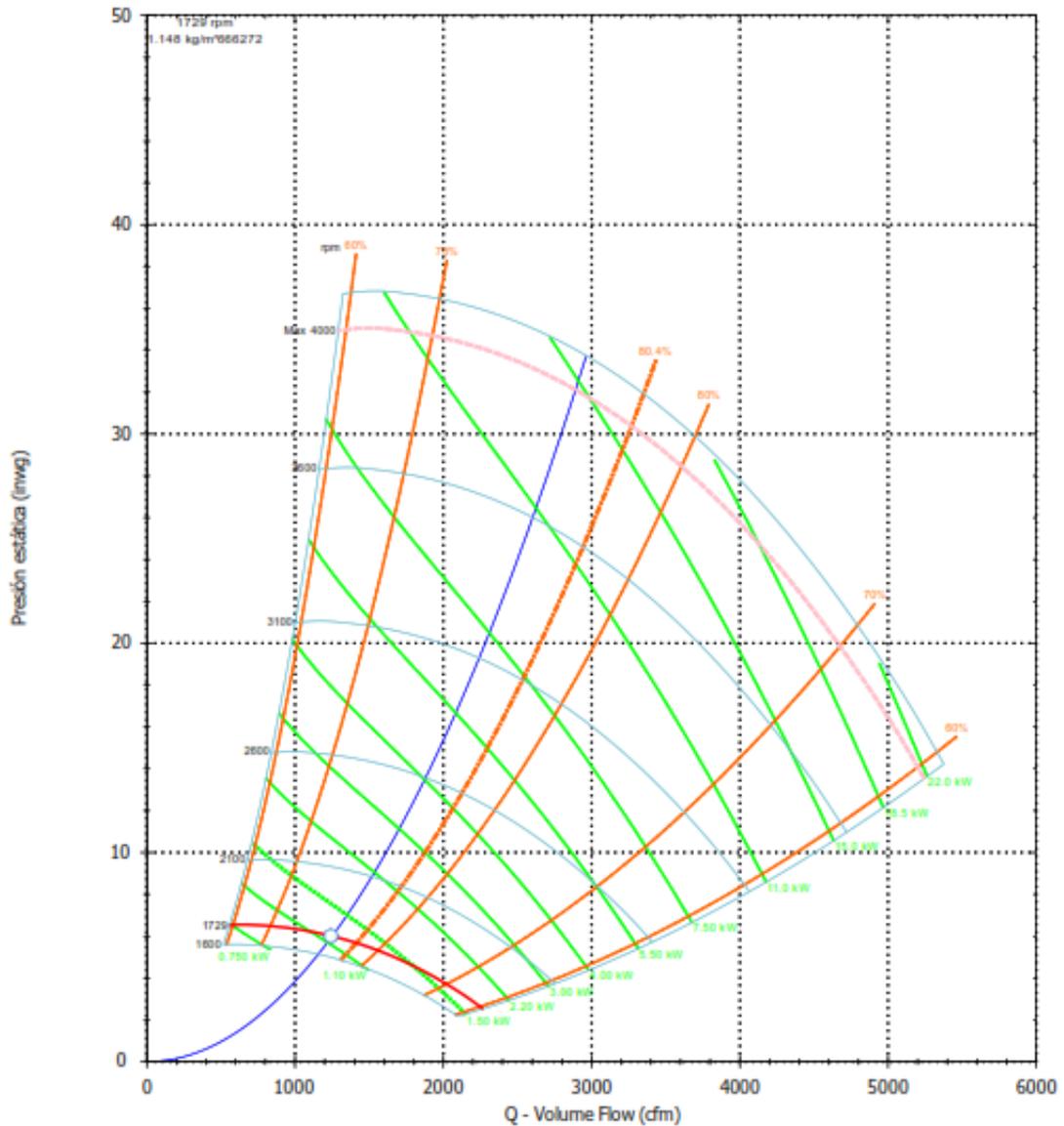
Potencia sonora 84 dB Ambiente (Densidad=1.148 kg/m³)
 Presión sonora 66 dB Ambiente (Densidad=1.148 kg/m³ - Distancia=1.5m)
 Presión sonora 62 dBA Ambiente (Densidad=1.148 kg/m³ - Distancia=1.5m)
 Frecuencia: 63 125 250 500 1k 2k 4k 8k Hz
 Potencia sonora en el 73 77 75 77 74 72 70 64 dB aspiración
 Potencia sonora en el 76 80 78 80 77 75 73 67 dB descarga



Fecha 30/12/2022
 N° de oferta -
 Cliente -
 Contacto -
 Proyecto -

Teléfono
 Fax
 E-Mail
 Página Web
 Artículo -
 Referencia
 Cant. -

VCM 561 N - Belt Driven Centrifugal Fan with Inverter





Teléfono
Fax
E-Mail
Página Web

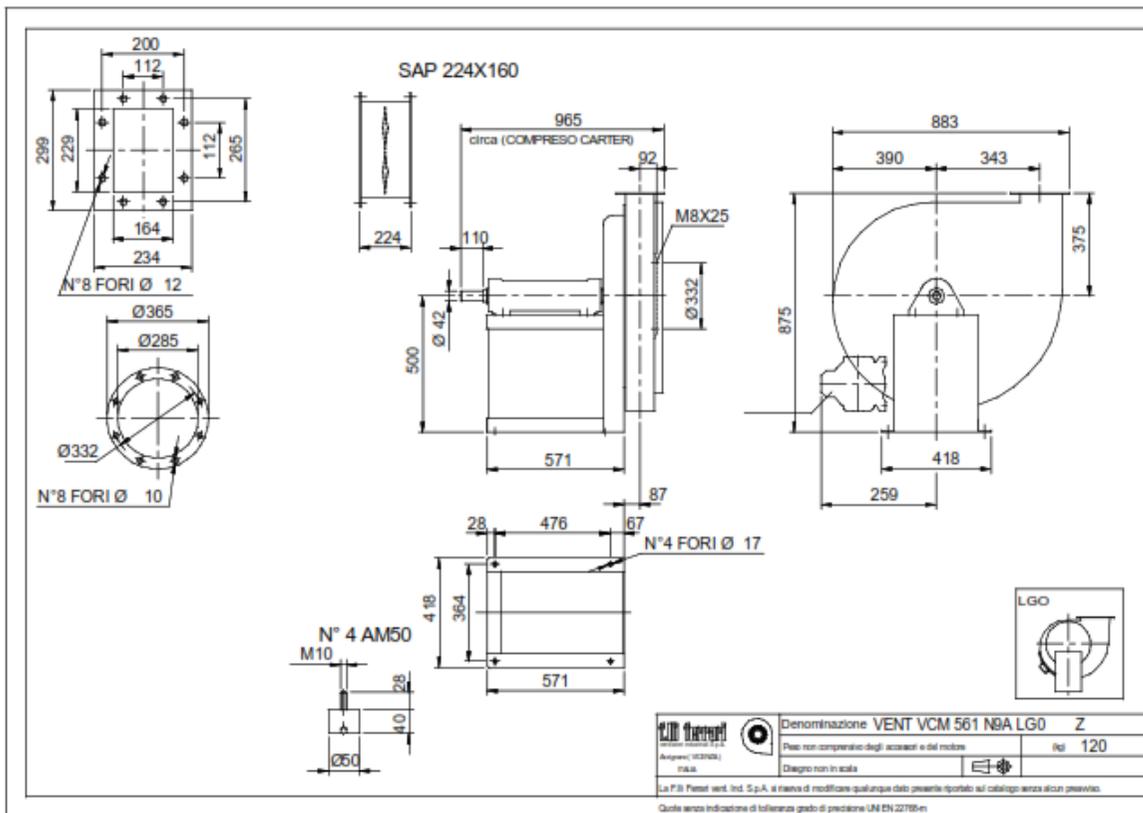
Artículo -
Referencia -
Cant. -

Fecha 30/12/2022
Nº de oferta -

Cliente -
Contacto -

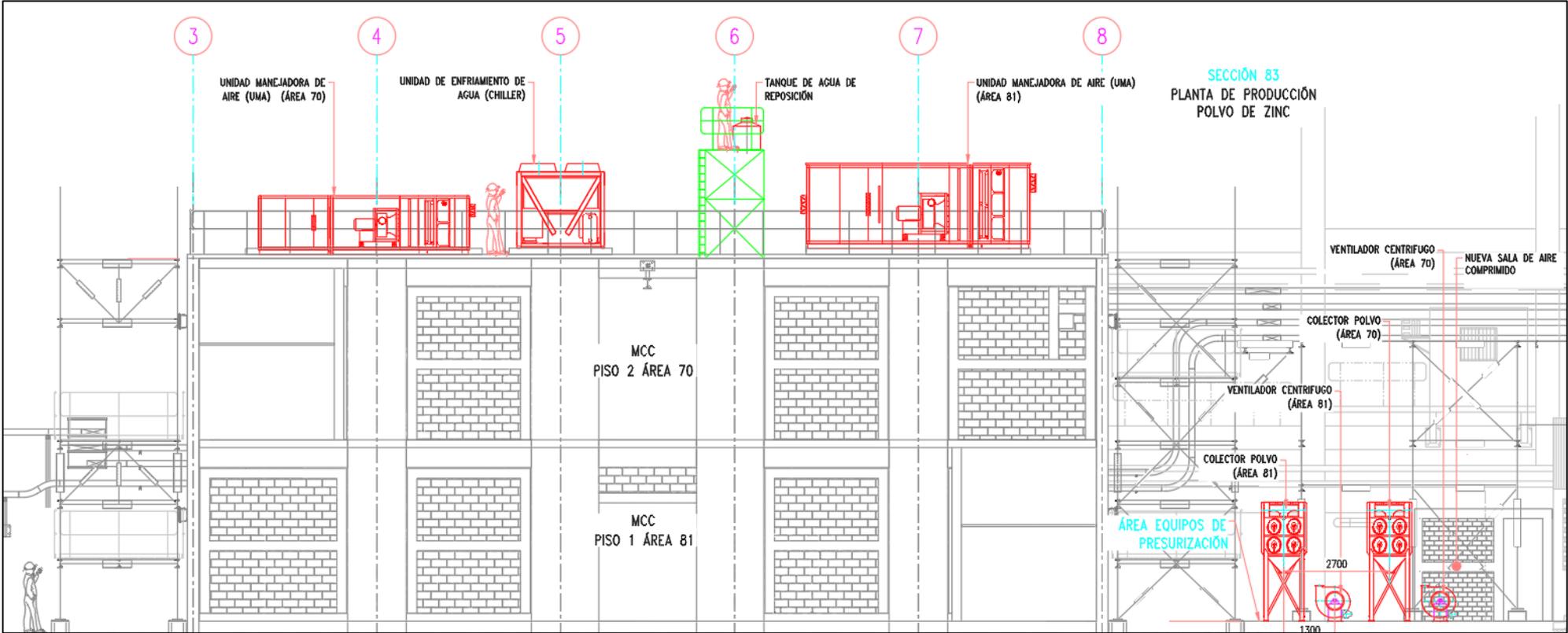
Proyecto -

VCM 561 N - Belt Driven Centrifugal Fan with Inverter

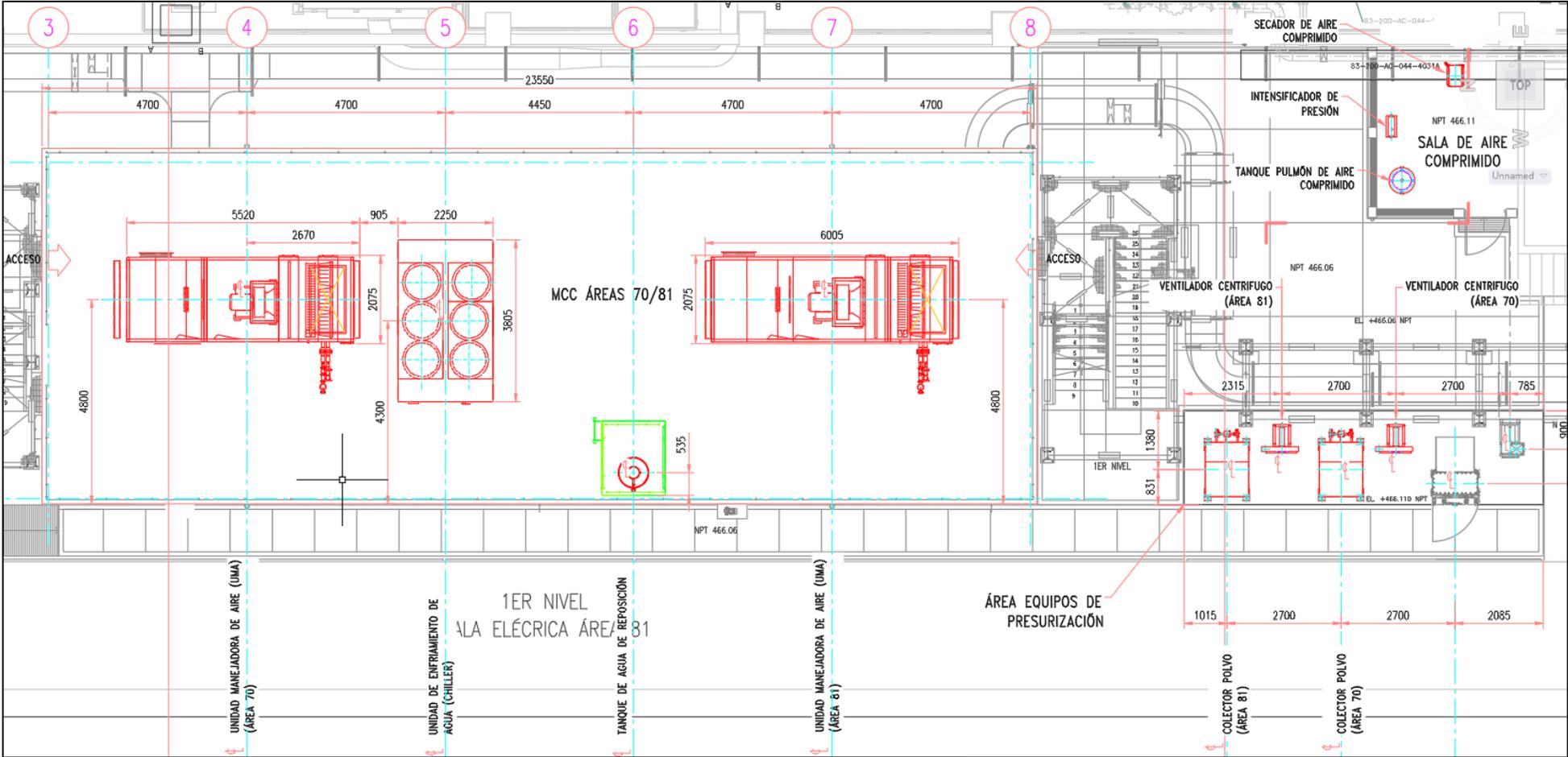


La F.R. Ferrari vent. Ind. S.p.A. si riserva il diritto di modificare qualunque dato presente riportato sul catalogo senza alcun preavviso.

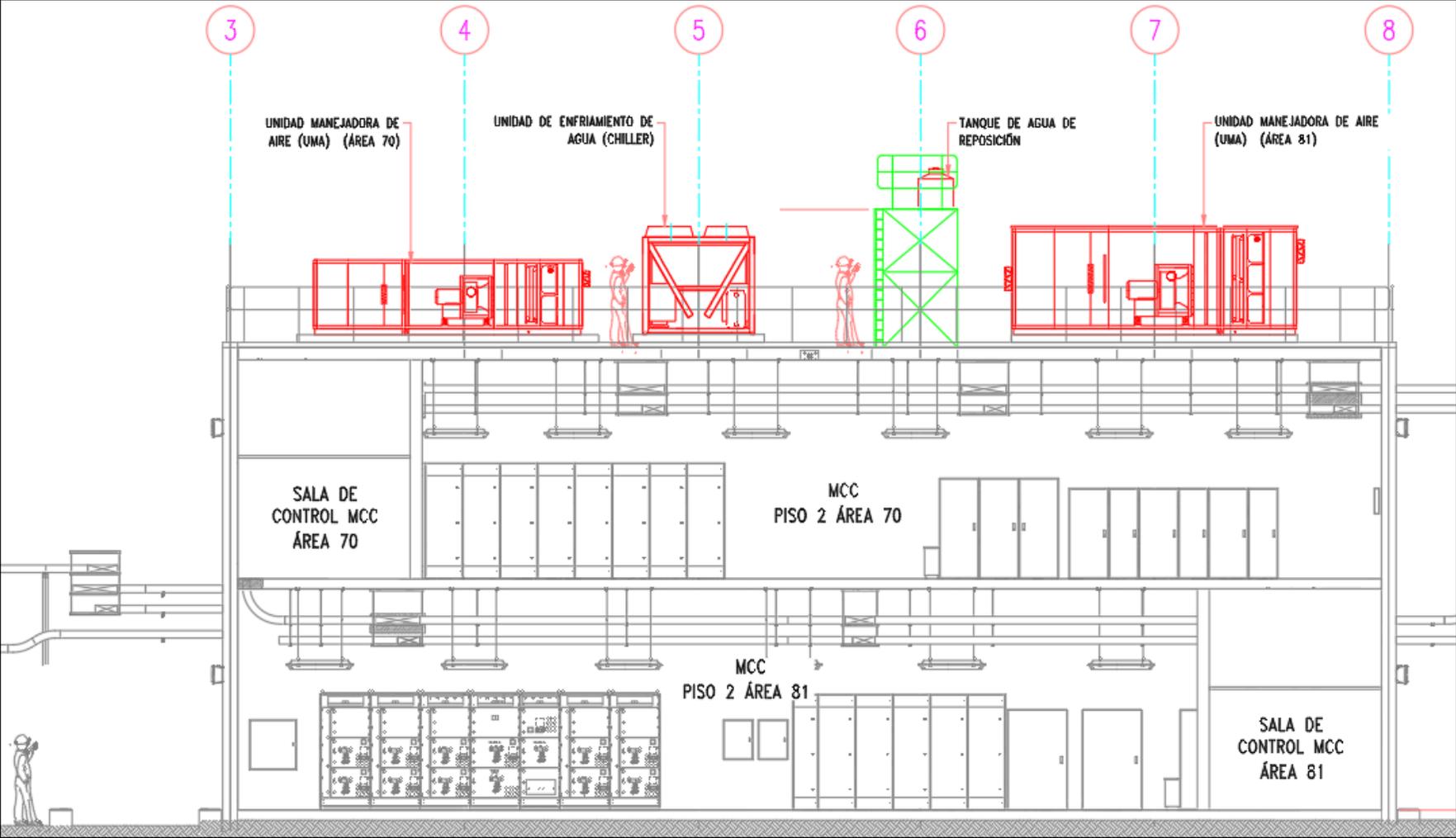
Anexo 6: Arreglo general de equipos de climatización y presión positiva – vista frontal



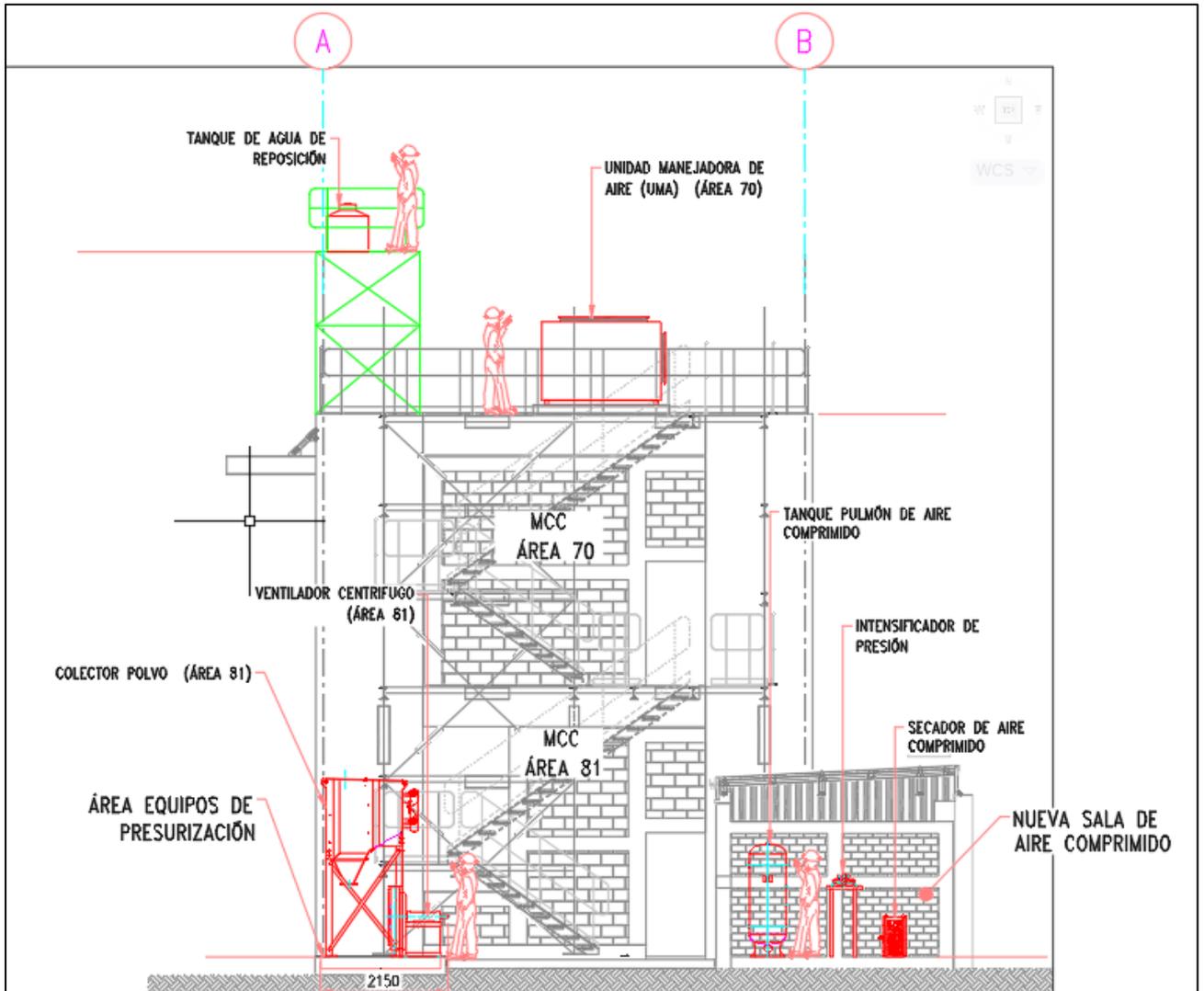
Anexo 7: Arreglo general de equipos de climatización y presión positiva – vista superior



Anexo 8: Arreglo general de equipos de climatización



Anexo 9: Arreglo general de equipos de presurización



Anexo 10: Listado de Ductos

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COMENTARIO
1	SALA ELÉCTRICA Y DE CONTROL - ÁREA 81 (PRIMER PISO)			
1.1	SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN (AIRE ACONDICIONADO)			
1.1.1	DUCTOS (Nota 3)			
1.1.1.01	Ducto de 27"x27" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	6.64	
1.1.1.02	Ducto de 31"x60" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	1.35	
1.1.1.03	Ducto de 40"x18" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	3.61	
1.1.1.04	Ducto de 32"x13" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	2.81	
1.1.1.05	Ducto de 28"x13" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	3.08	
1.1.1.06	Ducto de 25"x13" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	2.23	
1.1.1.07	Ducto de 18"x13" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	4.97	
1.1.1.08	Ducto de 18"x10" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	4.77	
1.1.1.09	Ducto de 35"x13" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	3.57	
1.1.1.10	Ducto de 30"x13" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	3.04	
1.1.1.11	Ducto de 26"x13" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	3.46	
1.1.1.12	Ducto de 22"x13" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	3.71	
1.1.1.13	Ducto de 15"x13" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	0.64	
1.1.1.14	Ducto de Ø9" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	0.50	
1.1.1.15	Ducto de 20"x13" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	2.73	
1.1.1.16	Ducto de 30"x25" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	12.17	
1.1.2	ACCESORIOS DE DUCTOS			
1.1.2.01	Codo 30"x25" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und.	2	
1.1.2.02	Codo 27"x27" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und.	3	
1.1.2.03	Codo 40"x18" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und.	1	
1.1.2.04	Codo 35"x13" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und.	1	
1.1.2.05	Reducción 31" x 60" a 30"x25" Long. 800 mm. Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas. (Conexión con UMA HXX1. 4636)	und.	1	
1.1.2.06	Reducción 30" x 28" a 27"x27" Long. 500 mm. Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.(Conexión con UMA HXX1. 4636)	und.	1	
1.1.2.07	Reducción 27" x 27" a 40"x18" Long. 725 mm. Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und.	1	
1.1.2.08	Reducción 32" x 13" a 28"x13" Long. 570 mm. Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und.	1	
1.1.2.09	Reducción 28" x 13" a 25"x13" Long. 520 mm. Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und.	1	
1.1.2.10	Reducción 25"x13" a 18"x13" Long. 480 mm. Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und.	1	
1.1.2.11	Reducción 18"x13" a 18"x10" Long. 480 mm. Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und.	1	
1.1.2.12	Reducción 40"x18" a 35"x13" Long. 780 mm. Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und.	1	
1.1.2.13	Reducción 35"x13" a 30"x13" Long. 610 mm. Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und.	1	
1.1.2.14	Reducción 30"x13" a 26"x13" Long. 545 mm. Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und.	1	
1.1.2.15	Reducción 26"x13" a 22"x13" Long. 500 mm. Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und.	1	
1.1.2.16	Reducción 22"x13" a 15"x13" Long. 430 mm. Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und.	1	
1.1.2.17	Reducción 15"x13" a Ø9" Long. 0.4 mm. Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und.	1	
1.1.2.18	Reducción 14" x 14" a 20"x13" Long. 500 mm. Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas. (Conexión con VAV HXXX9. 9999)	und.	1	
1.1.2.19	Ramal a 90° con entrada de 45", 32"x13". Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27".	und.	1	
1.1.2.20	Ramal a 90° con entrada de 45", 18"x10". Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27".	und.	2	

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COMENTARIO
1.1.3	DIFUSORES Y REJILLAS			
1.1.3.01	Difusor cuadrado 18"x18", material aluminio, 820 cfm, 4 direcciones, para montaje en ducto, con compuerta de regulación, lama recta regulable, sujeción por medio de tornillos.	und.	9	
1.1.3.02	Difusor cuadrado 20"x20", material aluminio, 820 cfm, 4 direcciones, para montaje en ducto, con compuerta de regulación, lama recta regulable, sujeción por medio de tornillos.	und.	1	
1.1.3.03	Rejilla de retorno de retícula 26" x 24", material aluminio, 2130 cfm, montaje en plenum, sujeción por medio de tornillos.	und.	4	
1.1.4	DAMPERS DE BALANCE MANUAL EN DUCTOS SALA ELÉCTRICA			
1.1.4.01	Damper de balance manual instalado ducto de 40"x18".	und.	1	
1.1.4.02	Damper de balance manual instalado ducto de 18"x13".	und.	1	
1.2	SISTEMA DE PRESURIZACIÓN			
1.2.1	DUCTOS (Nota 3)			
1.2.1.01	Ducto de 15"x15" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	12.63	
1.2.1.02	Ducto de 16"x15" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	0.5	
1.2.1.03	Ducto de 8"x8" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	1.2	
1.2.2	ACCESORIOS DE DUCTOS			
1.2.2.01	Codo 15"x15" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und.	7	
1.2.2.02	Reducción 15"x15" a 16"x15" long. 420 mm. Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und.	1	
1.2.2.03	Ramal a 90° con entrada de 45", 15"x15". Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27".	und.	2	
1.2.2.04	Codo Ø250mm (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und.	1	
1.2.2.05	Reducción cuadrada 15" x Ø250mm circular (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und.	1	
1.2.2.06	Ramal a 90° con entrada de 45", 8"x8". Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27".	und.	1	
1.2.3	DIFUSORES Y REJILLAS			
1.2.3.1	Difusor cuadrado 8"x8", material aluminio, 820 cfm, 4 direcciones, para montaje en ducto, con compuerta de regulación, lama recta regulable, sujeción por medio de tornillos.	und.	1	
1.2.3.2	Difusor cuadrado 16"x15", material aluminio, 820 cfm, 4 direcciones, para montaje ducto/pared vertical, con compuerta de regulación, lama recta regulable, sujeción por medio de tornillos.	und.	1	

NOTAS:

1. El metrado de los ductos de aire incluye los soportes y accesorios requeridos para su instalación.
2. Tipos de ramales, reducciones y transiciones según SMACNA.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COMENTARIO
2	SALA ELÉCTRICA Y DE CONTROL - ÁREA 70 (SEGUNDO PISO)			
2.1	SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN (AIRE ACONDICIONADO)			
2.1.1	DUCTOS (Nota 3)			
2.1.1.01	Ducto de 30"x45" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	11.91	
2.1.1.02	Ducto de 27"x27" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	14.05	
2.1.1.03	Ducto de 36"x18" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	6.10	
2.1.1.04	Ducto de 21"x13" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	1.40	
2.1.1.05	Ducto de 36"x13" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	6.40	
2.1.1.06	Ducto de 21"x12" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	11.16	
2.1.1.07	Ducto de 14"x14" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	0.41	
2.1.1.08	Ducto de Ø9" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	0.50	
2.1.1.09	Ducto de 20"x20" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	1.40	
2.1.1.10	Ducto de 40"x18" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	5.50	
2.1.1.11	Ducto de 30"x13" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	9.10	
2.1.1.12	Ducto de 37"x76" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	1.40	
2.1.1.13	Ducto de 35"x24" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	14.15	
2.1.2	ACCESORIOS DE DUCTOS			
2.1.2.01	Codo 27"x27" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und	5	
2.1.2.02	Codo 35"x24" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und	2	
2.1.2.03	Codo 36"x18" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und	1	
2.1.2.04	Codo 21"x12" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und	1	
2.1.2.05	Codo 36"x13" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und	1	
2.1.2.06	Codo 30"x45" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und	2	
2.1.2.07	Reducción 37" x 76" a 30"x45" Long. 800 mm. Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.(Conexión con UMA GXX14. 9999)	und	1	
2.1.2.08	Reducción 36" x 13" a 30"x 13" Long. 690 mm. Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und	1	
2.1.2.09	Reducción 30"x 13" a 21"x 12" Long. 870 mm. Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und	1	
2.1.2.10	Reducción 14" x 14" a 20"x13" Long. 500 mm. Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.(Conexión con VAV GXXX9. 9999)	und	1	
2.1.2.11	Reducción 27"x 27" a 40"x 18" Long. 1.330 mm. Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und	1	
2.1.2.12	Reducción 14"x14" a Ø9" Long. 0.4 mm. Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und	1	
2.1.2.13	Reducción 30"x 13" a 21"x 12" Long. 600 mm. Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und	1	
2.1.2.14	Reducción 40"x 18" a 36"x 13" Long. 825 mm. Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und	1	
2.1.2.15	Reducción 36"x 13" a 30"x 13" Long. 625 mm. Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und	1	
2.1.2.16	Reducción 30"x 13" a 21"x 12" Long. 545 mm. Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und	1	
2.1.2.17	Reducción 36"x 18" a 14"x 14" Long. 1085 mm. Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und	1	
2.1.2.18	Reducción 36"x 18" a 27"x 27" Long. 685 mm. Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und	1	
2.1.2.19	Ramal a 90° con entrada de 45°, 27"x27". Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27".	und	2	
2.1.2.20	Ramal a 90° con entrada de 45°, 36"x13". Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27".	und	1	
2.1.2.21	Ramal a 90° con entrada de 45°, 36"x18". Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27".	und	1	
2.1.2.22	Ramal a 90° con entrada de 45°, 27"x27". Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27".	und	2	
2.1.2.23	Ramal a 90° con entrada de 45°, 21"x13". Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27".	und	1	

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COMENTARIO
2.1.2.24	Ramal a 90° con entrada de 45°, 21"x12". Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27".	und	1	
2.1.2.25	Ramal a 90° con entrada de 45°, 45"x30". Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27".	und	1	
2.1.2.26	Ramal a 90° con entrada de 45°, 40"x18". Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27".	und	1	
2.1.2.27	Ramal a 90° con entrada de 45°, 30"x13". Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27".	und	1	
2.1.2.28	Ramal a 90° con entrada de 45°, 35"x24". Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27".	und	3	
2.1.3	DIFUSORES Y REJILLAS			
2.1.3.01	Difusor cuadrado 21"x21", material aluminio, 1670 cfm, 4 direcciones, para montaje en ducto, con compuerta de regulación, lama recta regulable, sujeción por medio de tornillos.	und.	8	
2.1.3.02	Difusor cuadrado 21"x21", material aluminio, 1670 cfm, 3 direcciones, para montaje en ducto, con compuerta de regulación, lama recta regulable, sujeción por medio de tornillos.	und.	1	
2.1.3.03	Difusor cuadrado 20"x20", material aluminio, 1670 cfm, 3 direcciones, para montaje en ducto, con compuerta de regulación, lama recta regulable, sujeción por medio de tornillos.	und.	1	
2.1.3.04	Rejilla de retorno de retícula 35" x 25", material aluminio, 2705 cfm, montaje en plenum, sujeción por medio de tornillos.	und.	6	
2.1.4	DAMPERS DE BALANCE MANUEAL EN DUCTOS SALA ELÉCTRICA			
2.1.4.01	Damper de balance manual instalado ducto de 36"x18".	und.	1	
2.1.4.02	Damper de balance manual instalado ducto de 36"x13".	und.	1	
2.1.4.03	Damper de balance manual instalado ducto de 40"x18".	und.	1	
2.2	SISTEMA DE PRESURIZACIÓN			
2.2.1	DUCTOS (Nota 3)			
2.2.1.01	Ducto de 15"x15" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	12.70	
2.2.1.02	Ducto de 14"x12" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	0.20	
2.2.1.03	Ducto de 16"x12" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	0.70	
2.2.1.04	Ducto de 8"x8" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	18.50	
2.2.2	ACCESORIOS DE DUCTOS			
2.2.2.01	Codo 15"x15" (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und	8	
2.2.2.02	Reducción 14"x 12" a 16"x 12" Long. 385 mm. Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und	1	
2.2.2.03	Ramal a 90° con entrada de 45°, 15"x15". Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27".	und	1	
2.2.2.04	Ramal a 90° con entrada de 45°, 14"x12". Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27".	und	1	
2.2.2.05	Codo Ø250mm (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und.	1	
2.2.2.06	Reducción cuadrada 15" x Ø250mm circular (exterior) de plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27", incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und.	1	
2.2.2.07	Ramal a 90° con entrada de 45°, 8"x8". Plancha galvanizada ASTM AG53 de calidad G60. Espesor 1/27".	und	1	
2.2.3	DIFUSORES Y REJILLAS			
2.2.3.1	Difusor cuadrado 8"x8", material aluminio, 820 cfm, 4 direcciones, para montaje en ducto, con compuerta de regulación, lama recta regulable, sujeción por medio de tornillos.	und.	1	
2.2.3.2	Difusor cuadrado 16"x16", material aluminio, 820 cfm, 4 direcciones, para montaje ducto/pared vertical, con compuerta de regulación, lama recta regulable, sujeción por medio de tornillos.	und.	1	

NOTAS:

1. El metrado de los ductos de aire incluye los soportes y accesorios requeridos para su instalación.
2. Tipos de ramales, reducciones y transiciones según SMACNA.

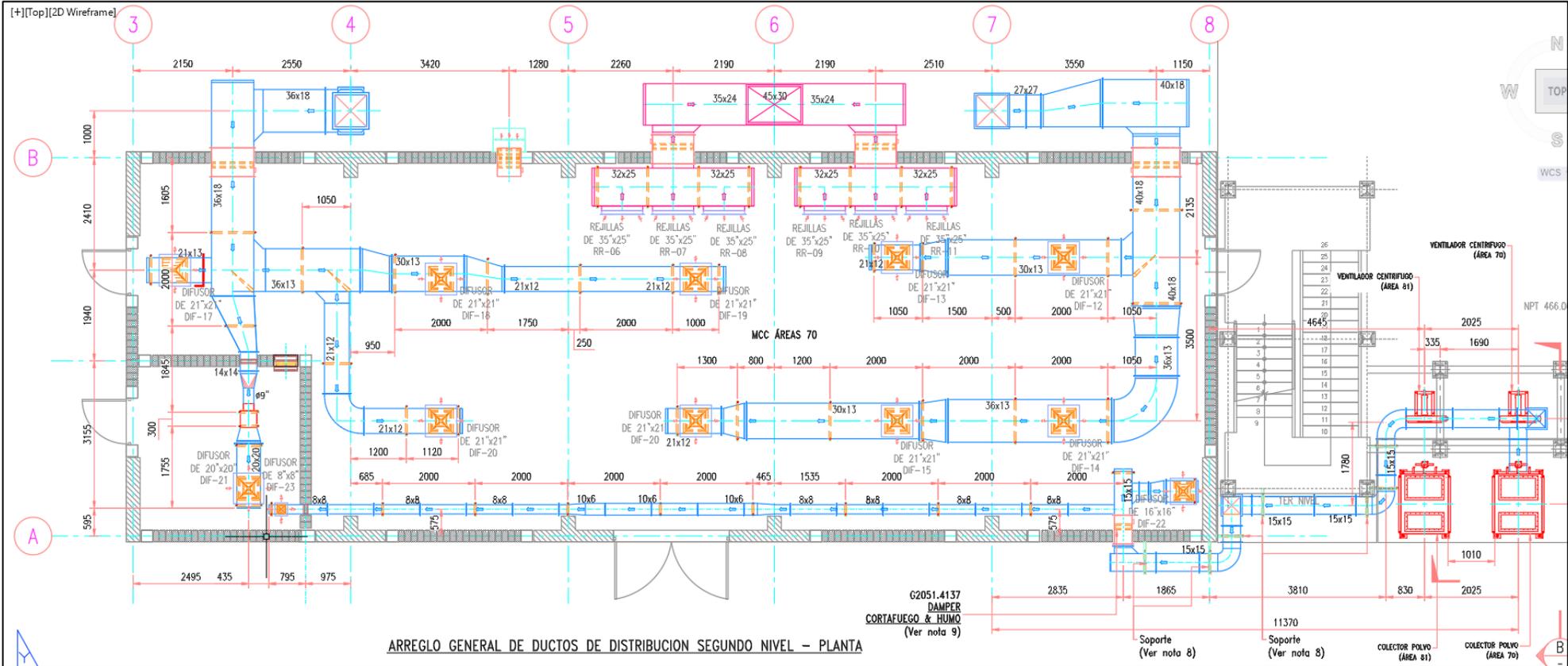
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COMENTARIO
3	SISTEMA EXISTENTE			
3.1	SISTEMA DE PRESURIZACIÓN			
3.1.1	DUCTOS (Nota 3)			
3.1.1.01	Ducto de 15"x15" (exterior) de plancha galvanizada ASTM A653 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	m	9.00	
3.1.2	ACCESORIOS DE DUCTOS			
3.1.2.01	Codo 15"x15" (exterior) de plancha galvanizada ASTM A653 de calidad G60.Espesor 1/27", Incluye interiormente duct liner. Uniones bridadas.	und	2	

NOTAS:

1. El metrado de los ductos de aire incluye los soportes y accesorios requeridos para su instalación.
2. Tipos de ramales, reducciones y transiciones según SMACNA.

//FIN DE DE METRADO//

Anexo 12: Arreglo general de equipos de ductos de distribución segundo nivel



Anexo 13: Presupuesto de Ejecución de Trabajo de Investigación

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT.	Precio Lista US\$	Precio Unitario US\$	Precio Total US\$
1.00	SUMINISTRO DE EQUIPOS					362,192.76
1.01	SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO					52,754.95
1.01.01	TANQUE PULMON	und	1	\$3,900.00	5,571.43	5,571.43
1.01.02	SECADOR - Marca Garden Denver	und	1	\$4,200.00	6,000.00	6,000.00
1.01.03	PREFILTRO - Marca Garden Denver	und	2	\$420.00	600.00	1,200.00
1.01.04	FILTRO CA- Marca Garden Denver	und	1	\$420.00	600.00	600.00
1.01.05	POST FILTRO 01- Marca Garden Denver	und	1	\$420.00	600.00	600.00
1.01.06	POST FILTRO 02- Marca Garden Denver	und	1	\$420.00	600.00	600.00
1.01.07	INTENSIFICADOR DE PRESION- Marca FESTO	und	1	\$4,500.00	6,428.57	6,428.57
1.01.08	PIPE, Material: 304L SS, ERW, ASTM A-312 TP304L, End Prep.: Beveled, ASME B36.19, Wall (2 1/2") - pintado según especificacion de pintura	Glb	1	\$480.00	738.46	738.46
1.01.09	Thick.: Schedule 10S (3")- pintado según especificacion de pintura	Glb	1	\$3,225.00	4,961.54	4,961.54
1.01.10	PIPE, Material: Stainless Steel, ERW, ASTM A-312 TP304L, End Prep.: Plain, ASME B36.19, Wall Thick.: Schedule 40S (1/2") - pintado según especificacion de pintura	Glb	1	\$700.00	1,076.92	1,076.92
1.01.11	PIPE, Material: Stainless Steel, ERW, ASTM A-312 TP304L, End Prep.: Plain, ASME B36.19, Wall Thick.: Schedule 40S (3/4") - pintado según especificacion de pintura	Glb	1	\$700.00	1,076.92	1,076.92
1.01.12	PIPE, Material: Stainless Steel, ERW, ASTM A-312 TP304L, End Prep.: Plain, ASME B36.19, Wall Thick.: Schedule 40S (1") - pintado según especificacion de pintura	Glb	1	\$5,625.00	8,653.85	8,653.85
1.01.13	PIPE, Material: Stainless Steel, ERW, ASTM A-312 TP304L, End Prep.: Plain, ASME B36.19, Wall Thick.: Schedule 40S (1/2") - pintado según especificacion de pintura	Glb	1	\$850.00	1,307.69	1,307.69
1.01.14	PIPE, Material: Stainless Steel, ASTM A-312 TP304L, End Prep.: Plain End, ASME B36.19, Wall Thick.: Schedule 80 (3/4") - pintado según especificacion de pintura	Glb	1	\$550.00	846.15	846.15
1.01.15	PIPE, Material: Stainless Steel, ASTM A-312 TP304L, End Prep.: Plain End, ASME B36.19, Wall Thick.: Schedule 80 (1") - pintado según especificacion de pintura	und	1	\$2,475.00	3,807.69	3,807.69
1.01.16	Accesorios de conexionado de tuberias - pintado según especificacion de pintura	und	1	\$6,500.00	9,285.71	9,285.71
1.02	EQUIPOS DE PRESURIZACION					103,174.23
1.02.01	Colector de polvo modelo 2-4 (1250 CFM) - Marca Americorp Plus / pintado según especificacion tecnica nexa	und	2	\$12,500.00	18,382.35	36,764.71
1.02.02	Panel Controlador de limpieza de filtros - Marca donaldson	und	2	\$3,800.00	5,428.57	10,857.14
1.02.03	Ventilador Centrifugo - Marca Ferrari / pintados según estandar fabricante	und	2	\$4,500.00	6,000.00	12,000.00
1.02.04	Suministro ductería metálica / pintado según especificacion tecnica nexa	kg	4,500	\$3.80	5.43	24,428.57
1.02.05	Sumistro de Soportes, accesorio para montaje / pintado según especificacion tecnica nexa	kg	2,000	\$3.80	5.43	10,857.14
1.02.06	Tablero electrico de fuerza para sistema de presurización (nema 4)	und	2	\$3,100.00	4,133.33	8,266.67
1.03	SUMINISTRO DE EQUIPOS DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO					206,263.58
1.03.01	SUMINISTRO DE CHILLER					65714.29
1.03.01.01	CHILLER con CONDENSADOR ENFRIADO POR AIRE Capacidad: 70 TR Compresor: SCROLL Serpentin con protección anticorrosiva: aluminio-cobre Refrigerante R410A Electricidad: 460V-3F-60Hz Marca: TRANE	und	1	\$46,000.00	65,714.29	65,714.29
1.03.02	SUMINISTRO DE UMAS Y ACCESORIOS					101532.38
1.03.02.01	MANEJADORA DE AIRE PARA AGUA HELADA Capacidad: 25 TR Serpentin del condensador protegido contra corrosión Refrigerante R410A Electricidad: 460V3F-60Hz Marca: TRANE	und	1	\$16,387.00	23,410.00	23,410.00
1.03.02.02	MANEJADORA DE AIRE PARA AGUA HELADA Capacidad: 35 TR Serpentin del condensador protegido contra corrosión Refrigerante R410A Electricidad: 460V3F-60Hz Marca: TRANE	und	1	\$19,109.00	27,298.57	27,298.57
1.03.02.03	Termostato digital	und	2	\$100.00	142.86	285.71

1.03.02.04	Valvula motorizada de dos vias de 2-1/2"Ø, class 125/150, type lug with flange, cuerpo iron ASTM A536 y disco de acero inoxidable , actuador modulante, normalmente cerrada	und	1	\$750.00	1,071.43	1,071.43
1.03.02.05	Valvula motorizada de dos vias de 3"Ø, class 125/150, type lug with flange, cuerpo iron ASTM A536 y disco de acero inoxidable , actuador modulante, normalmente cerrada	und	1	\$950.00	1,357.14	1,357.14
1.03.02.06	Válvula mariposa de 2-1/2"Ø y 3"Ø	und	2	\$180.00	257.14	514.29
1.03.02.07	Filtro colador de 2-1/2"Ø y 3"Ø	und	4	\$80.00	114.29	457.14
1.03.02.08	Manómetro	und	4	\$45.00	64.29	257.14
1.03.02.09	Termómetro	und	4	\$50.00	71.43	285.71
1.03.02.10	Válvula de balanceo (circuit setter) de 2-1/2"Ø	und	1	\$180.00	257.14	257.14
1.03.02.11	Válvula de balanceo (circuit setter) de 3"Ø	und	1	\$550.00	785.71	785.71
1.03.02.12	Suministro de ductería metálica con especificaciones de pintura de nexa	kg	7,250	\$3.60	5.14	37,285.71
1.03.02.13	Tablero electrico de fuerza (nema 4)	und	2	\$3,100.00	4,133.33	8,266.67
1.03.03	SUMINISTRO DE BOMBAS Y ACCESORIOS					12028.57
1.03.03.01	BOMBA CENTRIFUGA TIPO HORIZONTAL Caudal: 168 GPM Electricidad: 460V-3F-60Hz	und	2	\$3,000.00	4,285.71	8,571.43
1.03.03.02	Valvula Multiproposito de 3"Ø, conexión bridada	und	2	\$390.00	557.14	1,114.29
1.03.03.03	Difusor de succión de 4"x3", conexión bridada	und	2	\$442.00	631.43	1,262.86
1.03.03.04	Valvula mariposa de 4"Ø, tipo Lug style, conexión bridada, manija tipo palanca 10 posiciones	und	2	\$182.00	260.00	520.00
1.03.03.05	Union flexible, single sphere rubber de 4"Ø , conexión bridada	und	4	\$98.00	140.00	560.00
1.03.04	ACCESORIOS DE CHILLER Y SALA DE MAQUINAS					6902.63
1.03.04.01	Tanque separador de aire tangencial 3"Ø 125PSI, 380GPM	und	1	\$1,830.40	2,614.86	2,614.86
1.03.04.02	Tanque de expansion cerrado con bladder de 45 galones 125 PSI	und	1	\$1,290.90	1,844.14	1,844.14
1.03.04.03	Valvula dual para reposicion de agua, reductora de presión, adjustable 10-25PSIG, conexión roscada 1/2"Ø	und	1	\$189.80	271.14	271.14
1.03.04.04	Flow Switch	und	1	\$172.90	247.00	247.00
1.03.04.05	Purgadores de aire, conexión 1/2"x3/4"	und	4	\$59.80	85.43	341.71
1.03.04.06	Valvula mariposa de 4"Ø, tipo Lug style, conexión bridada, manija tipo palanca 10 posiciones	und	2	\$97.50	139.29	278.57
1.03.04.07	Union flexible, single sphere rubber de 4"Ø , conexión bridada	und	2	\$76.70	109.57	219.14
1.03.04.08	Union rígida tipo vitaulic	und	2	\$117.00	167.14	334.29
1.03.04.09	Manometro	und	6	\$69.81	99.73	598.37
1.03.04.10	Termometro	und	2	\$53.69	76.70	153.40
1.03.05	DAMPER BAROMETRICO, DAMPER CORTAFUEGO y HUMOS, DAMPER CORTAFUEGO					17371.43
1.03.05.01	DAMPER BAROMETRICO (HXXX4.9999-GXXX4.9999) DIMENSIONES: 20"x20" Marca GREENHECK Modelo: RB-30	und	2	\$420.00	600.00	1,200.00
1.03.05.02	DAMPER BAROMETRICO (HXXX5.9999-GXXX5.9999) DIMENSIONES: 20"x20" Marca GREENHECK Modelo: RB-30	und	2	\$420.00	600.00	1,200.00
1.03.05.03	DAMPER CORTAFUEGO y HUMOS (GXXX16.9999) DIMENSIONES: 36"x18" Marca GREENHECK Modelo: ESD-331	und	1	\$1,100.00	1,571.43	1,571.43
1.03.05.04	DAMPER CORTAFUEGO y HUMOS (HXXX6.9999) DIMENSIONES: 30"x25" Marca GREENHECK Modelo: ESD-331	und	1	\$1,100.00	1,571.43	1,571.43
1.03.05.05	DAMPER CORTAFUEGO y HUMOS (GXXX6.9999/GXXX17.9999) DIMENSIONES: 35"x24" Marca GREENHECK Modelo: ESD-331	und	2	\$1,100.00	1,571.43	3,142.86
1.03.05.06	DAMPER CORTAFUEGO y HUMOS (HXXX7.9999) DIMENSIONES: 40"x18" Marca GREENHECK Modelo: ESD-331	und	2	\$1,100.00	1,571.43	3,142.86
1.03.05.07	DAMPER CORTAFUEGO y HUMOS (HXXX8.9999) DIMENSIONES: 15"x15" Marca GREENHECK Modelo: ESD-331	und	2	\$600.00	857.14	1,714.29
1.03.05.08	DAMPER CORTAFUEGO y HUMOS (HXXX15.9999) DIMENSIONES: 20"x20" Marca GREENHECK Modelo: ESD-331	und	2	\$800.00	1,142.86	2,285.71
1.03.05.09	DAMPER CORTAFUEGO (GXXX18.9999) DIMENSIONES: 8"x8" Marca GREENHECK Modelo: ESD-350	und	1	\$180.00	257.14	257.14
1.03.05.10	DAMPER CORTAFUEGO (GXXX19.9999) DIMENSIONES: 14"x14" Marca GREENHECK Modelo: ESD-350	und	1	\$180.00	257.14	257.14
1.03.05.11	DAMPER CORTAFUEGO (GXXX20.9999) DIMENSIONES: 20"x20" Marca GREENHECK Modelo: ESD-350	und	1	\$180.00	257.14	257.14

1.03.05.12	DAMPER CORTAFUEGO (HXXX16.9999) DIMENSIONES: 16"x15" Marca GREENHECK Modelo: FSD-350	und	1	\$180.00	257.14	257.14
1.03.05.13	DAMPER CORTAFUEGO (HXXX19.9999) DIMENSIONES: 20"x13" Marca GREENHECK Modelo: FSD-350	und	1	\$180.00	257.14	257.14
1.03.05.14	DAMPER CORTAFUEGO (HXXX20.9999) DIMENSIONES: 20"x20" Marca GREENHECK Modelo: FSD-350	und	1	\$180.00	257.14	257.14
1.03.06	CAJA DE VOLUMEN VARIABLE					2714.29
1.03.06.01	AREA: SALA MCC área 81 /sala de control área 81 CAJA DE VOLUMEN VARIABLE VAV (HXXX9.9999) DIMENSIONES: 10 pulg Caudal nominal: 800 CFM Marca PRICE Modelo: FSD-311	und	1	\$950.00	1,357.14	1,357.14
1.03.06.02	AREA: SALA MCC área 70 /sala de control área 70 CAJA DE VOLUMEN VARIABLE VAV (HXXX9.9999) DIMENSIONES: 10 pulg Caudal nominal: 800 CFM Marca PRICE Modelo: FSD-311	und	1	\$950.00	1,357.14	1,357.14
2.00	INSTALACION					460,730.77
2.01	MONTAJE DE CHILLER, UMAS y BOMBAS (PLANTA DE AGUA HELADA)					202,142.86
2.01.01	Montaje de chiller. Conexión eléctrica de control. Cableado de fuerza 1 metro. Puesta en marcha, pruebas y ajustes	und	1	\$2,800.00	4,000.00	4,000.00
2.01.02	Montaje de UMAS. Tablero eléctrico. Conexión eléctrica de control. Cableado de fuerza 1 metro. Puesta en marcha, pruebas y ajustes	und	2	\$2,200.00	3,142.86	6,285.71
2.01.03	Montaje de Bombas Centrifugas	und	2	\$2,500.00	3,571.43	7,142.86
2.01.04	Montaje de Planta de Agua helada: Separador de aire, tanque de expansión, instalación de accesorios, válvulas.	GBL	1	\$5,000.00	7,142.86	7,142.86
2.01.05	Tablero de integración de la Planta de Agua Helada	GBL	1	\$6,000.00	8,571.43	8,571.43
2.01.06	Instalación de ductería metálica	GBL	1	\$7,500.00	10,714.29	10,714.29
2.01.07	Suministro e Instalación de aislamiento térmico	m²	1,600	\$10.00	14.29	22,857.14
2.01.08	Suministro e Instalación de difusores y rejillas fabricados de fierro galvanizado y pintado de color blanco	pulg²	11,000	\$0.50	0.71	7,857.14
2.01.09	Suministro e Instalación de tubería de fierro con su respectivo aislamiento	GBL	1	\$9,500.00	13,571.43	13,571.43
2.01.10	Enchafetado con plancha galvanizada a la tubería de fierro de agua helada	GBL	1	\$750.00	1,071.43	1,071.43
2.01.11	Suministro e Instalación de tubería de PVC para RED EXTERIOR DE DESAGÜE DE CONDENSADO (aprox 60m)	GBL	1	\$3,600.00	5,142.86	5,142.86
2.01.12	Suministro e Instalación de Tanque de agua de reposición y la respectiva tubería	GBL	1	\$7,500.00	10,714.29	10,714.29
2.01.13	Instalación de damp barométrico, damper cortafuego y damper cortafuego/cortahumo	GBL	1	\$3,200.00	4,571.43	4,571.43
2.01.14	Suministro e Instalación eléctrica (cableado hacia tablero de fuerza) desde el punto 440 v indicado dentro de sala, indicado en plano DW-1790118054-4CUM-0370ELE0003, hasta el tablero eléctrico y bornera de los equipos.	GBL	1	\$36,500.00	52,142.86	52,142.86
2.01.15	Suministro e Instalación de control para instrumentos	GBL	1	\$9,500.00	13,571.43	13,571.43
2.01.16	Base de concreto de bombas de chiller	GBL	1	\$1,800.00	2,571.43	2,571.43
2.01.17	Base de concreto de UMAS	GBL	1	\$2,500.00	3,571.43	3,571.43
2.01.18	Base de concreto de Chiller	GBL	1	\$3,500.00	5,000.00	5,000.00
2.01.19	Pintado de ductos y tuberías a 20mill	GBL	1	\$8,500.00	12,142.86	12,142.86
2.01.20	Resane de agujeros para el ingreso de ductos	GBL	1	\$2,450.00	3,500.00	3,500.00
2.02	MONTAJE DE SISTEMA DE PRESURIZACION					103,642.86
2.02.01	Montaje de colectores de polvo	GBL	2	\$5,800.00	8,285.71	16,571.43
2.02.02	Montaje ventilador centrifugo	GBL	2	\$2,950.00	4,214.29	8,428.57
2.02.03	Instalación del Controlador de limpieza de filtros	GBL	2	\$2,500.00	3,571.43	7,142.86
2.02.04	Instalación de ductos y soportería mecánica	GBL	2	\$8,500.00	12,142.86	24,285.71
2.02.05	Instalación de tableros eléctricos	GBL	2	\$2,000.00	2,857.14	5,714.29
2.02.06	Suministro e Instalación eléctrica desde punto 440 v indicado dentro de sala, indicado en plano DW-1790118054-4CUM-0370ELE0003, hasta el tablero eléctrico y bornera de los equipos.	GBL	2	\$13,500.00	19,285.71	38,571.43
2.02.07	Resane de agujeros para el ingreso de ductos	GBL	1	\$2,050.00	2,928.57	2,928.57
2.03	MONTAJE DE SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO					25,714.29

2.03.01	Instalación de tanque, secador, filtros	GBL	1	\$5,400.00	7,714.29	7,714.29
2.03.02	Instalación de tuberías de aire comprimido y accesorios	GBL	1	\$9,800.00	14,000.00	14,000.00
2.03.03	Instalación de soportes y accesorios de conexionado	GBL	1	\$2,800.00	4,000.00	4,000.00
3.00	GASTOS GENERALES					129,230.77
3.01	Ingeniero residente, seguridad, ing. de calidad, ing. de planeamiento, control document Almacen para materiales, equipos y herramientas de americorp Almacen del staff de americorp Transporte de materiales y herramientas lima - jicamarca Grua para izaje de equipos Andamios Examen medico de personal tecnico é ingeniero hvac Epp Induccion Sctr Movilidad para personal en obra - traslado desde obra a comedor en el exterior Grupo electrogeno	GBL	1	\$84,000.00	129,230.77	129,230.77
TOTAL					USD	822,923.52