



EXTRACCIÓN Y SUMINISTRO DE AIRES ESPECIALES PARA SECADORAS

Área:

Mantenimiento - Pañal

Empresa:

Kimberly – Clark de México S.A.B. de C.V.

Periodo de realización:

16 de enero de 2025 a 16 de junio de 2025

Presenta:

David Gutiérrez Santiago

No. Control:

20370474

Carrea:

Ingeniería electromecánica

Semestre:

10° semestre

Asesor externo:

Ing. Edgar Rubén Ayala Espejel

Asesor interno:

Mtro. Leoncio González Fernández

Agradecimientos

Con gran respeto y gratitud, deseo expresar mi reconocimiento a todas las personas e instituciones que han sido fundamentales en la realización de este proyecto.

En primer lugar, agradezco a la empresa **Kimberly Clark de México S.A.B. de C.V.** por brindarme la oportunidad de desarrollar mis conocimientos en un entorno profesional, permitiéndome aplicar y fortalecer lo aprendido a lo largo de mi formación.

Extiendo mi sincero agradecimiento a mi asesor externo, el **Ing. Edgar Rubén Ayala Espejel**, por su invaluable orientación, apoyo y conocimientos compartidos, que han sido esenciales para la culminación de este trabajo. De igual manera, al **Mtro. Leoncio González Fernández**, mi asesor interno, por su paciencia, guía académica y compromiso en mi desarrollo profesional.

A mis padres, **María Eugenia Santiago Moreno y Reyes Gutiérrez García**, les agradezco profundamente su amor incondicional, apoyo y sacrificios, los cuales han sido la base de mi crecimiento personal y académico.

Finalmente, expreso mi reconocimiento a mi alma máter, el **Instituto Tecnológico de Apizaco**, por brindarme la educación y las herramientas necesarias para mi formación como profesional. Este proyecto no solo representa un avance en mi formación profesional, sino también un paso significativo hacia la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos en mi carrera. Estoy profundamente agradecido por esta experiencia enriquecedora que ha contribuido tanto a mi desarrollo técnico como personal.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.

Resumen

Como parte de mi formación profesional en Ingeniería Electromecánica y mi experiencia laboral en mantenimiento industrial en Kimberly – Clark de México S.A.B. de C.V., desarrollé este proyecto titulado "Extracción y suministro de aires especiales para secadoras". El objetivo principal de este proyecto es garantizar la operación eficiente, segura y controlada de los sistemas de secado utilizados en procesos industriales mediante la gestión adecuada de aire especializado.

Este proyecto surgió de una necesidad operativa identificada en el área de producción, donde se evidenciaban fallas recurrentes en los procesos de secado debido a una extracción de vapor insuficiente y un suministro ineficiente de aire con características específicas (temperatura, humedad y presión controladas). Estas condiciones comprometían tanto la eficiencia energética como la calidad del producto final, además de representar riesgos potenciales para la seguridad del personal y los equipos.

Mi propuesta se centra en el diseño e implementación de un sistema integral de extracción y suministro de aire que cumpla con los requisitos técnicos del proceso. Para ello, realicé un diagnóstico detallado del estado actual, analizando los parámetros termodinámicos, el caudal de aire, la carga térmica y el rendimiento de los equipos involucrados. Posteriormente, evalué diversas alternativas de solución, incluyendo el uso de ventiladores de alta eficiencia.

El sistema propone un sistema especial de suministro de aire con características controladas, capaz de mantener la temperatura y la humedad dentro de los estrictos rangos requeridos por los secadores, optimizando así el rendimiento térmico del equipo.

El proyecto representa una solución técnica eficaz y sostenible, alineada con los objetivos de mejora continua y eficiencia energética de la planta. Mediante la aplicación de conocimientos en termodinámica, automatización y ventilación industrial, pude desarrollar una propuesta innovadora que aporta valor al proceso de producción, a la vez que contribuye al desarrollo integral de mis habilidades profesionales como ingeniero electromecánico.

Índice

Agradecimientos	1
Resumen.....	2
Índice	3
Índice de ilustraciones	5
Índice de tablas	7
Índice de gráficas	7
Introducción	8
Descripción de la empresa	10
Descripción del área donde se desempeña el estudiante.....	11
Planteamiento del problema.....	12
Justificación	13
Objetivo general.....	14
Objetivos específicos	14
Alcances y limitaciones	15
Capítulo 1.- Marco teórico.....	18
1.1 Introducción a las secadoras de aire	18
1.2 ¿Qué es un secador de aire comprimido?	18
1.2.1 Partes principales de un secador de aire	18
1.2.2 Tipos de secadores	19
1.3 Secadores refrigerativos.....	20
1.3.1 Ventajas y desventajas de cada tipo.....	21
1.4 Secadores desecantes	22
1.4.1 Ventajas y desventajas	24

1.5 ¿Cuándo y por qué se necesita un secador de aire?	24
1.6 ¿Cómo funciona un secador de aire comprimido?	25
1.7 Importancia del mantenimiento adecuado a una secadora de aire.....	26
1.8 Actividades para efectuar un mantenimiento preventivo a secador de aire....	27
1.9 Métodos comunes de enfriamiento para cuarto de máquinas	29
1.9.1 Ventilación forzada.....	29
1.9.2 Aire acondicionado	34
1.9.3 Minisplits	40
Capítulo 2.- Descripción e importancia del estudio.....	42
2.1 Estudio de tiempo perdido por falla en los equipos de secado	42
2.2 Estudio en el comportamiento de temperaturas del cuarto de máquinas.....	44
2.3 Calcular flujos y temperaturas de aire de acuerdo con el requerido en el cuarto de máquinas	46
2.4 Revisar con proveedor infraestructura necesaria	49
2.5 Cotización	53
2.6 Tiempos y movimientos para instalación	56
2.7 Verificación	59
Capítulo 3.- Aportaciones	61
3.1 Estudio de tiempo perdido por falla en los equipos de secado.....	61
Software y herramientas por implementar (Excel)	62
3.2 Estudio en el comportamiento de temperaturas del cuarto de máquinas.....	68
Software y herramientas por implementar (Excel)	69
3.3 Calcular flujos y temperaturas de aire de acuerdo con el requerido en el cuarto de máquinas	74
3.3.1 Transmisión de calor a través de muros, techos y pisos.....	76
3.4 Revisar con proveedor infraestructura necesaria.....	84

3.4.1 Ventilador de tipo helicoidal	84
3.4.2 Canalización eléctrica y selección de componentes	85
3.4.2.1 Normatividad aplicable NOM-001-SEDE-2012	95
.....	101
3.5 Resultados obtenidos de las simulaciones de control eléctrico	105
3.6 Cotización.....	110
3.7 Tiempos y movimientos para instalación	111
Conclusiones	117
Competencias desarrolladas.....	118
Referencias.....	119

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 - Partes principales de un secador de aire.....	19
Ilustración 2 - Secador refrigerante no ciclado.....	21
Ilustración 3 - Secador desecante regenerativo	23
Ilustración 4 - Funcionamiento de un secador refrigerativo.....	25
Ilustración 5 – Extractor helicoidal	32
Ilustración 6 – Extractor centrífugo.....	32
Ilustración 7 - Climatizador evaporativo	33
Ilustración 8 - Principio del aire acondicionado	35
Ilustración 9 – Aire acondicionado tipo paquete	36
Ilustración 10 – Sistemas de Volumen Refrigerante Variable (VRF).....	37
Ilustración 11 – Aire acondicionado tipo chiller	38
Ilustración 12 - Mini Split inverter	41
Ilustración 13 - PPM de máquinas TL1, TL2, TL3, TL4, TL5 y TL6.....	62
Ilustración 14 - HMI de secadora de aire	69
Ilustración 15 – Tabla VIII – 1 temperaturas de diseño recomendadas para invierno.	77

Ilustración 16 - Tabla VII-2 Volumen de aire infiltrado por pie de ranura para diferentes tipos de ventanas y puertas	80
Ilustración 17 - Ventilador de hélice	84
Ilustración 18 - Tubo conduit galvanizado pared delgada.....	90
Ilustración 19 - Tubo flexible liquid tight	91
Ilustración 20 - Conector liquid tight recto	92
Ilustración 21 - Condulet tipo LB de aluminio.....	93
Ilustración 22 - Caja oval roscada con tapa tipo OLL.....	93
Ilustración 23 - Conector para tubo conduit	94
Ilustración 25 . Charola para canalización eléctrica	95
Ilustración 26 - Tabla 310-15(b)(16). – Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts y 60 ° C a 90° C. no más tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura a ambiente de 30° C.....	97
Ilustración 27 - Tabla 310-15(b)(2)(a). – Factores de corrección basados en una temperatura ambiente de 30 °C.	98
Ilustración 28 - Tabla 310-15(b)(3)(a). – Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable.	99
Ilustración 29 - Tabla C-4.- Número máximo de conductores o alambres para aparatos en tubo conduit metálico intermedio (IMC).....	100
Ilustración 30 - Tabla 250-122.- Tamaño mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos.	101
Ilustración 31 - Tabla 9.- Resistencia y reactancia en corriente alterna para los cables para 600 volts, 3 fases a 60 Hz y 75°C. tres conductores individuales en un tubo conduit.	102
Ilustración 32 - Tabla 430-248 Corriente a plena carga de motores monofásicos de corriente alterna	103
Ilustración 33 - Tabla 430-250 Corriente a plena carga de motores trifásicos de corriente alterna	104
Ilustración 34 - Comportamiento del motor	107
Ilustración 35 - Protección contra sobrecorrientes	108
Ilustración 36 - Distribución de corriente y tensión	109

Ilustración 37 - Permiso para trabajos peligrosos.....	111
Ilustración 38 - Permiso para trabajo en alturas	112

Índice de tablas

Tabla 1 - Principales Factores a considerar en el cálculo	52
Tabla 2 Máquina de pañal TL1 - Marzo de 2024 a Septiembre de 2024	63
Tabla 3 - Máquina de pañal TL2 - Marzo de 2024 a Septiembre de 2024	64
Tabla 4 - Máquina de pañal TL3 - Marzo de 2024 a Septiembre de 2024	64
Tabla 5 - Máquina de pañal TL4 - Marzo de 2024 a Septiembre de 2024	65
Tabla 6 - Máquina de pañal TL5 - Marzo de 2024 a Septiembre de 2024	66
Tabla 7 -Máquina de pañal TL6 - Marzo de 2024 a Septiembre de 2024	66
Tabla 8 - Sumatoria del factor económico por cada máquina de pañal.....	67
Tabla 9 - Bitácora de temperatura de secadora de aire en el mes de enero	70
Tabla 10 - Bitácora de temperatura de secadora de aire en el mes de febrero	72
Tabla 11 - Unidades de mampostería	74
Tabla 12 - Dimensiones de puertas y ventanas.....	77
Tabla 13 - Cotización - Proyecto "Extracción y suministro de aires especiales para secadoras"	110

Índice de gráficas

Gráfica 1 - Registro del mes de enero a las 09:00 hrs.	70
Gráfica 2 - Registro del mes de enero a las 15:00 hrs.	71
Gráfica 3 - Registro del mes de febrero a las 09:00 hrs.....	73
Gráfica 4 - Registro del mes de febrero a las 15:00 hrs.....	73

Introducción

El presente proyecto tiene como objetivo el diseño, implementación y optimización de un sistema de extracción y suministro de aires especiales para secadoras, garantizando condiciones óptimas de operación, eficiencia energética y cumplimiento de normativas industriales. La necesidad de un sistema especializado en el manejo de aire surge de la importancia de controlar factores como la temperatura, humedad, presión y calidad del aire dentro de los procesos de secado, con el fin de mejorar el desempeño de los equipos y la calidad del producto final.

En la industria, los procesos de secado requieren un suministro de aire con características específicas que varían según el tipo de material a secar, la tecnología de secado utilizada y las condiciones ambientales del entorno de producción. Un sistema adecuado de extracción y suministro de aires especiales permite optimizar la transferencia de calor, reducir el consumo energético y prolongar la vida útil de los equipos. Asimismo, la correcta gestión del aire de escape es fundamental para minimizar emisiones contaminantes y garantizar condiciones seguras para el personal operativo.

El desarrollo de este proyecto abarca el análisis y selección de tecnologías de ventilación y filtrado, la evaluación de materiales y componentes adecuados para la conducción del aire, así como el diseño de un sistema eficiente y adaptable a las necesidades de la planta. Se considerarán aspectos clave como el dimensionamiento de conductos, el cálculo de caudales de aire requeridos, la implementación de sistemas de control y monitoreo, y la integración con los equipos de secado existentes.

Además, este proyecto busca cumplir con normativas ambientales y de seguridad industrial, asegurando que el sistema implementado no solo sea eficiente, sino también sustentable y alineado con las regulaciones vigentes. La correcta ejecución del proyecto permitirá obtener beneficios como la reducción de costos operativos, la optimización del tiempo de secado, la mejora en la calidad del producto final y una menor huella ambiental.

El sistema de extracción y suministro de aires especiales es un componente esencial para el buen funcionamiento de los procesos de secado en diversas industrias. La implementación de soluciones innovadoras y eficientes en este ámbito contribuye significativamente a la competitividad y sostenibilidad de la producción. A lo largo del presente documento, se detallarán los fundamentos técnicos, el diseño propuesto, los beneficios esperados y los lineamientos de implementación que garantizarán el éxito del proyecto.

Descripción de la empresa

Kimberly-Clark de México S.A.B. de C.V. es una empresa líder en la manufactura y comercialización de productos de higiene y cuidado personal. Con una trayectoria consolidada en el país, la compañía forma parte de Kimberly-Clark Corporation, una de las multinacionales más reconocidas a nivel mundial en la industria de bienes de consumo.

Desde su establecimiento en México, Kimberly-Clark se ha distinguido por la innovación y calidad de sus productos, entre los que se incluyen marcas ampliamente reconocidas como Kleenex®, Pétalo®, Suavel®, Depend®, Kotex® y Huggies®, entre otras. Su compromiso con la excelencia operativa y el desarrollo sustentable la ha posicionado como un referente en el mercado, implementando procesos de producción eficientes y ambientalmente responsables.

La empresa opera diversas plantas de manufactura en México, garantizando un alto nivel de producción y distribución para satisfacer la demanda del mercado. Además, mantiene un fuerte compromiso con la responsabilidad social, promoviendo iniciativas de sustentabilidad, bienestar laboral y apoyo a comunidades vulnerables.

Gracias a su enfoque en la calidad, la innovación y la sostenibilidad, Kimberly-Clark de México continúa siendo un factor clave en la industria de productos de higiene, contribuyendo al bienestar de millones de personas en el país.

Descripción del área donde se desempeña el estudiante

El área de pañal en Kimberly-Clark de México S.A.B. de C.V. es una de las divisiones clave dentro de la empresa, dedicada a la fabricación, desarrollo e innovación de productos de higiene para bebés y adultos. Su objetivo principal es ofrecer soluciones de alta calidad que brinden comodidad, protección y cuidado a los usuarios, contribuyendo al bienestar de las familias mexicanas.

Esta área abarca diversas etapas del proceso productivo, incluyendo:

- ✚ Investigación y desarrollo: Se enfoca en la mejora continua de materiales, absorción, ergonomía y sustentabilidad de los pañales.
- ✚ Producción y manufactura: Utiliza tecnología de punta para la fabricación eficiente de productos, asegurando altos estándares de calidad.
- ✚ Control de calidad: Garantiza que cada producto cumpla con las normativas y especificaciones establecidas, proporcionando seguridad y confianza a los consumidores.

Kimberly-Clark de México produce marcas reconocidas como Huggies, líder en el mercado de pañales para bebés, además de líneas especializadas en productos para incontinencia, asegurando que sus soluciones se adapten a diferentes necesidades del consumidor.

Gracias a su compromiso con la innovación y sustentabilidad, el área de pañales se mantiene a la vanguardia en el desarrollo de productos que contribuyen al bienestar de las personas y al cuidado del medio ambiente.

Planteamiento del problema

En la industria manufacturera, y particularmente en los procesos de secado, el control del flujo de aire juega un papel fundamental en la eficiencia operativa, el desempeño de los equipos y la calidad del producto final. La inadecuada extracción y suministro de aires especiales en la zona de secadoras puede generar una serie de inconvenientes técnicos y operativos que afectan tanto la productividad como la sostenibilidad del proceso.

Uno de los principales problemas asociados a una deficiente gestión del aire es la acumulación de humedad y calor, lo que puede reducir la eficiencia del secado, aumentar el consumo energético y generar sobrecargas térmicas en los equipos. Además, una ventilación inadecuada puede provocar desequilibrios en la presión del sistema, afectando la estabilidad del flujo de aire y generando variaciones en la temperatura, lo que repercute negativamente en la calidad del producto.

Por otro lado, el suministro ineficiente de aires especiales puede comprometer el desempeño de los equipos, ocasionando fallos prematuros, mayor desgaste de los componentes y, en consecuencia, un incremento en los costos de mantenimiento y reparaciones. Asimismo, el incumplimiento de los parámetros técnicos de ventilación y extracción puede representar un riesgo para la seguridad del personal, al aumentar la posibilidad de acumulación de gases o condiciones ambientales inadecuadas dentro del área de trabajo.

Dado este contexto, resulta fundamental diseñar e implementar un sistema optimizado de extracción y suministro de aires especiales para las secadoras, garantizando un flujo de aire eficiente y controlado que permita maximizar la eficiencia operativa, reducir costos energéticos y de mantenimiento, y asegurar el cumplimiento de los estándares de seguridad industrial. Para ello, es necesario llevar a cabo un análisis detallado de los requerimientos técnicos de los equipos, las condiciones del entorno y las normativas aplicables, con el fin de desarrollar una solución integral y sostenible.

Justificación

En el proceso de fabricación, la eficiencia operativa es un factor clave para garantizar la productividad y competitividad de la empresa. Sin embargo, la presencia de tiempos muertos derivados de fallas en los equipos de secado representa un desafío significativo, ya que impacta directamente en la continuidad de la producción, el cumplimiento de los planes de manufactura y los costos operativos.

Las interrupciones en esta etapa del proceso pueden generar retrasos en la entrega del producto final, afectando los niveles de inventario y la satisfacción del cliente. Además, las fallas recurrentes en los equipos de secado pueden ocasionar un incremento en los costos de mantenimiento correctivo y en el consumo de recursos, reduciendo la eficiencia global de la línea de producción.

Por lo tanto, es fundamental analizar las causas raíz de estos tiempos muertos y proponer estrategias de mejora que permitan optimizar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos. Esto contribuirá a incrementar la eficiencia del proceso, minimizar pérdidas económicas y fortalecer la capacidad operativa de la empresa, asegurando el cumplimiento de los estándares de calidad y productividad establecidos.

Objetivo general

Implementar un sistema eficiente de gestión del flujo de aire en la zona de secadoras con el propósito de optimizar el rendimiento y la eficiencia operativa de los equipos. Esto se logrará mediante el análisis y ajuste de las condiciones de ventilación, asegurando una distribución uniforme del aire y evitando posibles deficiencias que puedan afectar el desempeño del sistema. Además, se busca reducir el consumo energético y prolongar la vida útil de los equipos, garantizando un ambiente adecuado para su funcionamiento.

Objetivos específicos

- ✚ Diseñar un sistema de flujo de aire en la zona de secadoras que cumpla con los requerimientos técnicos específicos de los equipos, garantizando su óptimo desempeño y prolongando su vida útil.
- ✚ Considerarán criterios clave como la capacidad operativa, la eficiencia energética y la compatibilidad con los estándares de la industria.
- ✚ Realizar un enfoque en la viabilidad económica, asegurando un balance adecuado entre costo y rendimiento.
- ✚ Priorizar las normativas y medidas de seguridad industrial para minimizar riesgos operativos y garantizar un entorno de trabajo seguro para el personal.

Alcances y limitaciones

ALCANCES

I. Diseño del sistema de ventilación y extracción

Desarrollo de un sistema eficiente de suministro y extracción de aire para la zona de secadoras, basado en los requerimientos técnicos de los equipos y las condiciones ambientales del entorno.

Implementación de un diseño que optimice el flujo de aire, garantizando una distribución homogénea y eficiente.

II. Selección de equipos y materiales

Evaluación y elección de ventiladores, ductos, filtros y otros componentes esenciales que cumplan con los estándares de calidad, eficiencia energética y normativas de seguridad industrial.

Consideración de materiales resistentes a condiciones de humedad, temperatura y agentes externos presentes en el proceso de secado.

III. Evaluación de eficiencia operativa

Análisis del impacto del sistema en el desempeño de los secadores, asegurando que se cumplan los parámetros de flujo de aire, temperatura y presión requeridos.

Medición y optimización del consumo energético para reducir costos operativos sin comprometer la eficiencia del sistema.

IV. Cumplimiento normativo y seguridad industrial

Implementación de medidas de seguridad en el diseño del sistema para evitar riesgos como acumulación de calor, generación de presión excesiva o fallas en la extracción de aire.

Aseguramiento del cumplimiento de normativas ambientales y de seguridad vigentes, reduciendo el impacto ambiental y garantizando un entorno seguro para el personal.

V. Instalación y puesta en marcha

Supervisión del proceso de instalación del sistema para garantizar su correcta implementación y funcionamiento.

Pruebas operativas para verificar la eficacia del sistema y realizar los ajustes necesarios antes de su operación continua.

LIMITACIONES

I. Restricciones presupuestarias

El proyecto deberá ajustarse a un presupuesto previamente definido, lo que podría limitar la selección de ciertos equipos o tecnologías de alto costo.

II. Condiciones estructurales y espaciales

La viabilidad del diseño estará condicionada por el espacio disponible en la zona de secadoras, lo que podría requerir adaptaciones en la distribución del sistema de ductos y ventilación.

III. Factores ambientales y operativos

Posibles variaciones en las condiciones ambientales, como temperatura, humedad y presión, que podrían afectar la eficiencia del sistema y requerir ajustes adicionales.

Interferencias con otros procesos industriales en el área, lo que podría generar restricciones en la instalación y operación del sistema.

IV. Tiempo de implementación

La instalación y puesta en marcha del sistema deben realizarse en un período determinado para minimizar interrupciones en la producción, lo que podría limitar la posibilidad de realizar pruebas exhaustivas antes de la operación final.

V. Dependencia de proveedores y disponibilidad de materiales

La adquisición de equipos y componentes dependerá de la disponibilidad en el mercado, lo que podría generar demoras en la implementación o la necesidad de buscar alternativas compatibles.

Capítulo 1.- Marco teórico

1.1 Introducción a las secadoras de aire

Todo proceso de compresión de aire tendrá siempre presencia de agua o humedad. Muchas herramientas y equipos, así como procesos y aplicaciones que requieren aire comprimido, no pueden resistir la presencia de este elemento. Agua o humedad en un sistema de aire comprimido puede generar corrosión, lo que arruinaría un equipo; o bacterias, lo que afectaría la calidad del aire. (Atlas Copco, 2017)

1.2 ¿Qué es un secador de aire comprimido?

Un secador de aire comprimido es una máquina que reduce significativamente el contenido de humedad en el aire del ambiente o en el caudal de aire. Los secadores de aire ayudan al tratamiento del aire comprimido, haciendo que sea más limpia y la humedad no genere mayor corrosión en los equipos o conexiones neumáticas. (eacsa, 2017)

1.2.1 Partes principales de un secador de aire

1. Intercambiador de calor.
2. Control por microprocesador con un interfaz gráfico.
3. Ventilador de velocidad variable
4. Compresor (refrigerante R134A)
5. Válvula de drenaje

En la ilustración 1 se puede observar las partes principales de un secador frigorífico Ingersoll Rand. Imagen recuperada de: <https://ingercomponentes.com/secadores-frigorificos-refrigerados/>



Ilustración 1 - Partes principales de un secador de aire

1.2.2 Tipos de secadores

✚ Secadores refrigerantes.

Cíclicos.

No cíclicos.

✚ Secadores desecantes

La diferencia principal entre cada tipo de secador es el agente colocado dentro de la máquina para secar el aire entrante.

1.3 Secadores refrigerativos

(eacsa, 2017). De todos los secadores de aire comprimido, los secadores refrigerantes son el tipo más popular y generalizado. Fiel a su nombre, este secador funciona de manera similar a los refrigeradores caseros en que se emplea un proceso de enfriamiento que evita la humedad. La principal diferencia son los objetos o elementos que se enfrían, ya que mientras que un refrigerador de cocina se enfría y conserva los alimentos perecederos y bebidas, un secador de aire refrigerado mantiene la calidad del aire en un sistema de aire comprimido.

En un secador refrigerante, el aire comprimido se enfría a unos 35 grados Fahrenheit (1.666 ° Celsius). Después de que el aire haya pasado a través de la válvula de entrada, la humedad es extraída y drenada, y el aire recién secado es recalentado por el aire entrante. Al final de cada ciclo, el aire comprimido que se produce tiene un punto de rocío dentro de un rango de 35 a 40 grados Fahrenheit. En general, el proceso de un secador refrigerativo crea un ambiente de trabajo con menor humedad eliminando los contaminantes y el efecto corrosivo de la misma.

En un secador refrigerante no-cíclico, el refrigerante circula perpetuamente dentro de la máquina. Esto permite respuestas rápidas a los cambios en la carga, ya sea baja o alta densidad de humedad dentro del aire entrante. El flujo del refrigerante se regula con una válvula de derivación o descarga. En la mayoría de las unidades, el refrigerante es condensado por un intercambiador de calor después de que el proceso de compresión ha completado un ciclo.

En la ilustración 2 se observa de manera más específica de como se ve un secador refrigerante no cíclico. Imagen recuperada de: <https://energiaenaire.com.mx/tipos-secadores-aire-comprimido/>



Ilustración 2 - Secador refrigerante no ciclado

Los secadores refrigerante cíclicos utilizan refrigerante para enfriar una masa de glicol o de aluminio, que rodea el paso de aire. A continuación, el aire comprimido se enfría mediante un dissipador de calor controlado por termostato.

1.3.1 Ventajas y desventajas de cada tipo

- i. Ventajas de los secadores de refrigerante en general:
 - ✚ Fácil de instalar.
 - ✚ Fácil y económica de operar.
 - ✚ Bajos costos de mantenimiento
 - ✚ Resistente a las partículas de aceite suspendidas en el aire.

- ii. Desventajas de los secadores de refrigerante en general:
 - ✚ Capacidad mínima de punto de rocío.
- iii. Ventajas de los secadores refrigerantes no-cíclicos:
 - ✚ Punto de rocío constante
 - ✚ Funcionamiento continuo
- iv. Desventajas de los secadores refrigerantes no-cíclicos:
 - ✚ No conservan la energía durante flujo menor de aire.
- v. Ventajas de los secadores refrigerante cíclicos:
 - ✚ Conservan energía durante el flujo de aire bajo
- vi. Desventajas de los secadores refrigerante cíclicos:
 - ✚ Punto de rocío variable.
 - ✚ Más grande y pesado debido al disipador de calor.
 - ✚ Costos de mantenimiento más altos

1.4 Secadores desecantes

Los secadores que utilizan agentes desecantes para secar el aire comprimido emplean un proceso conocido como adsorción, que es distinto de la absorción. La diferencia podría describirse como sigue:

- ✚ Adsorción: la humedad se adhiere al desecante sin disolverse
- ✚ Absorción: la humedad es absorbida por un agente secante.

En términos de secadores, la palabra “deseccante” se refiere no sólo a un tipo, sino a una categoría seleccionada de secadores que se denominan alternativamente secadores de adsorción y secadores regenerativos (véase la ilustración 3). Los secadores desecantes obtienen su nombre del agente de secado higroscópico contenido en el interior.

Imagen recuperada de: <https://energiaenaire.com.mx/tipos-secadores-aire-comprimido/>



Ilustración 3 - Secador desecante regenerativo

Básicamente, un secador de desecante funciona de la siguiente manera:

- i. El aire comprimido se envía a través de un recipiente que contiene un par de torres, las cuales se llenan con un cierto agente de secado, gel sílice o alúmina activada.
- ii. El agente de secado aspira la humedad del aire comprimido a través del proceso de adsorción. A medida que esto continúa, el agente desecante se satura.
- iii. El proceso de secado cambia de una torre a otra, y el aire comprimido dentro del sistema sopla el material desecante seco.

En los secadores desecantes regenerativos que no utilizan calor, los calentadores no están presentes interna o externamente. A 100 psig (libras por pulgada cuadrada de calibre), un secador de este tipo tendrá generalmente una puntuación de punto de rocío de menos 40 grados Fahrenheit, aunque a veces el punto de rocío puede caer tan bajo como menos 100 grados.

En secadores desecantes reactivados por calor, un calentador puede ser parte del sistema, interna o externamente. Con un calentador interno, se necesita menos aire de purga para el proceso regenerativo. En los secadores desecantes que utilizan calentadores externos, el aire de purga calentado representa hasta el 10 por ciento del flujo de aire de la secadora. A menudo se necesita un filtro coalescente para proteger el agente desecante de la contaminación por aceite.

1.4.1 Ventajas y desventajas

i. Ventajas de los secadores desecantes regenerativos:

-  Puntos de rocío bajos
-  Costos de operación razonables.
-  Para ambientes extremos o peligrosos.

ii. Desventajas de los secadores de desecantes regenerativos:

-  Costo de instalación alto.
-  El desecante debe ser reemplazada cada tres a cinco años
-  Las partículas de aceite en el aire pueden degradar el agente desecante sin filtración adecuada.
-  A menudo se requiere realizar purgas.

1.5 ¿Cuándo y por qué se necesita un secador de aire?

El uso de un secador de aire comprimido para casi todas las aplicaciones. Esto se debe a que el proceso de compresión del aire genera condensación (agua). Esta tiene un efecto dañino en su red de aire comprimido, además de afectar sus máquinas y/o herramientas. El uso de un secador de aire comprimido es necesario para proteger su producción. (Chicago Pneumatic, 2022)

La abundancia de agua y la condensación en el flujo de aire pueden causar mucho daño a su equipo y producción. El agua en el sistema de aire comprimido puede:

- ✚ Causar corrosión y herrumbre en calderas y tuberías.
- ✚ Contaminar el aceite y lubricante en herramientas neumáticas y cilindros.
- ✚ Causar congestión y niebla en superficies rociadas con aire comprimido.

Un secador de aire comprimido elimina el agua condensada no deseada, proporcionándole aire seco, además de prevenir la formación de óxido y corrosión.

1.6 ¿Cómo funciona un secador de aire comprimido?

El secador de aire comprimido elimina la humedad generada durante la compresión. Al comprimir el aire, su contenido de agua varía según la temperatura, humedad y presión. En un ambiente cálido y húmedo, se genera más agua, mientras que, al aumentar la presión, el aire retiene menos humedad. (Atlas Copco, 2017)

En la ilustración 4 se observa el proceso por el cual pasa el aire comprimido y la manera en que el secador influye para cumplir su objetivo. Imagen recuperada de: <https://solucionesencompresores.com/categoria-producto/secadores/>

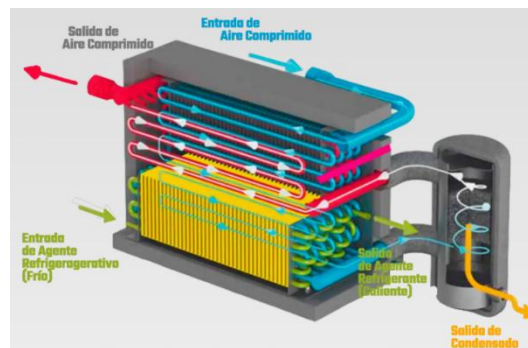


Ilustración 4 - Funcionamiento de un secador refrigerativo.

1.7 Importancia del mantenimiento adecuado a una secadora de aire

El mantenimiento regular de secadores refrigerativos es crucial para optimizar la eficiencia operativa y prolongar la vida útil de estos equipos.

Al abordar problemas como fugas y desgaste prematuro, se logra un ahorro significativo de energía, asegurando al mismo tiempo la calidad del aire comprimido esencial para diversas aplicaciones industriales.

Este enfoque preventivo no solo reduce los costos de reparación al corregir problemas menores antes de que se conviertan en fallas mayores, sino que también garantiza el cumplimiento de normativas, promoviendo un entorno laboral seguro y eficiente. (Soluciones en compresores, 2019)

Optimización de la eficiencia.

Con el tiempo, los conductos de aire y las superficies internas pueden acumular suciedad, polvo y residuos, lo que puede afectar el flujo de aire y la transferencia de calor. Esto puede disminuir la eficiencia del secador y aumentar el consumo de energía. Al limpiar y mantener regularmente los componentes, así como reemplazar piezas desgastadas, se puede optimizar el rendimiento del secador y reducir los costos operativos. (SCHEMIN, 2023)

Prolongación de la vida útil.

El mantenimiento de secadores contribuye a prolongar la vida útil de los secadores industriales. La inspección regular permite identificar y abordar problemas potenciales antes de que se conviertan en fallas mayores. Además, la lubricación adecuada, el ajuste y el reemplazo oportuno de piezas desgastadas ayudan a prevenir daños adicionales y garantizan un funcionamiento confiable a largo plazo. Esto se traduce en un mejor retorno de la inversión y evita costosas interrupciones en la producción debido a fallas del equipo. (SCHEMIN, 2023)

Menores tiempos de inactividad.

Un compresor que no ha tenido un mantenimiento regular no funcionará de la mejor manera. La contaminación filtros bloqueados o aceite sin cambiar podría estar impidiendo que tu compresor funcione como debería. ¿El resultado? Menor rendimiento, mayor consumo de energía, reducción de la vida útil del compresor y un incremento en la producción de emisiones hacia el ambiente. (Atlas Copco, 2017)

1.8 Actividades para efectuar un mantenimiento preventivo a secador de aire

Este proceso ayuda a prevenir daños en equipos y garantiza la calidad del aire comprimido, mejorando así la eficiencia y durabilidad de las herramientas y maquinaria neumática. (Soluciones en compresores, 2019)

i. Limpieza de condensador

-  Apague el secador y desconéctelo.
-  Utilice un cepillo suave o aire comprimido para eliminar el polvo y los residuos acumulados en el condensador.
-  Asegúrese de que las aletas del condensador estén libres de obstrucciones.

ii. Alineado de serpentín:

-  Inspeccione visualmente el serpentín del secador.
-  Alinee cualquier desviación detectada.
-  Verifique que no haya obstrucciones que puedan afectar el flujo de aire.

iii. Recarga de gas (de acuerdo con el fabricante)

- ✚ Si el sistema muestra una disminución en la capacidad de enfriamiento, realice una recarga de gas refrigerante según las especificaciones del fabricante.
- ✚ Contrate a un profesional certificado para llevar a cabo esta tarea si no tiene experiencia en el manejo de refrigerantes.

iv. Limpieza general

- ✚ Realice una limpieza general del exterior del secador.
- ✚ Elimine polvo y suciedad que puedan afectar el rendimiento.

v. Limpieza del sistema eléctrico

- ✚ Apague el secador y desconéctelo.
- ✚ Limpie los componentes eléctricos con cuidado, asegurándose de no dañar conexiones ni cables.
- ✚ Verifique la integridad de los componentes eléctricos.

vi. Retorqueo del secador

- ✚ Verifique los puntos de fijación del secador.
- ✚ Retorque las conexiones según las especificaciones del fabricante.
- ✚ Asegúrese de que todas las conexiones estén seguras y sin fugas.

vii. Chequeo de válvulas

- ✚ Apague el secador y desconéctelo.
- ✚ Limpie los componentes eléctricos con cuidado, asegurándose de no dañar conexiones ni cables.
- ✚ Verifique la integridad de los componentes eléctricos.

viii. Revisión de fugas

-  Realice una inspección detallada en busca de posibles fugas en tuberías y conexiones.
-  Utilice un detector de fugas si es necesario.
-  Repare cualquier fuga encontrada y vuelva a verificar la integridad del sistema.

1.9 Métodos comunes de enfriamiento para cuarto de máquinas

1.9.1 Ventilación forzada

La ventilación es esencial para mantener la calidad del aire en interiores, especialmente en entornos donde la ventilación natural es insuficiente. En este artículo, exploraremos a fondo los sistemas de ventilación forzada, sus principios, aplicaciones y beneficios.

Extracción de aire industrial

(David M. UCERSA, 2024) La extracción de aire industrial es otra forma de llamar a la ventilación forzada, aunque no es lo mismo, ya que se encarga exclusivamente de la evacuación del aire de la industria. Elimina contaminantes como gases, humos, vapores y olores de los espacios de trabajo cerrados. Mejora la calidad del aire, pero también previene la acumulación de humedad y otros elementos nocivos que pueden comprometer la salud de los trabajadores y la seguridad de la maquinaria.

Estos sistemas de extracción, como los extractores de aire industriales, permiten una renovación constante del aire, asegurando un ambiente libre de contaminantes. La instalación de estos sistemas, que puede incluir ventiladores, conductos, filtros y accesorios especializados, que deben ser mantenidos durante su uso.

¿Qué es la ventilación forzada?

La ventilación forzada es un proceso mediante el cual se suministra o extrae aire de un espacio específico utilizando dispositivos mecánicos, como ventiladores. A diferencia de la ventilación natural, que depende de factores como la dirección del viento, la ventilación forzada se utiliza cuando la ventilación natural es insuficiente o no puede mantener condiciones óptimas en un espacio determinado.

Principios de la ventilación forzada

Al implementar un sistema de ventilación forzada, se deben seguir algunos principios clave para garantizar su eficacia:

-  Asegurarse de que la ventilación natural no es posible o insuficiente.
-  Evitar zonas de flujo muerto.
-  Compensar las salidas de aire con entradas correspondientes.
-  Evitar corrientes de aire no deseadas.
-  Utilizar movimientos naturales de contaminantes, especialmente en zonas calientes.
-  Preferir instalaciones con inyección y extracción mecánica.

Aireación forzada y sus aplicaciones

La ventilación forzada se aplica en una variedad de entornos, siendo crucial en industrias donde la contaminación ambiental y la higiene ocupacional son preocupaciones. Se divide en dos categorías:

a) Ventilación forzada general

Este enfoque busca proporcionar una cantidad adecuada de aire y mantener una distribución homogénea en el espacio. Controla los niveles de calor, extrae gases contaminantes y diluye partículas generadas por procesos industriales.

b) Ventilación por extracción localizada

Cuando los problemas de contaminación son específicos en ciertas áreas, la ventilación por extracción localizada se utiliza para dirigirse a fuentes particulares de contaminantes, mejorando la eficiencia y reduciendo costos.

Principios de Funcionamiento de la ventilación y extracción industrial

La ventilación forzada y la extracción industrial funciona mediante la introducción de aire filtrado desde el exterior y la extracción del aire viciado del interior. Los pasos básicos incluyen:

-  Los ventiladores recogen aire del exterior.
-  El aire se filtra para eliminar partículas.
-  El aire filtrado se introduce en el espacio interior.
-  El aire viciado se expulsa hacia el exterior.

Tipos de sistemas de ventilación forzada

Existen diversas variantes de sistemas de ventilación forzada, adaptadas a diferentes necesidades y entornos. Algunas de ellas incluyen:

Extractores axiales o helicoidales

Estos extractores son potentes y capaces de mover grandes volúmenes de aire. Trabajan con pérdidas de carga mínimas y son ideales para naves diáfanas. Véase la ilustración 5.

Imagen recuperada de: <https://nakomsa.com/esp/item/807/index.php>



Ilustración 5 – Extractor helicoidal

Extractores centrífugos

Utilizan la fuerza centrífuga para generar presión de aire y se recomiendan para naves divididas en distintas estancias debido a su capacidad para trabajar con pérdidas de carga elevadas. Véase la ilustración 6.

Imagen recuperada de: <https://www.climatecnica.com/extractores-centr-fugos-series-ra-rb.72.35.html>



Ilustración 6 – Extractor centrífugo

Climatizador evaporativo

Este sistema tiene una doble función: ventila y mantiene la temperatura estable. Es ideal para naves donde se trabaja a altas temperaturas y se generan sustancias nocivas. Véase la ilustración 7.

Imagen recuperada de: <https://www.masterfans.com/products/prontocool-30>



Ilustración 7 - Climatizador evaporativo

Normativa y ventilación forzada

La normativa actual, como el Código Técnico de la Edificación (CTE), ha incrementado las exigencias en nuevas construcciones, promoviendo la eficiencia energética. Esto ha llevado a una mayor necesidad de sistemas de ventilación forzada en edificaciones herméticas.

1.9.2 Aire acondicionado

¿Qué es un sistema de aire acondicionado tipo industrial?

(SDIndustrial, 2017) Un aire acondicionado industrial es un sistema de climatización o refrigeración centralizado, que tiene un sofisticado sistema de conductos que permite distribuir el aire fresco.

Este sistema es similar al que encontramos en los hogares, pero a un nivel mucho más grande porque debe tener la capacidad de trabajar en ambientes muy grandes. Dentro del sistema de conductos, hay deflectores y controles para facilitar la distribución del frío por toda la fábrica.

Es importante instalar termostatos dentro de toda la propiedad para controlar la temperatura en cada una de las zonas. Los sistemas de aire acondicionado de tipo industrial cuentan con tecnología de última generación para monitorear su funcionamiento.

Además, tienen sensores para asegurar que tanto la temperatura como la humedad sean óptimas. En ocasiones, tienen la capacidad también para controlar la calidad del aire.

Muchos de estos sistemas ventilan aire frío desde el interior de la propiedad y lo reemplazan con aire externo cada dos horas. Esto lo hacen para asegurar que los niveles de contaminantes internos se mantengan bajos.

¿Para qué sirve un aire acondicionado industrial?

El funcionamiento de un aire acondicionado industrial no difiere demasiado al de uno doméstico. Se utiliza para climatizar ambientes, procesando continuamente el aire para que el clima interior sea óptimo.

Estos artefactos sirven para que todas las zonas de una fábrica tengan una temperatura agradable durante el verano, momento en que el calor puede ser agobiante. El aire acondicionado mejora la comodidad de los trabajadores, quienes podrán llevar a cabo sus labores sin padecer las altas temperaturas.

Además, este tipo de sistemas protegen el equipamiento industrial frente al calor, que si es extremo puede dañar la maquinaria. Por último, un aire acondicionado sirve para mantener bajos los niveles internos de contaminantes porque renueva constantemente el aire interno de la fábrica.

En la ilustración 8 se aprecia el principio de un aire acondicionado y cuál es el ciclo que este realiza para poder cumplir con su objetivo de funcionamiento.

Imagen recuperada de: <https://www.masferreteria.com/blog/como-functiona-el-aire-acondicionado/>

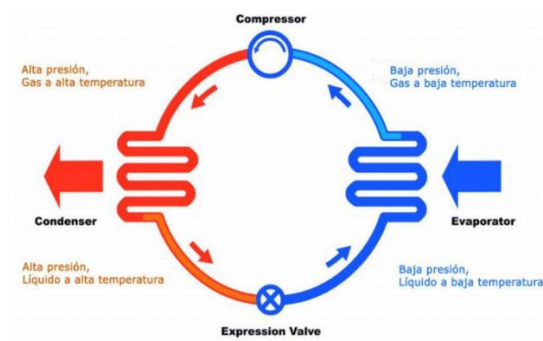


Ilustración 8 - Principio del aire acondicionado

Tipos de aire acondicionado industrial

Existen tres tipos de aire acondicionado industrial: unidades tipo paquete, chillers y Sistemas de Volumen Refrigerante Variable (VRF).

a) Unidades tipo paquete

Las unidades paquete de aire acondicionado son los artefactos más pequeños y los solemos encontrar en viviendas particulares, locales comerciales y restaurantes.

Contienen los cuatro elementos del circuito de refrigeración básico (condensador, evaporador, compresor y elemento de expansión).

Deben instalarse en el exterior para que tomen el aire del ambiente de la mejor manera y, además, expulsen el calor de las zonas enfriadas.

La colocación de este aire suele ser sencilla, ya que sólo requieren de ductos y rejillas para poder distribuir el aire en el interior.

Para comprender de una manera más explícita, en la ilustración 9 se ejemplifica un aire acondicionado de tipo paquete. Imagen recuperada de: <https://paquetesdeaireacondicionado.com/aire-acondicionado-tipo-paquete>



Ilustración 9 – Aire acondicionado tipo paquete

b) Sistemas de Volumen Refrigerante Variable (VRF)

Los equipos conocidos como VRF (por sus siglas en inglés) permiten climatizar grandes superficies con costos energéticos mínimos y baja emisión de dióxido de carbono.

Cuentan con un mecanismo que utiliza el aire exterior para evaporar – calor – o condensar – frío – el gas refrigerante, el cual se distribuye por las tuberías para llegar a los diferentes espacios. Véase la ilustración 10.

Por tener la capacidad de climatizar ambientes grandes sin necesidad de un elevado costo energético, los sistemas de volumen refrigerante variable resultan una muy buena opción para instalar en fábricas.

Imagen recuperada de: <https://gercoastur.es/sistemas-de-volumen-de-refrigerante-variable/>



Ilustración 10 – Sistemas de Volumen Refrigerante Variable (VRF)

c) Chillers

Se trata de una Unidad Generadora de Agua Helada (UGAH) que tiene la capacidad de almacenar agua fría en tanques, cualidad que asegura tener la facultad para climatizar grandes espacios de manera óptima en días de agobiante calor.

Este tipo de sistema de refrigeración es extremadamente utilizado en edificios e industrias porque son artefactos que climatizan muy bien ambientes espaciosos.

Cabe destacar que el costo de un aire acondicionado va a depender de sus características específicas (por ejemplo, si sólo tiene capacidad de enfriar o si también funciona como calefacción, los metros cuadrados que es capaz de cubrir, la manera en que filtra el aire, etc.). véase la ilustración 11.

Imagen recuperada de: <https://blog.resurtidora.mx/equipos-chillers-york-solucion-para-tu-empresa>



Ilustración 11 – Aire acondicionado tipo chiller

Beneficios del aire acondicionado

i. Comodidad, salud y seguridad

Tener un aire acondicionado en la fábrica será de gran ayuda para que los trabajadores estén cómodos durante la jornada laboral.

En días de agobiante calor, es normal que la productividad baje a causa de la incomodidad que genera. Además, trabajar en ambientes cerrados con temperaturas muy altas puede causar problemas de salud para la plantilla.

También es importante remarcar que el aire acondicionado reduce los niveles de humedad en los ambientes, evitando así la proliferación de moho y bacterias.

ii. Protección de los equipos

Las altas temperaturas pueden causar serios desperfectos en las máquinas, cuyo arreglo puede ser sumamente costoso.

Por esta razón, generar un ambiente agradable será de gran ayuda para evitar el sobrecalentamiento de los equipos.

iii. Mayor productividad

Un aire acondicionado generará las condiciones propicias para que los trabajadores desarrollen sus tareas con mayor comodidad. En consecuencia, aumentará la productividad.

1.9.3 Minisplits

¿Qué es un aire acondicionado minisplit?

Cuando los sistemas de aire acondicionado están divididos en dos unidades, se utiliza el término split. La unidad que se coloca en el interior es la evaporadora y la exterior la condensadora. Ambas se comunican entre sí a través de diferentes conexiones eléctricas.

Un minisplit hace referencia a su tamaño más pequeño y compacto. Desde que apareció en el mercado, es el dispositivo favorito de gran parte de los usuarios, por lo que su demanda es muy elevada.

Estos equipos se dividen en dos partes, una que calienta y otra que enfría. Ambas están conectadas por tuberías y por un circuito eléctrico.

La unidad exterior contiene el compresor y un ventilador que hace que el aire llegue al condensador. De esta manera, se enfría el gas comprimido, que pasa a través de un serpentín de expansión y baja su presión, lo que reduce la temperatura del líquido refrigerante. La unidad interior es la que provoca el enfriamiento dentro del área.

¿Cuál es la diferencia entre un aire acondicionado tradicional y un minisplit?

Las principales diferencias entre un minisplit y un aire acondicionado clásico son las siguientes:

-  Al no disponer de conductos, el minisplit es más fácil de instalar.
-  Ofrece más variedad en el diseño de interiores. Puedes colocar este aparato suspendido en el techo o montado en un falso techo. Incluso existen modelos de pie.
-  Evita las pérdidas de energía asociadas a los conductos que sí tiene el aire acondicionado tradicional.

Mini Split inverter: ¿cómo funciona?

Un mini Split inverter transforma la corriente eléctrica alterna en directa y luego la convierte a alterna nuevamente mediante su sistema electrónico.

El compresor cuenta con un motor con el que se puede variar la velocidad en función de la cantidad de ciclos por segundo que le envíe el sistema inverter. Esta es una de las grandes diferencias de este sistema respecto a un aire acondicionado normal, ya que el compresor de este último siempre trabaja a la misma velocidad.

Con el sistema inverter puedes ahorrar entre un 30 y un 60 % de energía en comparación con los aires acondicionados convencionales. Esto se debe a que, cuanto más cerca se encuentre el área a enfriar, más lento girará el compresor. Por lo tanto, puede funcionar con solo el 55 o el 60 % de su capacidad.

Para poder comprender de una forma más clara del cómo es un mini Split inverter, se anexa una ejemplificación de ello. Véase la ilustración 12.

Imagen recuperada de: <https://climasinvertermonterrey.com/product/minisplit-inverter-mirage-magnum-22-de-1-tonelada-110v/>



Ilustración 12 - Mini Split inverter

Capítulo 2.- Descripción e importancia del estudio

2.1 Estudio de tiempo perdido por falla en los equipos de secado

Optimización de la eficiencia operativa

El área de secado es una de las etapas críticas en muchos procesos industriales, especialmente en la producción de papel, textiles, alimentos y productos farmacéuticos. Las fallas en esta etapa pueden representar fallas importantes, ya que suelen ser procesos continuos y de alto consumo energético. Un estudio de tiempos perdidos permite cuantificar con precisión los impactos negativos generados por las interrupciones, lo cual constituye el primer paso para abordarlas eficazmente.

Al identificar los patrones de falla y sus tiempos asociados, se pueden tomar decisiones informadas para:

- ✚ Mejorar los planes de mantenimiento preventivo o predictivo.
- ✚ Rediseñar partes del proceso o equipo para aumentar su confiabilidad.
- ✚ Justificar las inversiones en nuevas tecnologías o equipos más modernos.

Reducción de costos operativos: cada minuto de inactividad representa un costo tangible e intangible para la organización.

Los costos tangibles incluyen:

- ✚ Pérdida de producción.
- ✚ Desperdicio de energía durante arranques y paradas.
- ✚ Mano de obra adicional no planificada.

Los costos intangibles incluyen:

- ✚ Desgaste prematuro de los equipos debido a frecuentes ciclos de encendido y apagado.
- ✚ Disminución de la calidad del producto debido a interrupciones incontroladas.
- ✚ Pérdida de la confianza del cliente debido a retrasos en las entregas.

Un estudio de tiempo muerto permite cuantificar estos costos y, por lo tanto, facilita la priorización de recursos para evitar su recurrencia.

Contar con datos concretos sobre las fallas nos permite ir más allá de la intuición o las suposiciones y adoptar una gestión industrial basada en la evidencia. Esto respalda decisiones como:

- ✚ Reemplazar o rediseñar componentes específicos.
- ✚ Cambios en la programación del mantenimiento.
- ✚ Recapacitación del personal de operación o mantenimiento.

Además, los datos obtenidos del estudio pueden fundamentar sistemas de mejora continua como TPM (Mantenimiento Productivo Total).

Cumplimiento Normativo y Auditorías

Muchas industrias están sujetas a normativas de calidad (**ISO 9001**), medioambientales (**ISO 14001**) o de seguridad (**ISO 45001**) que exigen el control de la eficiencia de los procesos y los planes de mantenimiento. Un estudio de tiempo perdido puede formar parte de la documentación de apoyo para:

- ✚ Auditorías internas o externas.
- ✚ Programas de mejora continua.
- ✚ Justificación de las acciones correctivas o preventivas.

ISO 9001:2015 - Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos

Determina los requisitos para un Sistema de Gestión de la Calidad, que pueden utilizarse para su aplicación interna por las organizaciones, sin importar si el producto y/o servicio lo brinda una organización pública o empresa privada, cualquiera que sea su rama, para su certificación o con fines contractuales. (ISO, 2015)

ISO 14001:2015 - Sistemas de gestión ambiental — Requisitos con orientación para su uso

Esta norma de Sistemas de Gestión Ambiental (SGA) consigue que las empresas puedan demostrar que son responsables y están comprometidas con la protección del medio ambiente. (ISO , 2015)

2.2 Estudio en el comportamiento de temperaturas del cuarto de máquinas

I. Prevención de fallas y mantenimiento predictivo

El monitoreo constante de la temperatura ayuda a identificar tendencias que podrían provocar fallas por sobrecalentamiento. Equipos como motores, compresores y paneles eléctricos pueden experimentar un desgaste acelerado si operan en condiciones térmicas inadecuadas.

II. Eficiencia energética y reducción de costos

Una sala de máquinas con altas temperaturas aumenta el consumo de energía, ya que los sistemas de refrigeración y ventilación trabajan a un ritmo excesivo. Un control adecuado optimiza el consumo y reduce los costos operativos.

III. Seguridad y normativa del personal

Las altas temperaturas pueden representar riesgos para los operadores y técnicos que trabajan en el área. Además, la normativa ISO 50001 exigen condiciones adecuadas para la operación segura de los equipos industriales.

ISO 50001:2011(es) Sistemas de gestión de la energía — Requisitos con orientación para su uso.

(ISO, 2011) Esta Norma Internacional especifica los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía, con el propósito de permitir a una organización contar con un enfoque sistemático para alcanzar una mejora continua en su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y el consumo de la energía.

IV. Optimización del rendimiento del equipo

Las temperaturas fuera del rango recomendado pueden afectar la viscosidad de los lubricantes, causar expansión en los componentes mecánicos y perjudicar el rendimiento de los motores eléctricos y los sistemas hidráulicos.

V. Implementación de estrategias de control

Con base en el análisis de temperatura, se pueden diseñar estrategias como:

-  Mejoras en la ventilación y el aislamiento térmico.
-  Uso de sensores y monitoreo en tiempo real.
-  Automatización del sistema de refrigeración.

2.3 Calcular flujos y temperaturas de aire de acuerdo con el requerido en el cuarto de máquinas

El cuarto de máquinas es un espacio técnico crítico en instalaciones industriales, que alberga equipos esenciales como motores, bombas, compresores, generadores, tableros eléctricos, entre otros. Debido a la naturaleza de los equipos que alberga y a su funcionamiento continuo o intermitente, este espacio genera una carga térmica considerable que debe gestionarse adecuadamente para garantizar el funcionamiento seguro y eficiente de los sistemas.

Uno de los aspectos fundamentales del diseño y mantenimiento del cuarto de máquinas es el cálculo preciso del flujo de aire y el control de la temperatura, elementos clave para garantizar un entorno con control térmico. Una ventilación adecuada no solo protege los equipos, sino también al personal técnico, y cumple con las normativas de seguridad industrial y eficiencia energética.

Importancia del cálculo de aire

El cálculo de aire necesario en el cuarto de máquinas debe calcularse en función de la carga térmica total generada por los equipos en funcionamiento. Este cálculo es esencial por las siguientes razones:

I. Disipación del calor generado

Los motores eléctricos, compresores y otros equipos generan calor durante su funcionamiento. Sin una ventilación adecuada, este calor se acumula, elevando la temperatura ambiente, lo que puede causar:

- ✚ Fallo prematuro de componentes electrónicos y eléctricos.
- ✚ Reducción de la eficiencia de los equipos.
- ✚ Activación de sistemas de protección térmica y paradas no programadas.

II. Mantenimiento de condiciones ambientales óptimas

Los fabricantes de maquinaria especifican un rango de temperatura óptimo para el funcionamiento de sus equipos. Mantener estos parámetros garantiza:

- ✚ Longevidad de los activos.
- ✚ Operación estable y fiable.
- ✚ Reducción de las necesidades de mantenimiento correctivo.

III. Cumplimiento de normativas y estándares

Existen normas internacionales que establecen los requisitos mínimos de ventilación y temperatura para espacios técnicos. El cumplimiento de estas normas es vital para:

- ✚ Evitar sanciones de los organismos reguladores.
- ✚ Obtener certificaciones de calidad o sostenibilidad energética.
- ✚ Prevenir el riesgo de incendio o accidentes eléctricos.

Importancia del control de temperatura

Controlar la temperatura del aire dentro del cuarto de máquinas es un aspecto fundamental de la gestión térmica. Sus principales beneficios se destacan a continuación:

I. Protección de la infraestructura

Las altas temperaturas no solo afectan a los equipos activos, sino también a los elementos pasivos como conductos, aislamientos, materiales estructurales y cableado, que pueden deteriorarse más rápidamente si se exponen a calor constante.

II. Mejora del rendimiento energético

Cuando la temperatura ambiente se mantiene dentro del rango recomendado, los sistemas mecánicos y eléctricos funcionan de forma más eficiente. Esto se traduce en:

-  Reducción del consumo de energía.
-  Reducción de los costos operativos.
-  Mejora del rendimiento general del sistema.

III. Seguridad del Personal

Un entorno térmicamente adecuado reduce el estrés térmico del personal de mantenimiento o inspección, minimizando los riesgos de fatiga, errores humanos y accidentes laborales.

Calcular y controlar el flujo de aire y la temperatura en un cuarto de máquinas no es solo una recomendación técnica, sino una necesidad operativa y de seguridad. Una implementación adecuada protege equipos valiosos, garantiza la continuidad operativa, cumple con las normativas técnicas y reduce los costes de mantenimiento y energía.

Una ingeniería sólida en este ámbito refleja un compromiso con la eficiencia, la seguridad y la sostenibilidad de los procesos industriales.

2.4 Revisar con proveedor infraestructura necesaria

La correcta planificación y el cálculo de la infraestructura del cuarto de máquinas, según los requisitos específicos de los sistemas que albergará, no solo constituye una buena práctica de ingeniería, sino que también es esencial para garantizar la eficiencia operativa, la seguridad de las personas, la protección de los activos y la sostenibilidad del edificio.

Descripción general del cálculo de infraestructura

El cálculo de la infraestructura del cuarto de máquinas implica una serie de análisis técnicos, que incluyen:

- ✚ Espacio físico adecuado: dimensiones y distribución para albergar los equipos y permitir un mantenimiento accesible y seguro.
- ✚ Capacidad estructural: cálculo de las cargas estáticas y dinámicas para soportar el peso de los equipos y las vibraciones.
- ✚ Sistemas de ventilación y climatización: cálculo de los cambios de aire y el control de la temperatura para mantener condiciones óptimas de funcionamiento.
- ✚ Capacidad eléctrica: dimensionamiento de las fuentes de alimentación, protecciones, distribución eléctrica y energía de respaldo.
- ✚ Accesibilidad y logística: rutas de entrada y salida, y manejo seguro de los equipos.
- ✚ Normativa de seguridad: cumplimiento de los códigos locales e internacionales (ISO, entre otros).

Importancia de un cálculo adecuado

I. Garantía de operación continua

Una infraestructura inadecuada puede provocar sobrecargas del sistema, fallos prematuros de equipos críticos o interrupciones constantes. Un fallo en el cuarto de máquinas puede resultar en graves pérdidas económicas o, peor aún, en riesgos para la vida humana.

Un cálculo adecuado garantiza que cada componente funcione dentro de sus parámetros óptimos, reduciendo el riesgo de paradas no programadas.

II. Seguridad para el personal y las instalaciones

El cuarto de máquinas se presentan riesgos asociados a alta tensión eléctrica, temperaturas extremas, presión neumática y generación de gases. Un diseño sin un dimensionamiento adecuado puede provocar:

-  Incendios.
-  Explosiones.
-  Fugas de fluidos peligrosos.
-  Accidentes laborales graves.

Una ventilación adecuada, espacio suficiente para maniobras de emergencia, protección contra incendios y sistemas de monitoreo dependen de un cálculo detallado desde la etapa de diseño.

III. Eficiencia energética y reducción de costos operativos

Un cuarto de máquinas bien diseñada permite que los sistemas funcionen con mayor eficiencia.

- ✚ Una ventilación adecuada evita el sobrecalentamiento de los motores eléctricos, mejorando así su rendimiento.
- ✚ Un dimensionamiento eléctrico adecuado reduce las pérdidas por caída de tensión y mejora el factor de potencia.
- ✚ Un espacio suficiente para el mantenimiento preventivo reduce los costos de reparación y prolonga la vida útil de los activos.

Una inversión inicial en un diseño de infraestructura correctamente calculado se traduce en importantes ahorros operativos y de mantenimiento a largo plazo.

IV. Adaptabilidad y expansión futura

Un diseño que solo aborde las necesidades actuales puede quedar obsoleto rápidamente si se introducen nuevas cargas o equipos. Los cálculos de infraestructura deben contemplar márgenes de crecimiento razonables, tanto en capacidad instalada como en espacio físico, evitando rediseños costosos o limitaciones operativas en el futuro.

V. Cumplimiento normativo y legal

Muchos municipios y organismos reguladores exigen que los cuartos de máquinas cumplan con normativas específicas de diseño, seguridad y operación.

Un diseño basado en cálculos técnicos sólidos garantiza el cumplimiento normativo desde el inicio del proyecto.

Por consiguiente y dando razón al punto a tratar, en la tabla 1 se proporcionan factores que se deberán considerar a la hora de realizar un cálculo para dicha infraestructura.

Tabla 1 - Principales Factores a considerar en el cálculo

Factor	Aspecto evaluado	Importancia
Carga térmica	Cantidad de calor generado por los equipos.	Dimensionamiento de ventilación y climatización.
Carga estructural	Peso y vibraciones de los equipos.	Refuerzo de losas y cimentaciones.
Consumo eléctrico	Demanda de energía y distribución.	Diseño de tableros, transformadores.
Espacio funcional	Áreas de trabajo, mantenimientos y evacuación.	Seguridad y operatividad continua.
Condiciones ambientales	Humedad, polvo, gases.	Selección de equipos y materiales resistentes.

VI. Consecuencias de un cálculo deficiente

-  Saturación del espacio y necesidad de costosas renovaciones.
-  Fallos frecuentes de equipos debido al sobrecalentamiento o las vibraciones.
-  Incidentes de seguridad que ponen en riesgo la vida humana.
-  Ineficiencia energética con altos costos operativos.
-  Pérdida de certificaciones de calidad o seguridad industrial.

El cuarto de máquinas no debe considerarse simplemente un espacio auxiliar; es el corazón operativo de muchas instalaciones. Realizar un cálculo detallado y profesional de su infraestructura, de acuerdo con las necesidades actuales y futuras, es esencial para garantizar su funcionamiento eficiente, seguro y sostenible. Por lo tanto, debe tratarse con el mismo rigor técnico y estratégico que cualquier otra infraestructura crítica, con la participación de ingenieros especializados en mecánica, electricidad, ingeniería estructural y seguridad industrial.

2.5 Cotización

La cotización de materiales, equipos y servicios necesarios para el cuarto de máquinas es fundamental en la gestión de proyectos de mantenimiento, modernización o instalación de nuevos sistemas en instalaciones industriales o comerciales. Este proceso no debe tomarse a la ligera, ya que impacta directamente en la eficiencia operativa, la viabilidad económica del proyecto, la seguridad de las instalaciones y el cumplimiento de la normativa vigente.

I. Determinación precisa de las necesidades

Una cotización basada en los requisitos específicos en el cuarto de máquinas permite identificar con precisión los materiales, equipos, mano de obra y servicios necesarios. Esto implica comprender aspectos técnicos como:

-  Capacidad del sistema (bombas, compresores, enfriadores, etc.)
-  Condiciones de operación (presión, temperatura, humedad, cargas mecánicas)
-  Compatibilidad con los sistemas existentes
-  Normas de seguridad y medioambientales aplicables

II. Control y optimización de costos

Preparar una cotización completa permite comparar precios entre diferentes proveedores y seleccionar la opción con la mejor relación calidad-precio. Esto tiene un impacto positivo en:

-  Rentabilidad del proyecto
-  Previsión presupuestaria
-  Reducción de gastos imprevistos

Además, una cotización formal permite negociar condiciones de pago, descuentos por volumen, garantías extendidas y otros beneficios económicos.

III. Cumplimiento de regulaciones y normas técnicas

La sala de máquinas suele albergar sistemas críticos como, bombas contra incendio, compresores y otros, que deben cumplir con las regulaciones locales, nacionales e internacionales (por ejemplo, la norma NOM). Una cotización detallada garantiza que el equipo y los materiales seleccionados cumplan con estas normas, evitando sanciones legales o problemas operativos.

IV. Garantía de calidad y confiabilidad

Una cotización adecuada implica solicitar productos y servicios de marcas reconocidas o proveedores certificados, lo que garantiza:

-  Durabilidad del equipo
-  Reducción de fallas operativas
-  Fácil acceso a repuestos
-  Soporte técnico adecuado

Contar con equipos de calidad en el cuarto de máquinas reduce significativamente los costos de mantenimiento correctivo y el tiempo de inactividad.

V. Planificación eficaz del proyecto

Una cotización adecuada también proporciona la información necesaria para una correcta planificación y programación del trabajo. Permite definir:

-  Plazos de entrega
-  Plazos de ejecución
-  Recursos humanos y materiales necesarios
-  Secuencia de instalación o mantenimiento

Esto es vital para coordinar esfuerzos entre diferentes departamentos o contratistas, minimizando el impacto en las operaciones diarias.

VI. Reducción del riesgo operacional

El cuarto de máquinas es un área altamente crítica: una falla en sus sistemas puede afectar a todo el proceso industrial. Una correcta fijación de precios de equipos y servicios garantiza que se considere lo siguiente:

- ✚ Sistemas de respaldo o redundancia
- ✚ Soluciones para condiciones extremas
- ✚ Protocolos de seguridad
- ✚ Planes de contingencia

Esto protege tanto la infraestructura como al personal que trabaja en las instalaciones.

VII. Facilita la toma de decisiones

Un presupuesto bien preparado proporciona información clara y estructurada que ayuda a la empresa a:

- ✚ Aprobar presupuestos de manera informada
- ✚ Evaluar el retorno de la inversión
- ✚ Justificar gastos ante auditores internos o externos
- ✚ Definir estrategias de compra o financiación

En entornos industriales competitivos, tomar decisiones rápidas basadas en datos fiables marca la diferencia entre el éxito o el fracaso de un proyecto.

2.6 Tiempos y movimientos para instalación

La instalación de un sistema de aire acondicionado ya sea en entornos residenciales, comerciales o industriales, es una tarea que implica múltiples etapas, recursos humanos, herramientas especializadas y estrictas normas de seguridad. En este contexto, el seguimiento de tiempos y movimientos se convierte en una herramienta fundamental para optimizar los procesos, garantizar la eficiencia operativa y, sobre todo, garantizar la seguridad física del personal técnico involucrado.

El objetivo principal es eliminar desperdicios, reducir el esfuerzo innecesario, mejorar la productividad y aumentar la seguridad en el trabajo.

El estudio de tiempos y movimientos es una técnica de ingeniería que analiza:

-  Tiempo: Cuánto tarda un operador en realizar una tarea específica en condiciones normales.
-  Movimientos: Cuáles son los pasos o acciones físicas necesarias para realizar esa tarea.

I. Aplicación en la instalación de un sistema de aire acondicionado

Durante la instalación de un sistema de aire acondicionado, el seguimiento del tiempo y el movimiento permite:

- i. Planificación eficaz del trabajo
 -  Establecer un cronograma detallado de tareas (estructuras de anclaje, conductos, instalación de unidades, conexiones eléctricas, pruebas de funcionamiento, etc.)
 -  Asignar los recursos humanos y materiales adecuados a cada fase.
- ii. Optimización de recursos
 -  Minimizar el tiempo de inactividad y los desplazamientos innecesarios.
 -  Determinar la cantidad y el tipo de herramientas necesarias.
 -  Garantizar la disponibilidad de materiales en el momento y lugar adecuados.

iii. Mejora del rendimiento

-  Identificar cuellos de botella en el proceso.
-  Estandarizar los procedimientos de instalación para proyectos futuros similares.
-  Evaluar el rendimiento del personal técnico e identificar las necesidades de capacitación.

iv. Trazabilidad y control de calidad

-  Registrar los tiempos reales frente a los estimados.
-  Detectar desviaciones y corregirlas en tiempo real.
-  Garantizar el cumplimiento de las especificaciones técnicas del fabricante del sistema.

II. Consideraciones de Seguridad

La instalación de aire acondicionado implica trabajos en altura, manipulación de cargas pesadas, electricidad, gases refrigerantes y herramientas eléctricas. En este sentido, un adecuado registro de tiempo y movimiento contribuye directamente a la prevención de riesgos laborales, ya que permite:

i. Evaluar las condiciones ambientales.

-  Determinar si el espacio cumple con los requisitos mínimos de seguridad: iluminación, ventilación y espacio de trabajo.
-  Identificar y señalar los riesgos específicos.

ii. Cumplir con las regulaciones y procedimientos.

-  Aplicar las disposiciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-017-STPS (uso de EPP), NOM-002-STPS (prevención y protección contra incendios), NOM-029-STPS (trabajos en altura), entre otras regulaciones aplicables por región.

-  Asegurar el uso correcto del equipo de protección personal (arneses, guantes dieléctricos, gafas protectoras, botas con punta de acero, etc.).
 -  Supervisar que los dispositivos de bloqueo eléctrico y de liberación de presión estén instalados antes de trabajar.
- iii. Reducir la exposición al riesgo
-  Evitar que el técnico realice posturas forzadas o repetitivas durante periodos prolongados.
 -  Determinar los descansos adecuados según el tiempo estimado de cada actividad.
 -  Eliminar movimientos innecesarios que puedan causar fatiga o accidentes.

III. Herramientas tecnológicas de apoyo

Para el control profesional del tiempo y el movimiento, se utilizan herramientas como:

-  Registro digital del tiempo mediante software de gestión.
-  Mapas de procesos y diagramas de flujo.
-  Listas de verificación para el cumplimiento de la seguridad.
-  Dispositivos móviles o tabletas con acceso a planos, manuales técnicos e informes.
- 

El seguimiento de tiempo y movimiento no solo es útil para mejorar la productividad y la eficiencia durante la instalación de un sistema de aire acondicionado, sino que también es una herramienta estratégica para salvaguardar la seguridad del personal técnico. Al integrar esta metodología con un enfoque preventivo y en cumplimiento con la normativa vigente, la ejecución del proyecto es más ordenada, predecible y segura.

Este enfoque no solo reduce costos y tiempos de instalación, sino que también fortalece la cultura de seguridad en las organizaciones, algo especialmente valioso en entornos industriales donde los riesgos inherentes son mayores.

2.7 Verificación

La implementación de un sistema de aire acondicionado representa una inversión significativa en términos de confort, eficiencia energética y sostenibilidad en edificios residenciales, comerciales o industriales. Una vez finalizada la fase de instalación, es fundamental realizar una inspección posterior a la puesta en servicio, también conocida como puesta en servicio. Esta fase final es crucial para garantizar que el sistema funcione según los criterios de diseño, cumpla con la normativa vigente y opere de forma segura y eficiente.

La inspección posterior a la puesta en servicio es un proceso técnico sistemático que se realiza una vez finalizada la instalación de un sistema de aire acondicionado. Este proceso consiste en:

-  Inspección visual de los componentes instalados.
-  Verificación funcional del equipo.
-  Medición de parámetros operativos clave (temperaturas, presiones, consumo energético, caudales de aire, etc.).
-  Validación de los sistemas de control y regulación automatizados.
-  Revisión de la documentación técnica (planos, manuales, fichas técnicas, protocolos de prueba).
-  Identificación y corrección de desviaciones respecto al diseño o funcionamiento previstos.

Importancia de la verificación

I. Garantizar el cumplimiento del diseño

Durante la ejecución, pueden surgir modificaciones o errores que alteren el diseño original. La verificación permite verificar que el sistema instalado se ajuste fielmente a los planos y especificaciones técnicas del proyecto. Cualquier discrepancia detectada en esta etapa puede corregirse antes de la entrega final.

II. Garantizar la eficiencia energética

Un sistema mal instalado o desequilibrado puede resultar en un consumo excesivo de energía. La verificación permite ajustar el sistema para que funcione dentro de los parámetros óptimos, evitando sobrecargas del compresor, fugas de aire, pérdidas térmicas o ciclos de funcionamiento inadecuados.

III. Confirmar la calidad del aire interior

En aplicaciones donde el confort térmico y la calidad del aire son esenciales (oficinas, hospitales, laboratorios, etc.), se deben verificar condiciones como la renovación del aire, la filtración adecuada y el control de la humedad. Esto garantiza un ambiente saludable para los ocupantes.

IV. Detección temprana de fallas

Errores de instalación, conexiones defectuosas, fugas de refrigerante o fallas eléctricas pueden comprometer la seguridad y el funcionamiento del sistema. Detectarlos a tiempo previene costosas averías futuras, tiempos de inactividad y riesgos para el personal.

V. Cumplimiento normativo y contractual

La mayoría de los proyectos, especialmente los industriales o comerciales, requieren el cumplimiento de las normativas técnicas, de seguridad y ambientales. La verificación documenta que el sistema cumple con las normas locales e internacionales y también garantiza la aceptación formal del proyecto por parte del cliente o la autoridad supervisora.

Realizar una inspección posterior a la finalización de un proyecto no es una simple formalidad, sino un paso esencial para garantizar la calidad, la seguridad y la eficiencia del sistema. Esta etapa permite detectar desviaciones, optimizar el rendimiento y certificar la conformidad técnica del proyecto, garantizando así la satisfacción del cliente y prolongando la vida útil del sistema.

Capítulo 3.- Aportaciones

3.1 Estudio de tiempo perdido por falla en los equipos de secado

Motivo para la realización del estudio

El objetivo principal es identificar, clasificar y cuantificar las causas de la pérdida de eficiencia relacionada con las fallas de los equipos de secado. Este conocimiento permite:

- ✚ Visualizar el impacto real de las fallas en la producción en cuestión económica.
- ✚ Establecer prioridades de acciones correctivas.
- ✚ Facilitar la comunicación técnica con la gerencia y otras áreas involucradas.
- ✚ Desarrollar planes de mejora realistas y medibles.

En esta situación y con el fin de tener una mayor exactitud para el estudio en cuestión y con ayuda del asesor externo, se compartieron diversos factores que favorecerán a dicho estudio, por ende, en la ilustración 13, se podrán apreciar los PPM (pañales por minuto) que fabrica cada máquina de pañal; de TL1 a TL6.

PAÑAL		
TL01		
0 PPM	1360 ABAJO	
0.00 MD/H		
0.00 % MERMA		
100.00 % TP		
TL02		
915 PPM	39 ARRIBA	
1.73 % MERMA		
43.03 MD/H		
20.36 % TP		
TL03		
960 PPM	228 ARRIBA	
57.24 MD/H		
0.56 % MERMA		
0.00 % TP		
TL04		
0 PPM	18 ABAJO	
46.30 MD/H		
1.28 % MERMA		
18.56 % TP		
TL05		
1125 PPM	101 ARRIBA	
59.08 MD/H		
0.84 % MERMA		
11.52 % TP		
TL06		
980 PPM	171 ARRIBA	

Ilustración 13 - PPM de máquinas TL1, TL2, TL3, TL4, TL5 y TL6

Software y herramientas por implementar (Excel)

Para tener un enfoque más sistemático y con relación en la cuestión económica ocasionada por los tiempos muertos ocasionados por una ineficiencia en el aire. Se procederá a ejecutar una relación con respecto a los PPM (pañales por minuto) que puede generar cada máquina y así mismo relacionarlo con el tiempo bajo de producción; reiterándolo por la baja calidad de aire comprimido.

Por consiguiente, se realizará un estudio a mano del software Excel; teniendo en cuenta los factores ya antes mencionados, por ende, en la tabla 2, tabla 3, tabla 4, tabla 5, tabla 6 y tabla 7 se puede apreciar el factor tiempo / económico. Estos datos fueron compartidos directos de la empresa Kimberly-Clark de México S.A.B. de C.V. hacia el alumno en cuestión. Así mismo, este estudio se ejecutará en un periodo en específico, ya que, en el mes de Marzo de 2024 a Septiembre de 2024 se registraron una mayor elevación de

temperatura en el cuarto de máquinas. En cuestión del factor económico; se tomó en consideración los siguientes datos:

Precio sugerido al público:

40 Pz. - \$313

1 Pz. - \$7.83

Tabla 2 Máquina de pañal TL1 - Marzo de 2024 a Septiembre de 2024

Tiempo bajo	PPM	Total de pañales	Costo de pañal
9	750	6750	\$52818.75
5	750	3750	\$29343.75
7	750	5250	\$41081.25
29	750	21750	\$170193.75
6	750	4500	\$35212.5
5	750	3750	\$29343.75
6	750	4500	\$35212.5
26	750	19500	\$152587.5
21	750	15750	\$123243.75
5	750	3750	\$29343.75
2	750	1500	\$11737.5
10	750	7500	\$58687.5
6	750	4500	\$35212.5
6	750	4500	\$35212.5
4	750	3000	\$23475
4	750	3000	\$23475
3	750	2250	\$17606.25
5	750	3750	\$29343.75
34	750	25500	\$199537.5
2	750	1500	\$11737.5
9	750	6750	\$52818.75
9	750	6750	\$52818.75
4	750	3000	\$23475
5	750	3750	\$29343.75
9	750	6750	\$52818.75
24	750	18000	\$140850
3	750	2250	\$17606.25
58	750	43500	\$340387.5
7	750	5250	\$41081.25
10	750	7500	\$58687.5
Total			\$1,954,293.75

Tabla 3 - Máquina de pañal TL2 - Marzo de 2024 a Septiembre de 2024

Tiempo bajo	PPM	Total de pañales	Costo de pañal
5	915	4575	\$35799.375
6	915	5490	\$42959.25
8	915	7320	\$57279
23	915	21045	\$164677.125
35	915	32025	\$250595.625
5	915	4575	\$35799.375
21	915	19215	\$150357.375
5	915	4575	\$35799.375
2	915	1830	\$14319.75
6	915	5490	\$42959.25
5	915	4575	\$35799.375
7	915	6405	\$50119.125
6	915	5490	\$42959.25
12	915	10980	\$85918.5
30	915	27450	\$214796.25
5	915	4575	\$35799.375
10	915	9150	\$71598.75
Total			\$1,367,536.125

Tabla 4 - Máquina de pañal TL3 - Marzo de 2024 a Septiembre de 2024

Tiempo bajo	PPM	Total de pañales	Costo de pañal
26	960	24960	\$4195312
12	960	11520	\$90144
1	960	960	\$7512
41	960	39360	\$307992
3	960	2880	\$22536
9	960	8640	\$67608
9	960	8640	\$67608
Total			\$758,712

Tabla 5 - Máquina de pañal TL4 - Marzo de 2024 a Septiembre de 2024

Tiempo bajo	PPM	Total de pañales	Costo de pañal
3	950	2850	\$22301.25
1	950	950	\$7433.75
3	950	2850	\$22301.25
5	950	4750	\$37168.75
8	950	7600	\$59470
6	950	5700	\$44602.5
4	950	3800	\$29735
1	950	950	\$7433.75
3	950	2850	\$22301.25
12	950	11400	\$89205
1	950	950	\$7433.75
5	950	4750	\$37168.75
4	950	3800	\$29735
3	950	2850	\$22301.25
3	950	2850	\$22301.25
13	950	12350	\$96638.75
9	950	8550	\$66903.75
20	950	19000	\$148675
2	950	1900	\$14867.5
1	950	950	\$7433.75
9	950	8550	\$66903.75
1	950	950	\$7433.75
4	950	3800	\$29735
6	950	5700	\$44602.5
5	950	4750	\$37168.75
38	950	36100	\$282482.5
2	950	1900	\$14867.5
1	950	950	\$7433.75
1	950	950	\$7433.75
12	950	11400	\$89205
4	950	3800	\$29735
11	950	10450	\$81771.25
2	950	1900	\$14867.5
13	950	12350	\$96638.75
Total			\$1,605,690

Tabla 6 - Máquina de pañal TL5 - Marzo de 2024 a Septiembre de 2024

Tiempo bajo	PPM	Total de pañales	Costo de pañal
6	1125	6750	\$52818.75
6	1125	6750	\$52818.75
6	1125	6750	\$52818.75
25	1125	28125	\$220078.125
8	1125	9000	\$70425
10	1125	11250	\$88031.25
9	1125	10125	\$79228.125
9	1125	10125	\$79228.125
44	1125	49500	\$387337.5
8	1125	9000	\$70425
3	1125	3375	\$26409.375
9	1125	10125	\$79228.125
1	1125	1125	\$8803.125
8	1125	9000	\$70425
Total			\$1,338,075

Tabla 7 -Máquina de pañal TL6 - Marzo de 2024 a Septiembre de 2024

Tiempo bajo	PPM	Total de pañales	Costo de pañal
5	980	4900	\$38342.5
5	980	4900	\$38342.5
1	980	980	\$7668.5
2	980	1960	\$15337
5	980	4900	\$38342.5
7	980	6860	\$53679.5
24	980	23520	\$184044
18	980	17640	\$138033
11	980	10780	\$84353.5
10	980	9800	\$76685
Total			\$674,828

Al tener una ejemplificación del tiempo muerto y así mismo de las ganancias perdidas por cada máquina de pañal, se procederá a realizar una sumatoria del factor económico (véase la tabla 8). Por ende, con el presente proyecto se pretende minimizar dichas perdidas en el área de producción, ya que estas mismas presentan una pérdida enorme por dicha ineficiencia en el cuarto de máquinas.

Tabla 8 - Sumatoria del factor económico por cada máquina de pañal

Máquina de pañal	Factor económico
TL1	\$1954293.75
TL2	\$1367536.125
TL3	\$758712
TL4	\$1605690
TL5	\$1338075
TL6	\$674828
Total	\$7,699,134.875

3.2 Estudio en el comportamiento de temperaturas del cuarto de máquinas

El estudio del comportamiento de la temperatura en el cuarto de máquinas se realiza para garantizar el funcionamiento eficiente, seguro y continuo de los equipos que allí operan. Las salas de máquinas albergan sistemas electromecánicos críticos, como motores, bombas, compresores, paneles eléctricos y sistemas de control, que son muy sensibles a las variaciones térmicas.

Una temperatura alta o fuera del rango recomendado puede provocar sobrecalentamiento, reducción de la vida útil de los componentes, fallos prematuros o incluso riesgo de incendio. Además, las temperaturas excesivamente bajas también pueden afectar al funcionamiento de ciertos sistemas hidráulicos, neumáticos o electrónicos.

Este tipo de estudio permite identificar patrones térmicos, puntos críticos de acumulación de calor y deficiencias en la ventilación o el aislamiento. Esta información puede utilizarse para proponer mejoras en el sistema de climatización, la disposición de los equipos o estrategias de mantenimiento preventivo.

Razón de la contribución del estudio

-  Optimizar la eficiencia energética del sistema de climatización.
-  Reducir las paradas imprevistas por fallos térmicos.
-  Alargar la vida útil de los equipos, reduciendo los costes de sustitución.
-  Mejorar la seguridad operativa del entorno laboral.
-  Cumplir con la normativa técnica y las normas de seguridad industrial.

Para lograr tener una mayor exactitud con el siguiente estudio y, por consiguiente; se monitoreó constantemente el HMI Humano-Máquina (Human Machine Interface) del cuarto de máquinas para así lograr visualizar la diferencia de temperaturas que se presentaron en dichos horarios acordados. véase la ilustración 14.



Ilustración 14 - HMI de secadora de aire

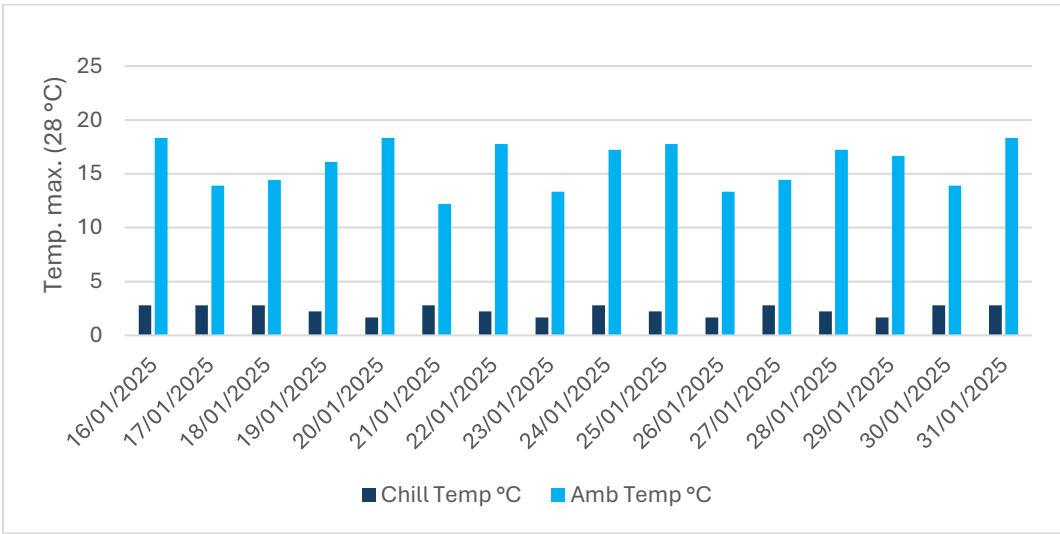
Software y herramientas por implementar (Excel)

Para poder tener una mayor ejemplificación de los resultados obtenidos en la tabla 9 y con el fin de apreciar la variación de las temperaturas en factor días; se realizan las siguientes gráficas correspondientes a cada horario (09:00 hrs y 15:00 hrs.). véase la gráfica 1 y 2.

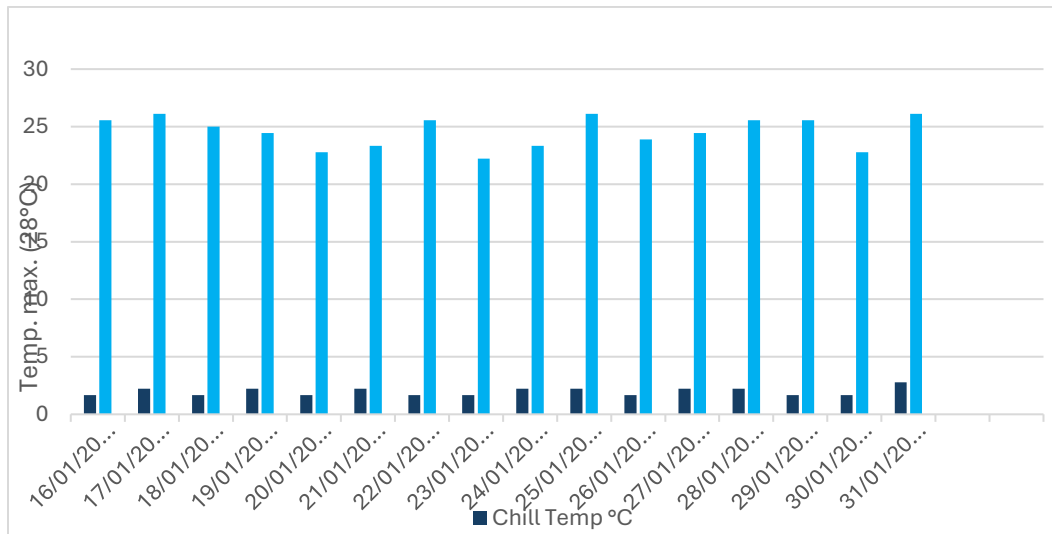
Registro a las 09:00 hrs.					Registro a las 15:00 hrs.			
	Chill Temp		Amb Temp		Chill Temp		Amb Temp	
Día	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C
16/01/2025	37	2.777777778	65	18.33333333	35	1.666666667	78	25.55555556
17/01/2025	37	2.777777778	57	13.88888889	36	2.222222222	79	26.11111111
18/01/2025	37	2.777777778	58	14.44444444	35	1.666666667	77	25
19/01/2025	36	2.222222222	61	16.11111111	36	2.222222222	76	24.44444444
20/01/2025	35	1.666666667	65	18.33333333	35	1.666666667	73	22.77777778
21/01/2025	37	2.777777778	54	12.22222222	36	2.222222222	74	23.33333333
22/01/2025	36	2.222222222	64	17.77777778	35	1.666666667	78	25.55555556
23/01/2025	35	1.666666667	56	13.33333333	35	1.666666667	72	22.22222222
24/01/2025	37	2.777777778	63	17.22222222	36	2.222222222	74	23.33333333
25/01/2025	36	2.222222222	64	17.77777778	36	2.222222222	79	26.11111111
26/01/2025	35	1.666666667	56	13.33333333	35	1.666666667	75	23.88888889
27/01/2025	37	2.777777778	58	14.44444444	36	2.222222222	76	24.44444444
28/01/2025	36	2.222222222	63	17.22222222	36	2.222222222	78	25.55555556
29/01/2025	35	1.666666667	62	16.66666667	35	1.666666667	78	25.55555556
30/01/2025	37	2.777777778	57	13.88888889	35	1.666666667	73	22.77777778
31/01/2025	37	2.777777778	65	18.33333333	37	2.777777778	79	26.11111111

Tabla 9 - Bitácora de temperatura de secadora de aire en el mes de enero

Gráfica 1 - Registro del mes de enero a las 09:00 hrs.



Gráfica 2 - Registro del mes de enero a las 15:00 hrs.



Por consiguiente y siguiendo nuestro cronograma de actividades. Se realizará otro estudio, pero en consideración al mes de febrero. véase la tabla 10

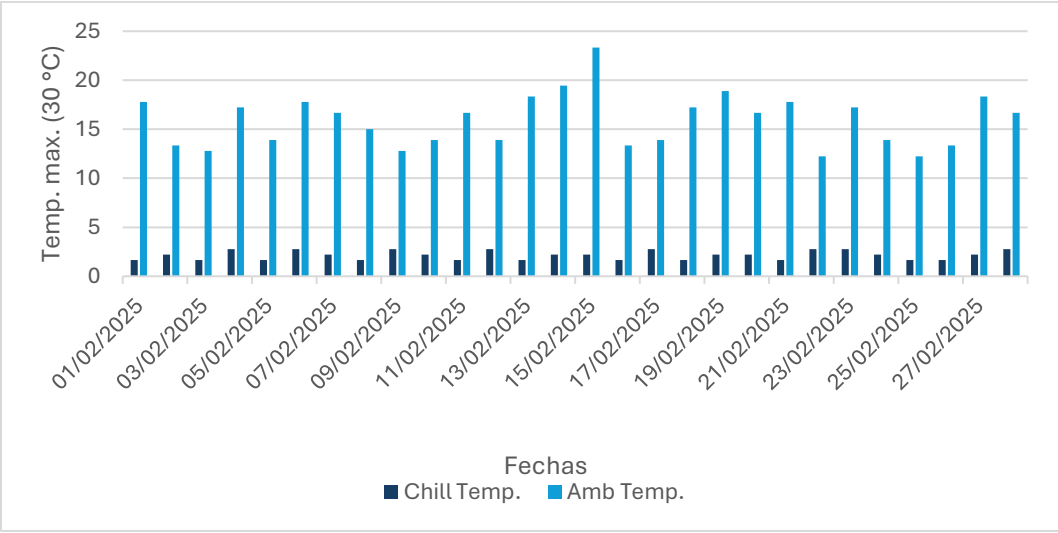
NOTA: la temperatura máxima que se registró en el mes de febrero en la ciudad de Tlaxco, Tlaxcala fue de 30 °C.

Tabla 10 - Bitácora de temperatura de secadora de aire en el mes de febrero

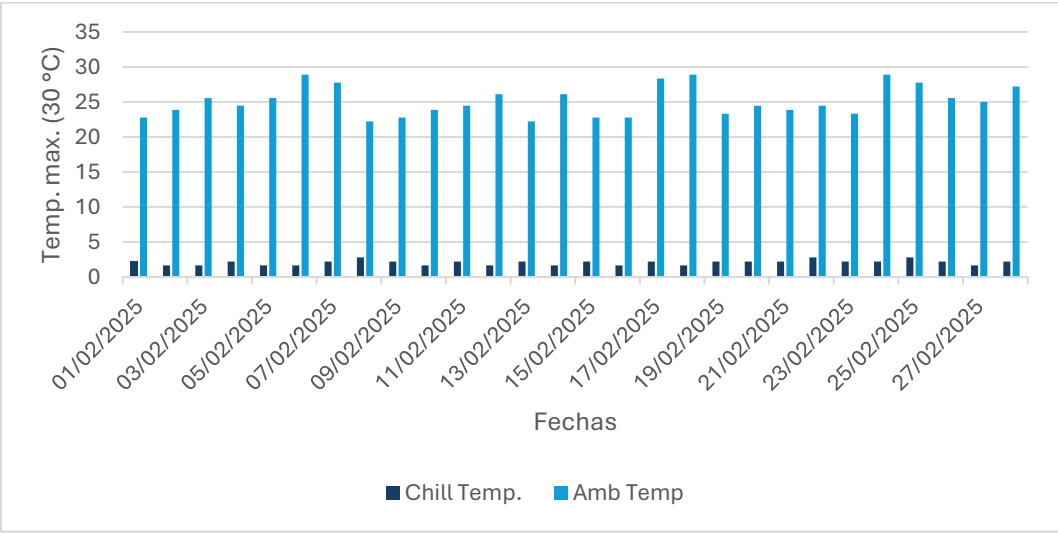
Día	Registro a las 09:00 hrs.				Registro a las 15:00 hrs.			
	Chill Temp		Amb Temp		Chill Temp		Amb Temp	
	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C
01/02/2025	35	1.666666667	64	17.77777778	36	2.222222222	73	22.77777778
02/02/2025	36	2.222222222	56	13.33333333	35	1.666666667	75	23.88888889
03/02/2025	35	1.666666667	55	12.77777778	35	1.666666667	78	25.55555556
04/02/2025	37	2.777777778	63	17.22222222	36	2.222222222	76	24.44444444
05/02/2025	35	1.666666667	57	13.88888889	35	1.666666667	78	25.55555556
06/02/2025	37	2.777777778	64	17.77777778	35	1.666666667	84	28.88888889
07/02/2025	36	2.222222222	62	16.66666667	36	2.222222222	82	27.77777778
08/02/2025	35	1.666666667	59	15	37	2.777777778	72	22.22222222
09/02/2025	37	2.777777778	55	12.77777778	36	2.222222222	73	22.77777778
10/02/2025	36	2.222222222	57	13.88888889	35	1.666666667	75	23.88888889
11/02/2025	35	1.666666667	62	16.66666667	36	2.222222222	76	24.44444444
12/02/2025	37	2.777777778	57	13.88888889	35	1.666666667	79	26.11111111
13/02/2025	35	1.666666667	65	18.33333333	36	2.222222222	72	22.22222222
14/02/2025	36	2.222222222	67	19.44444444	35	1.666666667	79	26.11111111
15/02/2025	36	2.222222222	74	23.33333333	36	2.222222222	73	22.77777778
16/02/2025	35	1.666666667	56	13.33333333	35	1.666666667	73	22.77777778
17/02/2025	37	2.777777778	57	13.88888889	36	2.222222222	83	28.33333333
18/02/2025	35	1.666666667	63	17.22222222	35	1.666666667	84	28.88888889
19/02/2025	36	2.222222222	66	18.88888889	36	2.222222222	74	23.33333333
20/02/2025	36	2.222222222	62	16.66666667	36	2.222222222	76	24.44444444
21/02/2025	35	1.666666667	64	17.77777778	36	2.222222222	75	23.88888889
22/02/2025	37	2.777777778	54	12.22222222	37	2.777777778	76	24.44444444
23/02/2025	37	2.777777778	63	17.22222222	36	2.222222222	74	23.33333333
24/02/2025	36	2.222222222	57	13.88888889	36	2.222222222	84	28.88888889
25/02/2025	35	1.666666667	54	12.22222222	37	2.777777778	82	27.77777778
26/02/2025	35	1.666666667	56	13.33333333	36	2.222222222	78	25.55555556
27/02/2025	36	2.222222222	65	18.33333333	35	1.666666667	77	25
28/02/2025	37	2.777777778	62	16.66666667	36	2.222222222	81	27.22222222

Para poder tener una mayor ejemplificación de los resultados obtenidos en la tabla 2 y con el fin de apreciar la variación de las temperaturas en factor días; se realizan las siguientes gráficas correspondientes a cada horario (09:00 hrs y 15:00 hrs.). véase la gráfica 3 y 4.

Gráfica 3 - Registro del mes de febrero a las 09:00 hrs.



Gráfica 4 - Registro del mes de febrero a las 15:00 hrs.



3.3 Calcular flujos y temperaturas de aire de acuerdo con el requerido en el cuarto de máquinas

El cuarto de máquinas alberga equipos esenciales para el funcionamiento de los sistemas mecánicos, eléctricos y térmicos. Estos equipos generan calor durante su funcionamiento, y si la ventilación y la temperatura ambiente no se controlan adecuadamente, pueden producirse fallos, sobrecalentamiento o una reducción de la vida útil de los componentes. Por lo tanto, calcular correctamente el caudal y la temperatura del aire es esencial para garantizar condiciones seguras, eficientes y fiables, por ende, se procederá a realizar los cálculos necesarios para tener una relación del sistema de enfriamiento adecuado para este cuarto de máquinas y así mismo cumplir con el propósito del proyecto.

Teniendo una relación de las dimensiones estructurales de dicho cuarto de máquinas y por privacidad de la empresa; solo se compartirán dichas dimensiones, es decir, no se contará con un esquema del mismo.

En la tabla 11 se podrá apreciar los diferentes materiales y la resistencia térmica que este tendrán. Tabla A.4 Resistencia térmica de materiales aislantes y de construcción

$\left(h * f^2 * \frac{^{\circ}F}{BTU}\right)$ para paredes y techo y tabla A.7 pisos

Tabla 11 - Unidades de mampostería

UNIDADES DE MAMPOSTERÍA (PAREDES)	
Material	Resistencia por espesor nominal
Block de concreto, núcleo rectangular, 2 huecos, 8 in, 36 lb.	1.04
TECHO	
Material	Resistencia por espesor nominal
Tejas de asbesto cemento	0.21
PISO	
Material	Resistencia por espesor nominal
Cubierta de concreto sin aislamiento en verano	0.59

La resistencia térmica al paso del calor a través de la pared queda expresada de la siguiente formula:

$$R = \frac{1}{f_e} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{1}{f_i}$$

Sustituyendo valores, queda:

$$R = \frac{1}{1.16} + \frac{8}{1.04} + \frac{1}{0.59} = 10.24 \left(\frac{^{\circ}F}{BTU} \right)$$

Donde:

$$f_e = \text{coeficiente de película exterior } Btu - \frac{h}{ft^2} - ^{\circ}F$$

$$f_i = \text{coeficiente de película interior } Btu - \frac{h}{ft^2} - ^{\circ}F$$

$$x_1 = \text{espesor del material (block concreto)}$$

$$k_1 = \text{factor de conductividad térmica } Btu - \frac{h}{ft^2} - ^{\circ}F \text{ (block concreto)}$$

Por consiguiente, se necesita obtener el coeficiente de transferencia de calor; se procede a utilizar la siguiente formula:

$$U = \frac{1}{R}$$

Sustituyendo valores, queda:

$$U = \frac{1}{10.24} = 0.09 \frac{BTU}{h * ft * ^{\circ}F}$$

3.3.1 Transmisión de calor a través de muros, techos y pisos.

La carga de calor más importante para calcular la calefacción se debe, por lo general a la transmisión de calor a través de muros, techos y pisos.

Estas pérdidas se pueden determinar a partir de la siguiente expresión matemática:

$$Q = U A \Delta T$$

Donde:

Q = pérdida de calor en $\frac{BTU}{h}$

A = área neta en f^2

U = coeficientes de transmisión de calor en $\frac{BTU}{h*ft*^{\circ}F}$

T_i = temperatura de diseño interior en $^{\circ}F$

T_e = temperatura de diseño exterior en $^{\circ}F$

Para poder seguir dando seguimiento con el presente proyecto, se requerirá de otros valores adicionales los cuales son:

- ✚ Temperatura mínima registrada en la ciudad de Tlaxco: en esta situación; se tendrá que realizar una conversión de $^{\circ}C$ a $^{\circ}F$. Así mismo un aumento de $5^{\circ}F$ al valor final, por ende, $-4^{\circ}C > 24.8^{\circ}F + 5^{\circ}F = 29.8^{\circ}F$ 8
- ✚ Temperatura de diseño interior: Fábricas (trabajo pesado) 50 – 60. Se opta por $55^{\circ}F$; véase 15 la ilustración. Imagen recupera de (Goribar, 2005).
- ✚ Temperatura máxima registrada en la ciudad de Tlaxco: $35^{\circ}C > 95^{\circ}F$

168 calefacción

TABLA VIII-1 Temperaturas de diseño interior recomendadas para invierno

Auditorios	68-72	Hospitales:	
Salones de baile	65-68		
Baños	70-80	Sala de operaciones	70-95
Comedores	65-70	Cuartos	70-72
		Edificios públicos	68-72
Fábricas:		Salón de clases	70-72
		Baños de vapor	110
Trabajo ligero	60-65	Tiendas	65-68
Trabajo pesado	50-60	Albercas	75
Gimnasios	55-65	Teatros	68
Residencias	70-72	Baños públicos	68
Cuartos de hotel	70		
Cocinas, lavanderías	66		

Ilustración 15 – Tabla VIII – 1 temperaturas de diseño recomendadas para invierno.

En la siguiente tabla se ejemplificará de una forma más idónea los diversos volúmenes que ocupan ventanas, puertas.

Tabla 12 - Dimensiones de puertas y ventanas

Tipo	Material	Dimensiones	Área (ft)
<i>Ventana No.1</i>	Metálica	21.32 ft * 6.56 ft	139.85 ft ²
<i>Ventana No.2</i>	Metálica	21.32 ft * 6.56 ft	139.85 ft ²
<i>Puerta No.1</i>	Metálica	6.88 ft * 2.95 ft	20.29 ft ²
<i>Puerta No.2</i>	Metálica	6.88 ft * 3.28 ft	22.56 ft ²
<i>Puerta doble No.1</i>	Metálica	8.20 ft * 8.20 ft	67.24 ft ²
<i>Puerta doble No. 2</i>	Metálica	8.20 ft * 8.20 ft	67.24 ft ²

Área de pared No. 1 → (Ancho * Altura)

$$68.89 \text{ ft} * 18.04 = 1242.77 \text{ ft}^2; \text{ restando el área de la puerta No. 1}$$

$$\therefore (1242.77 \text{ ft}^2 - 20.29 \text{ ft}^2) = 1222.48 \text{ ft}^2$$

Área de pared No. 2 $\rightarrow$ (**Ancho** * **Altura**)

$$68.89 \text{ ft} * 18.04 = 1242.77 \text{ ft}^2$$

restando el área de la venta No. 1, No. 2 y de la puerta doble No. 1

$$\therefore (1242.77 \text{ ft}^2 - 346.94 \text{ ft}^2) = 895.83 \text{ ft}^2$$

Área de pared No. 3 $\rightarrow$ (**Ancho** * **Altura**)

$$68.89 \text{ ft} * 18.04 = 1242.77 \text{ ft}^2; \text{ restando el área de la puerta No. 2}$$

$$\therefore (1242.77 \text{ ft}^2 - 22.56 \text{ ft}^2) = 1220.21 \text{ ft}^2$$

Área de pared No. 4 $\rightarrow$ (**Ancho** * **Altura**)

$$68.89 \text{ ft} * 18.04 = 1242.77 \text{ ft}^2; \text{ restando el área de la puerta doble No. 2}$$

$$\therefore (1242.77 \text{ ft}^2 - 67.24 \text{ ft}^2) = 1175.53 \text{ ft}^2$$

Retomando la ecuación: $Q = U A \Delta T$

$$Q_{p1} = \left(0.09 \frac{BTU}{h * ft * ^\circ F} \right) (1222.48 \text{ ft}^2) (55 ^\circ F - 95 ^\circ F) = -4400.928 \frac{Btu}{hr}$$

$$Q_{p2} = \left(0.09 \frac{BTU}{h * ft * ^\circ F} \right) (895.83 \text{ ft}^2) (55 ^\circ F - 95 ^\circ F) = -3224.988 \frac{Btu}{hr}$$

Escriba aquí la ecuación.

$$Q_{p3} = \left(0.09 \frac{BTU}{h * ft * ^\circ F} \right) (1220.21 \text{ ft}^2) (55 ^\circ F - 95 ^\circ F) = -4392.756 \frac{Btu}{hr}$$

Escriba aquí la ecuación.

$$Q_{p4} = \left(0.09 \frac{BTU}{h * ft * ^\circ F} \right) (1175.53 ft^2) (55 ^\circ F - 95 ^\circ F) = -4231.908 \frac{Btu}{hr}$$

Escriba aquí la ecuación.

$$Q_{Total} = (-4400.928 \frac{Btu}{hr}) + (-3224.988 \frac{Btu}{hr}) + (-4392.756 \frac{Btu}{hr}) + (-4231.908 \frac{Btu}{hr}) = 16250.58 \frac{Btu}{hr}$$

Transmisión de calor en piso

$$\text{Área del piso} \rightarrow (\text{Ancho} * \text{Largo})$$

$$68.89 ft * 68.89 ft = 137.78 ft^2$$

$$U_{Piso} = \frac{1}{R}$$

$$U_{Piso} = \frac{1}{0.59} = 1.69 \frac{BTU}{h * ft * ^\circ F}$$

$$Q = U A \Delta T$$

$$Q_{Piso} = \left(1.69 \frac{BTU}{h * ft * ^\circ F} \right) (137.78 ft^2) (55 ^\circ F - 50 ^\circ F) = 1164.241 \frac{Btu}{hr}$$

Transmisión de calor en techo

$$\text{Área del techo} \rightarrow (\text{Ancho} * \text{Largo})$$

$$68.89 ft * 68.89 ft = 137.78 ft^2$$

$$U_{Techo} = \frac{1}{R}$$

$$U_{Techo} = \frac{1}{0.21} = 4.76 \frac{BTU}{h * ft * ^\circ F}$$

$$Q = U A \Delta T$$

$$Q_{Techo} = \left(4.76 \frac{BTU}{h * ft * ^\circ F} \right) (137.78 ft^2) (55 ^\circ F - 95 ^\circ F) = -26233.312 \frac{Btu}{hr}$$

$$Q_{Total} = \left(1164.241 \frac{Btu}{hr} \right) + \left(-26233.312 \frac{Btu}{hr} \right) = -25069.071 \frac{Btu}{hr}$$

Infiltraciones de aire

Dando seguimiento al presente paso, se tomará en consideración la siguiente tabla.
Imagen recuperada de (Goribar, 2005). véase la ilustración 16.

182 calefacción

TABLA VIII-2 Volumen de aire infiltrado por pie de ranura para diferentes tipos de ventanas y puertas

TIPO DE VENTANA O PUERTA	OBSERVACIONES	PIES ³ /MIN POR PIE DE RANURA					
		Velocidad del viento (mph)					
		5	10	15	20	25	30
Ventanas de doble hoja o gullotinas (madera)	Ventana normal; sin protección especial incluyendo fugas a través del marco de madera	.12	.35	.65	.98	1.33	1.73
	Idem; con protección especial	.07	.22	.40	.60	.82	1.09
	Ventana de construcción barata, sin protección especial; incluyendo fugas a través del marco	.45	1.15	1.85	2.6	3.3	4.2
	Idem; con protección especial	.10	.32	.57	.85	1.18	1.53
Ventana de metal de doble hoja	Sin cerrojo; sin protección especial	.33	.78	1.23	1.73	2.3	2.8
	Sin cerrojo; con protección especial	.10	.32	.53	.77	1.00	1.27
Ventana metálica de gullotina	Ranura de 1/16" (con fugas a través del marco)	.87	1.80	2.9	4.1	5.1	6.2
	Ranura de 1/32" (sin fugas a través del marco)	.25	.60	1.03	1.43	1.86	2.3
	Ranura de 3/64" (sin fugas a través del marco)	.33	.87	1.47	1.93	2.5	3.0
	Ranura de 1/64" (en residencias sin fugas)	.10	.30	.55	.78	1.00	1.21
	Ranura de 1/32" (en residencias sin fugas)	.23	.53	.87	1.27	1.67	2.1
	Ranura de 1/64" (sin fugas a través del marco)	.05	.17	.30	.43	.58	.80
Estructura tubular	Ranura de 1/32" (sin fugas a través del marco)	.13	.40	.63	.90	1.20	1.53
	Ventana con pivote vertical (con fugas)	.50	1.46	2.4	3.1	3.7	4.0
Puertas de vidrio	Ranura de 1/8" (buena instalación)	3.2	6.4	9.6	13.0	16.0	19.0
	Ranura de 3/16" (mediana instalación)	4.8	15.0	14.0	20.0	24.0	29.0
	Ranura de 1/4" (pobre instalación)	6.4	13.0	19.0	26.0	32.0	38.0
Puerta normal de metal o madera	Buena construcción; sin protección especial	0.90	1.2	1.8	2.6	3.3	4.2
	Malta construcción; sin protección especial	0.90	2.3	3.7	5.2	6.8	8.4
Puertas de fábrica	1/8" de ranura	3.2	6.4	9.6	13.0	16.0	19.0

Ilustración 16 - Tabla VII-2 Volumen de aire infiltrado por pie de ranura para diferentes tipos de ventanas y puertas

Infiltración de aire para puerta doble No.1

$$(6.4)(60 \text{ min}) = 384 \frac{ft^3}{hr}$$

$$1(8.10 \text{ ft}(8.20 \text{ ft} + 8.20 \text{ ft})) = 132.84 \text{ ft}$$

$$V = (265.68 \text{ ft}) \left(384 \frac{ft^3}{hr} \right) = 51010.56 \frac{ft^3}{hr}$$

Infiltración de aire para ventana No. 1

$$(1.80)(60 \text{ min}) = 108 \frac{ft^3}{hr}$$

$$V = 1(21 \text{ ft}(21.32 \text{ ft} + 6.56 \text{ ft})) = 585.48 \frac{ft^3}{hr}$$

$$V_{Total} = 51010.56 \frac{ft^3}{hr} + 585.48 \frac{ft^3}{hr} + 585.48 \frac{ft^3}{hr} = 52181.52 \frac{ft^3}{hr}$$

Infiltración de aire para ventana No. 2

$$(1.80)(60 \text{ min}) = 108 \frac{ft^3}{hr}$$

$$V = 1(21 \text{ ft}(21.32 \text{ ft} + 6.56 \text{ ft})) = 585.48 \frac{ft^3}{hr}$$

$$V_{Total} = 51010.56 \frac{ft^3}{hr} + 585.48 \frac{ft^3}{hr} + 585.48 \frac{ft^3}{hr} = 52181.52 \frac{ft^3}{hr}$$

En esta situación, se empleará la siguiente formula:

$$Q_s = 0.018 V \Delta T$$

$$Q_s = 0.018 \left(52181.52 \frac{ft^3}{hr} \right) (55^\circ F - 95^\circ F) = -37570.694 \frac{Btu}{hr}$$

Ganancias de calor

$$Q_{Ventana_1} = \left(1.3 \frac{BTU}{h * ft * ^\circ F}\right) (139.85 ft^2) (55 ^\circ F - 95 ^\circ F) = -7272.2 \frac{Btu}{hr}$$

$$Q_{Ventana_2} = \left(1.3 \frac{BTU}{h * ft * ^\circ F}\right) (139.85 ft^2) (55 ^\circ F - 95 ^\circ F) = -7272.2 \frac{Btu}{hr}$$

$$Q_{Puerta\ doble_1} = \left(1 \frac{BTU}{h * ft * ^\circ F}\right) (67.24 ft^2) (55 ^\circ F - 95 ^\circ F) = -2689.6 \frac{Btu}{hr}$$

$$Q_{Puerta\ doble_2} = \left(1 \frac{BTU}{h * ft * ^\circ F}\right) (67.24 ft^2) (55 ^\circ F - 95 ^\circ F) = -2689.6 \frac{Btu}{hr}$$

$$Q_{Puerta_1} = \left(1 \frac{BTU}{h * ft * ^\circ F}\right) (20.29 ft^2) (55 ^\circ F - 95 ^\circ F) = -811.6 \frac{Btu}{hr}$$

$$Q_{Puerta_2} = \left(1 \frac{BTU}{h * ft * ^\circ F}\right) (22.56 ft^2) (55 ^\circ F - 95 ^\circ F) = -902.4 \frac{Btu}{hr}$$

$$\begin{aligned} Q_{Total} &= \left(-7272.2 \frac{Btu}{hr}\right) + \left(-7272.2 \frac{Btu}{hr}\right) + \left(-2689.6 \frac{Btu}{hr}\right) + \left(-2689.6 \frac{Btu}{hr}\right) \\ &\quad + \left(-811.6 \frac{Btu}{hr}\right) + \left(-902.4 \frac{Btu}{hr}\right) = -21637.6 \frac{Btu}{hr} \end{aligned}$$

Ganancias de calor por equipo misceláneo

Debido a que en la ilustración 16 no establece un valor para el tipo de motores que se encuentran en el cuarto de máquinas, se procederá a realizar una conversión para así tener razón de la ganancia de calor.

$$Q_{Motores} = (1 Hp)(745.7 W) \left(3.413 \frac{BTU}{h * ft * ^\circ F}\right)$$

$$Q_{Motor_1} = (30 Hp)(745.7 W) \left(3.413 \frac{BTU}{h * ft * ^\circ F}\right) = 76352.223 \frac{Btu}{hr}$$

$$Q_{Motor_2} = (30 Hp)(745.7 W) \left(3.413 \frac{BTU}{h * ft * ^\circ F}\right) = 76352.223 \frac{Btu}{hr}$$

$$Q_{Motor_3} = (300 Hp)(745.7 W) \left(3.413 \frac{BTU}{h * ft * ^\circ F}\right) = 763522.23 \frac{Btu}{hr}$$

$$Q_{Motor_4} = (250 \text{ Hp})(745.7 \text{ W}) \left(3.413 \frac{BTU}{h * ft * ^\circ F} \right) = \mathbf{636268.525 \frac{Btu}{hr}}$$

$$Q_{Lámparas} = \text{Potencia total (W)} \left(3.413 \frac{BTU}{h * ft * ^\circ F} \right)$$

Donde:

$$\text{Potencia total (W)} = \text{Número de lámparas (potencia por lámpara (W))}$$

$$\text{Potencia total} = 48 \text{ lámparas (32 W)} = 1536 \text{ W}$$

$$Q_{Lámparas} = 1536 \text{ W} \left(3.413 \frac{BTU}{h * ft * ^\circ F} \right) = \mathbf{5242.368 \frac{Btu}{hr}}$$

Para finalizar, se realizará una sumatoria de todas las ganancias de calor generadas en el cuarto de máquinas

$$\sum Q = \left(37570.694 \frac{Btu}{hr} \right) + \left(21637.6 \frac{Btu}{hr} \right) + \left(5242.368 \frac{Btu}{hr} \right) = \mathbf{64450.662 \frac{btu}{hr}}$$

$$1 \text{ Tonelada de refrigeración} = 12,000 \frac{Btu}{hr}$$

Por lo tanto:

$$\text{Toneladas} = \frac{Q_{Total}}{12,000 \frac{Btu}{hr}}$$

$$\text{Toneladas} = \frac{64450.662 \frac{btu}{hr}}{12,000 \frac{Btu}{hr}} = \mathbf{5.37 \text{ Toneladas}}$$

3.4 Revisar con proveedor infraestructura necesaria

3.4.1 Ventilador de tipo helicoidal

(Zúñiga, 2019) Los ventiladores son turbomáquinas que, gracias al aporte de energía a un rodete que gira sobre su propio eje, son capaces de generar una diferencia de presión, la cual incrementa la energía cinética en un volumen de aire en reposo, produciendo el movimiento de éste en dirección al ventilador.

Con el fin de reducir la fricción mecánica y sostener el árbol de rotación, éste se ubica sobre cojinetes o rodamientos. Por medio de una carcasa, se protegen los componentes internos del ventilador, además de permitir la entrada del aire a través de una boca de aspiración y su salida del aire a través de una boca de impulsión.

Los ventiladores helicoidales están diseñados para ser altamente eficientes en la transferencia de calor y la disipación térmica. Funcionan moviendo el aire a través de un sistema de canales o directamente hacia los componentes que necesitan refrigeración. Son especialmente útiles en sistemas de enfriamiento donde el aire debe ser dirigido de manera precisa hacia áreas específicas. En la ilustración 17 se puede apreciar las partes principales de un ventilador de hélice y su vista previa.

Imagen recuperada de (Zúñiga, 2019)

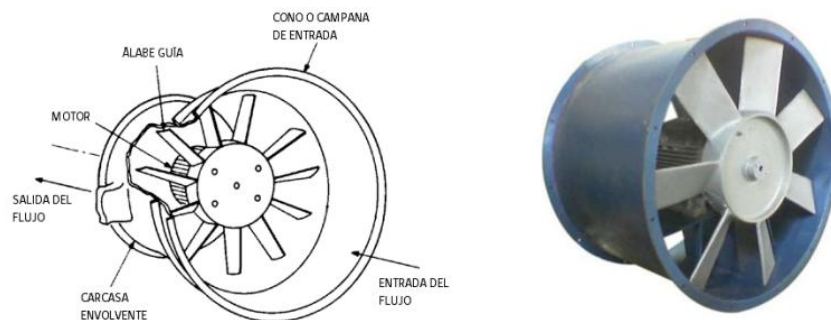


Ilustración 17 - Ventilador de hélice

3.4.2 Canalización eléctrica y selección de componentes

La canalización eléctrica es un sistema compuesto por tuberías, conductos o charolas diseñados para albergar y proteger los cables eléctricos. Su objetivo principal es proporcionar una instalación ordenada, segura y eficiente, que facilite tanto el paso de los conductores como su posterior mantenimiento o sustitución. Este sistema es crucial en instalaciones residenciales, comerciales e industriales, ya que asegura la integridad de los cables frente a factores externos como impactos, humedad, altas temperaturas o agentes químicos.

Además, la canalización eléctrica cumple con las normativas de seguridad eléctrica al evitar el contacto directo con los cables y reducir los riesgos de cortocircuitos o incendios. También facilita la ampliación de sistemas eléctricos, proporcionando trayectorias accesibles para nuevas conexiones.

Propósito principal:

-  Protección física de los conductores eléctricos frente a daños mecánicos o ambientales.
-  Seguridad para las personas al minimizar el contacto accidental con cables bajo tensión.
-  Organización y mantenimiento mediante la disposición de los cables de forma ordenada y accesible.
-  Adaptabilidad y flexibilidad al permitir cambios o ampliaciones en los sistemas eléctricos.

Criterios para la selección de materiales y diseño de la canalización.

El diseño y selección de materiales para canalizaciones eléctricas deben considerar una variedad de factores técnicos, económicos y normativos para garantizar seguridad, eficiencia y durabilidad.

i. Requisitos del entorno:

-  Condiciones ambientales: Es importante evaluar si la instalación estará expuesta a humedad, temperaturas extremas, químicos corrosivos o impactos mecánicos. En ambientes corrosivos, se recomienda el uso de tubos de PVC o acero galvanizado con recubrimientos adicionales.
-  Interior o exterior: Para exteriores, se prefieren materiales resistentes al agua y la radiación UV, como tubos galvanizados de pared gruesa o recubiertos con pintura epóxica.

ii. Tipo de instalación:

-  Superficial o empotrada: En instalaciones empotradas se utilizan tubos de PVC o metálicos para facilitar el paso de los cables a través de paredes o pisos. Para instalaciones superficiales, como en plantas industriales, se prefieren charolas o tubos metálicos rígidos.
-  Movilidad de los equipos: Si los cables estarán sujetos a movimiento, el uso de conductos flexibles como el liquid tight es recomendable.

iii. Cargas eléctricas y capacidad de conductores

-  Cálculos de carga eléctrica: Es fundamental determinar la capacidad de los conductores y las corrientes que manejarán, para evitar sobrecalentamientos o caídas de tensión. Esto define el diámetro mínimo del tubo a emplear.

- ✚ Número de conductores: Según el National Electrical Code (NEC), se debe garantizar un espacio adecuado dentro de la canalización, considerando el 40 % de ocupación máxima para facilitar la disipación de calor.

iv. Normativas aplicables

- ✚ Reglamentos eléctricos: Cumplir con normas locales (como NOM-001-SEDE en México) e internacionales (NEC, IEC) para asegurar que los materiales y diseños cumplen con estándares de seguridad.
- ✚ Puesta a tierra: Los materiales de canalización deben permitir la continuidad eléctrica para sistemas de puesta a tierra si son metálicos, o incluir conductores de tierra en el interior de tubos no metálicos.

v. Selección de materiales:

- ✚ PVC: Ligero, resistente a la corrosión, ideal para instalaciones residenciales y comerciales no expuestas a altas temperaturas.
- ✚ Acero galvanizado: Recomendado para instalaciones industriales debido a su resistencia mecánica y capacidad de disipación térmica.
- ✚ Aluminio: Más ligero que el acero, adecuado para aplicaciones donde el peso sea un factor crítico.
- ✚ Conducto flexible: Utilizado para conexiones a equipos móviles o zonas de difícil acceso.

vi. Economía y durabilidad

- ✚ El costo de los materiales y su vida útil deben balancearse, considerando el mantenimiento requerido a lo largo del tiempo.
- ✚ Las soluciones modulares o reutilizables, como charolas y bandejas, pueden ser más económicas para sistemas grandes o de fácil acceso.

Fórmulas de cálculos eléctricos para la selección de dispositivos y protecciones.

Selección del interruptor termomagnético

El interruptor termomagnético debe proteger el circuito del motor contra sobrecargas y cortocircuitos. La corriente nominal se calcula como:

$$I_{nom} = \frac{P}{V \cdot \cos(\phi)}$$

Donde:

P = Potencia del motor (en watts o HP, 1 HP = 746W)

V = Voltaje aplicado al motor (en este caso, 460 V)

cos(φ) = Factor de potencia del motor

El interruptor debe tener una capacidad nominal mayor o igual a 125% de la corriente del motor:

$$I_{interruptor} \geq 1.25 * I_{nom}$$

Selección del contactor

El contactor debe soportar la corriente nominal del motor. Además, se elige considerando una clase de operación AC-3 (uso común para motores):

NOTA: Sí, la selección de un contactor debe basarse en la corriente nominal del motor y la clase de operación AC3. La AC3 se utiliza para motores de jaula de ardilla con paradas

durante el funcionamiento normal. El contactor debe soportar la corriente de arranque, que puede ser considerablemente mayor que la corriente nominal. (Schneider Electric, 2017)

$$I_{\text{contactor}} \geq I_{\text{nom}} * K$$

Donde:

K = es un factor de seguridad (usualmente entre 1.15 y 1.25). Además, debe coincidir con el voltaje de operación y el número de fases del sistema

Selección del relé térmico

El relé térmico protege el motor de sobrecargas prolongadas. Se selecciona de acuerdo con la corriente nominal del motor:

$$I_{\text{relé}} \geq I_{\text{nom}}$$

Selección del calibre del conductor

El calibre del conductor se elige considerando la corriente nominal del motor y la capacidad de conducción de corriente del conductor, según la tabla de amperajes de la **NOM-001-SEDE-2012** o equivalente local. Para evitar sobrecalentamientos, la corriente máxima permisible en el conductor debe ser mayor o igual a 125% de la corriente nominal:

$$A_{\text{conductor}} \geq 1.25 * I_{\text{nom}}$$

Además, se considera la caída de tensión (ΔV) permitida, normalmente no mayor al 3%.

$$\Delta V = \frac{2 * L * I * R}{V}$$

Donde:

L = Longitud del conductor

R = Resistencia del conductor $\left(\frac{\Omega}{m}\right)$

Componentes para canalización:

I. Tubo conduit galvanizado pared delgada

Es un tubo metálico fabricado con acero galvanizado, diseñado para proteger y conducir cables eléctricos. Se utiliza en instalaciones eléctricas en interiores y exteriores. Su pared delgada lo hace más ligero que otros tipos de conduit (como el rígido), pero conserva resistencia mecánica.

Aplicaciones: Ideal para instalaciones en ambientes secos o húmedos, pero no se recomienda para áreas donde se puedan presentar impactos fuertes o exposición a elementos corrosivos sin protección adicional.

En la ilustración 18 se puede apreciar como es el componente de forma física. Imagen recuperada de: <https://tamex.mx/producto/tubo-conduit-para-pared-delgada-galvanizado-pulg-4-sin-cople-rymco/>



Ilustración 18 - Tubo conduit galvanizado pared delgada

II. Tubo flexible liquid tight

Conducto flexible recubierto con material termoplástico resistente al agua, aceite y productos químicos.

Aplicaciones: Utilizado principalmente en áreas donde se requiere flexibilidad, como conexiones a motores eléctricos, maquinaria industrial o equipos donde las vibraciones sean frecuentes.

Características: Ofrece protección contra la humedad y una barrera para partículas de polvo.

En la ilustración 19 se puede apreciar como es el componente de forma física. Imagen recuperada de: <https://www.emt-fittings.com/electrical-conduit/flexible-conduit/liquid-tight-flexible-conduit.html>



Ilustración 19 - Tubo flexible liquid tight

III. Conector liquid tight recto

Accesorio diseñado para conectar el tubo flexible liquid tight a cajas de conexiones o gabinetes eléctricos. Está fabricado generalmente con latón, acero galvanizado o aluminio, y tiene empaques para garantizar el sellado.

Aplicaciones: Esencial para sellar las conexiones del tubo flexible y prevenir la entrada de agua o polvo.

En la ilustración 20 se puede apreciar como es el componente de forma física. Imagen recuperada de: <https://dinet.com.mx/producto/conector-recto-para-tubo-liquidtight-3-plg/>



Ilustración 20 - Conector liquid tight recto

IV. Condulet tipo LB de aluminio

Dispositivo en forma de "L" con tapa removible, fabricado con aluminio resistente a la corrosión. Facilita el acceso a los cables para empalmes o mantenimientos.

Aplicaciones: Muy común en instalaciones expuestas o al aire libre donde la resistencia a la intemperie es clave.

Características: Ligero, de alta resistencia y con sellado adecuado.

En la ilustración 21 se puede apreciar como es el componente de forma física. Imagen recuperada de: <https://vitelenergia.com/es/condulet-aluminio-lr-3-4-a.html>



Ilustración 21 - Condulet tipo LB de aluminio

V. Caja oval roscada con tapa tipo OLL

Caja de conexiones metálica de forma ovalada, diseñada para alojar empalmes y derivaciones en canalizaciones eléctricas. Tiene tapas que se aseguran con tornillos para mantener el acceso controlado.

Aplicaciones: Usada en sistemas eléctricos expuestos o industriales.

En la ilustración 22 se puede apreciar como es el componente de forma física. Imagen recuperada de: <https://bsai.com.mx/products/caja-oval-roscada-tipo-oll-de-1-25-4-mm-incluye-tapa-y-tornillos>



Ilustración 22 - Caja oval roscada con tapa tipo OLL

VI. Conector para tubo conduit

Accesorios diseñados para unir tramos de tubo conduit o conectar tubos a cajas de conexiones. Los de marca Surtek son conocidos por su alta calidad y durabilidad.

Materiales: Fabricados en acero galvanizado o aluminio.

En la ilustración 23 se puede apreciar como es el componente de forma física. Imagen recuperada de: <https://euroelectrica.com.mx/producto/conector-para-tubo-pared-delgada-de-38mm-1-1-2-tipo-americano-mca-cch/>



Ilustración 23 - Conector para tubo conduit

VII. Charola para canalización eléctrica

Una charola para canalización eléctrica es un sistema de soporte estructural diseñado para albergar, organizar y proteger cables eléctricos, ya sean de energía o de datos. Estas charolas se fabrican en diversos materiales como acero galvanizado, aluminio o PVC, y están disponibles en distintos tipos según la aplicación, como perforadas, sólidas o de malla.

- ✚ Soporte mecánico: Proporciona una base estable para el tendido de cables.
- ✚ Protección: Ayuda a prevenir daños físicos en los cables, como cortes o deformaciones.
- ✚ Facilidad de instalación: Permite un acceso sencillo para mantenimiento o ampliaciones del sistema eléctrico.
- ✚ Organización: Mantiene los cables ordenados, reduciendo riesgos de interferencias electromagnéticas (EMI) cuando se instalan adecuadamente.

Materiales comunes:

- ✚ Acero galvanizado: Resistente a la corrosión, adecuado para aplicaciones generales.
- ✚ Aluminio: Más ligero que el acero y con buena resistencia a la corrosión.
- ✚ PVC: Utilizado en ambientes donde la exposición a químicos o humedad es alta.

Normativas:

El diseño y la instalación de charolas eléctricas están regulados por normativas internacionales como el National Electrical Code (NEC) y normativas locales, que especifican aspectos como capacidad de carga, distancias de soporte y requisitos de puesta a tierra.

En la ilustración 25 se puede apreciar como es el componente de forma física. Imagen recuperada de: <https://www.gastelum.com.mx/charola-para-cables>

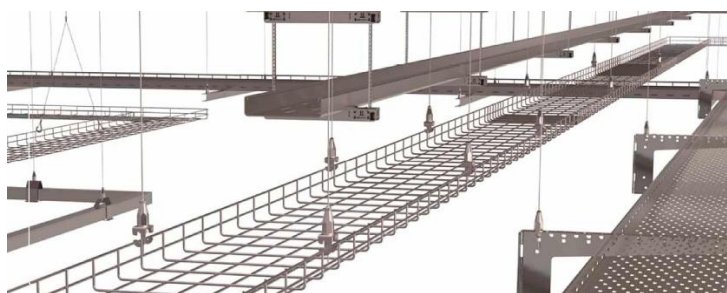


Ilustración 24 . Charola para canalización eléctrica

3.4.2.1 Normatividad aplicable NOM-001-SEDE-2012

La NOM-001-SEDE-2012, o Norma Oficial Mexicana para Instalaciones Eléctricas (utilización), establece los requisitos mínimos para el diseño, instalación, operación y mantenimiento de las instalaciones eléctricas en México, garantizando la seguridad de las personas y el buen funcionamiento de los sistemas. La norma cubre aspectos como la

protección contra choques eléctricos, sobretensiones y sobrecorrientes, así como la correcta puesta a tierra y la selección de materiales y equipo. (NOM, 2012).

i. Propósito

-  Garantizar la seguridad de las personas y bienes mediante la instalación correcta de
-  sistemas eléctricos, incluyendo:
-  Cableado.
-  Dispositivos de protección.
-  Equipos de control.

ii. Ámbito de aplicación

-  Instalaciones en edificaciones residenciales, comerciales e industriales.
-  Subestaciones eléctricas.
-  Sistemas de control eléctrico.

iii. Principales áreas cubiertas

-  Selección de materiales eléctricos.
-  Métodos de instalación.
-  Protección contra sobrecargas y cortocircuitos.
-  Condiciones ambientales específicas.

De igual manera se ejemplificarán las tablas recuperadas por dicha norma para así tener razón de los valores a tomar.

En la ilustración 26 se puede apreciar la tabla 310-15(b)(16). – Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts y 60 ° C a 90° C. no más tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente de 30° C. imagen recuperada de (NOM, 2012).

Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor [Véase la tabla 310-104(a)]					
		60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
mm ²	AWG o kcmil			TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THHW- LS, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW- 2, ZW-2			
		TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THHW-LS, THW, THW-LS, THWN, XHHW, USE, ZW		TIPOS UF	TIPOS RHW, XHHW, USE	TIPOS SA, SIS, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
		COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE		
0.824	18 [™]	—	—	14	—	—	—
1.31	16 [™]	—	—	18	—	—	—
2.08	14 [™]	15	20	25	—	—	—
3.31	12 [™]	20	25	30	—	—	—
5.26	10 [™]	30	35	40	—	—	—
8.37	8	40	50	55	—	—	—
13.3	6	55	65	75	40	50	55
21.2	4	70	85	95	55	65	75
26.7	3	85	100	115	65	75	85
33.6	2	95	115	130	75	90	100
42.4	1	110	130	145	85	100	115
53.49	1/0	125	150	170	100	120	135
67.43	2/0	145	175	195	115	135	150
85.01	3/0	165	200	225	130	155	175
107.2	4/0	195	230	260	150	180	205
127	250	215	255	290	170	205	230
152	300	240	285	320	195	230	260
177	350	260	310	350	210	250	280
203	400	280	335	380	225	270	305
253	500	320	380	430	260	310	350
304	600	350	420	475	285	340	385
355	700	385	460	520	315	375	425
380	750	400	475	535	320	385	435
405	800	410	490	555	330	395	445
456	900	435	520	585	355	425	480
507	1000	455	545	615	375	445	500
633	1250	495	590	665	405	485	545
760	1500	525	625	705	435	520	585
887	1750	545	650	735	455	545	615
1013	2000	555	665	750	470	560	630

* Véase 310-15(b)(2) para los factores de corrección de la ampacidad cuando la temperatura ambiente es diferente a 30 °C.

** Véase 240-4(d) para limitaciones de protección contra sobrecorriente del conductor.

Ilustración 25 - Tabla 310-15(b)(16). – Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts y 60 ° C a 90° C. no más tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura a ambiente de 30° C

En la ilustración 27 se ejemplifica la tabla 310-15(b)(2)(a). – Factores de corrección basados en una temperatura ambiente de 30 °C. tabla recuperada de (NOM, 2012)

Para temperaturas ambiente distintas de 30 °C, multiplique las anteriores ampacidades permisibles por el factor correspondiente de los que se indican a continuación:			
Temperatura ambiente (°C)	Rango de temperatura del conductor		
	60 °C	75 °C	90 °C
10 o menos	1.29	1.20	1.15
11-15	1.22	1.15	1.12
16-20	1.15	1.11	1.08
21-25	1.08	1.05	1.04
26-30	1.00	1.00	1.00
31-35	0.91	0.94	0.96
36-40	0.82	0.88	0.91
41-45	0.71	0.82	0.87
46-50	0.58	0.75	0.82
51-55	0.41	0.67	0.76
56-60	-	0.58	0.71
61-65	-	0.47	0.65
66-70	-	0.33	0.58
71-75	-	-	0.50
76-80	-	-	0.41
81-85	-	-	0.29

Ilustración 26 - Tabla 310-15(b)(2)(a). – Factores de corrección basados en una temperatura ambiente de 30 °C.

Por consiguiente, en la ilustración 28 se ejemplifica la tabla 310-15(b)(3)(a). – Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable. Tabla recuperada de (NOM, 2012).

Número de conductores ¹	Porcentaje de los valores en las tablas 310-15(b)(16) a 310-15(b)(19), ajustadas para temperatura ambiente, si es necesario.
4-6	80
7-9	70
10-20	50
21-30	45
31-40	40
41 y más	35

¹Es el número total de conductores en la canalización o cable ajustado de acuerdo con 310-15(b)(5) y (6).

Ilustración 27 - Tabla 310-15(b)(3)(a). – Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable.

Para la ilustración 29, se observará la tabla C-4.- Número máximo de conductores o alambres para aparatos en tubo conduit metálico intermedio (IMC). Tabla recuperada de (NOM, 2012).

CONDUCTORES												
Tipo	Tamaño o designación		Designación métrica (Tamaño comercial)									
	mm²	AWG o kcmil	16	21	27	35	41	53	63	78	91	103
			(%)	(%)	(1)	(1¼)	(1½)	(2)	(2½)	(3)	(3½)	(4)
RHH, RHW, RHW-2	2.08	14	4	8	13	22	30	49	70	108	144	186
	3.31	12	4	6	11	18	25	41	58	89	120	154
RHH, RHW, RHW-2	5.26	10	3	5	8	15	20	33	47	72	97	124
	8.37	8	1	3	4	8	10	17	24	38	50	65
	13.3	6	1	1	3	6	8	14	19	30	40	52
	21.2	4	1	1	3	5	6	11	15	23	31	41
	26.7	3	1	1	2	4	6	9	13	21	28	36
	33.6	2	1	1	1	3	5	8	11	18	24	31
	42.4	1	0	1	1	2	3	5	7	12	16	20
	53.5	1/0	0	1	1	1	3	4	6	10	14	18
	67.4	2/0	0	1	1	1	2	4	6	9	12	15
	85.0	3/0	0	0	1	1	1	3	5	7	10	13
	107	4/0	0	0	1	1	1	3	4	6	9	11
	127	250	0	0	1	1	1	1	3	5	6	8
	152	300	0	0	0	1	1	1	3	4	6	7
	177	350	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7
	203	400	0	0	0	1	1	1	2	3	5	6
	253	500	0	0	0	1	1	1	1	3	4	5
	304	600	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	355	700	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4
	380	750	0	0	0	0	1	1	1	1	3	4
	405	800	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3
	456	900	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	507	1000	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	633	1250	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2
	760	1500	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	887	1750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	1013	2000	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
TW	2.08	14	10	17	27	47	64	104	147	228	304	392
	3.31	12	7	13	21	36	49	80	113	175	234	301
	5.26	10	5	9	15	27	36	59	84	130	174	224
	8.37	8	3	5	8	15	20	33	47	72	97	124
RHH*, RHW*, RHW-2*, THHW, THW, THW-2	2.08	14	6	11	18	31	42	69	98	151	202	261
RHH*, RHW*, RHW-2*, THHW, THW	3.31	12	5	9	14	25	34	56	79	122	163	209
	5.26	10	4	7	11	19	26	43	61	95	127	163
RHH*, RHW*, RHW-2*, THW, THHW, THW-2	8.37	8	2	4	7	12	16	26	37	57	76	98
RHH*, RHW*, RHW-2*, TW, THW, THHW, THW-2	13.3	6	1	3	5	9	12	20	28	43	58	75
	21.2	4	1	2	4	6	9	15	21	32	43	56
RHH*, RHW*, RHW-2*, TW, THW, THHW, THW-2	26.7	3	1	1	3	6	8	13	18	28	37	48
	33.6	2	1	1	3	5	6	11	15	23	31	41
	42.4	1	1	1	1	3	4	7	11	16	22	28
	53.5	1/0	1	1	1	3	4	6	9	14	19	24
	67.4	2/0	0	1	1	2	3	5	8	12	16	20
	85.0	3/0	0	1	1	1	3	4	6	10	13	17
	107	4/0	0	1	1	1	2	4	5	8	11	14
	127	250	0	0	1	1	1	3	4	7	9	12

Ilustración 28 - Tabla C-4.- Número máximo de conductores o alambres para aparatos en tubo conduit metálico intermedio (IMC).

En la ilustración 30 se aprecia la tabla 250-122.- Tamaño mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos. Así mismo algunas recomendaciones aplicables. Imagen recuperada de (NOM, 2012).

Tabla 250-122.- Tamaño mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc., sin exceder de: (amperes)	Tamaño			
	Cobre		Cable de aluminio o aluminio con cobre	
	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
15	2.08	14	—	—
20	3.31	12	—	—
60	5.26	10	—	—
100	8.37	8	—	—
200	13.30	6	21.20	4
300	21.20	4	33.60	2
400	33.60	2	42.40	1
500	33.60	2	53.50	1/0
600	42.40	1	67.40	2/0
800	53.50	1/0	85.00	3/0
1000	67.40	2/0	107	4/0
1200	85.00	3/0	127	250
1600	107	4/0	177	350
2000	127	250	203	400
2500	177	350	304	600
3000	203	400	304	600
4000	253	500	380	750
5000	355	700	608	1200
6000	405	800	608	1200

Para cumplir con lo establecido en 250-4(a)(5) o (b)(4), el conductor de puesta a tierra de equipos podría ser de mayor tamaño que lo especificado en esta Tabla.

*Véase 250-120 para restricciones de instalación.

250-124. Continuidad del conductor de puesta a tierra de equipos.

a) Conexiones separables. Conexiones separables, como las que se usan en equipos removibles o clavijas de conexión, coples y contactos, deberán proporcionar que, se conecte primero y se desconecte al último el conductor de puesta a tierra de equipos. No se exigirá "conectar primero y desconectar al último" cuando el equipo enclavado, clavijas, contactos y conectores impidan la energización sin la continuidad de la puesta a tierra.

b) Desconectores. Ningún cortacircuito automático o desconector se debe colocar en el conductor de puesta a tierra de equipos de un sistema de alambrado de inmueble, a menos que la apertura del cortacircuito o desconector desconecte todas las fuentes de alimentación.

250-126. Identificación de las terminales de alambrado de dispositivos. La terminal para la conexión del conductor de puesta a tierra de equipos se debe identificar mediante uno de los siguientes medios:

- (1) Una terminal de tornillo con cabeza de color verde, no fácilmente removable.
- (2) Un terminal de tuerca de color verde, no fácilmente removable.



NOTA Figura 250-126 Un ejemplo de un símbolo utilizado para identificar el Punto de Terminación de la Puesta a Tierra para un Conductor de Puesta a Tierra.

Ilustración 29 - Tabla 250-122.- Tamaño mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos.

Para la ilustración 31, se ejemplificará la tabla 9.- Resistencia y reactancia en corriente alterna para los cables para 600 volts, 3 fases a 60 Hz y 75°C. tres conductores individuales en un tubo conduit. Imagen recuperada de (NOM, 2012).

Area mm²	Tamaño (AWG o kcmil)	Ohms al neutro por kilómetro														
		X _L (Reactancia) para todos los conductores		Resistencia en corriente alterna para conductores de cobre sin recubrimiento			Resistencia en corriente alterna para conductores de aluminio			Z eficaz a <i>FP</i> = 0.85 para conductores de cobre sin recubrimiento			Z eficaz a <i>FP</i> = 0.85 para conductores de aluminio			
		Conduit de PVC o Aluminio	Conduit de acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de Acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de Acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de Acero	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de Acero	
2.08	14	0.190	0.240	10.2	10.2	10.2	—	—	—	8.9	8.9	8.9	—	—	—	
3.31	12	0.177	0.223	6.6	6.6	6.6	—	—	—	5.6	5.6	5.6	—	—	—	
5.26	10	0.164	0.207	3.9	3.9	3.9	—	—	—	3.6	3.6	3.6	—	—	—	
8.36	8	0.171	0.213	2.56	2.56	2.56	—	—	—	2.26	2.26	2.30	—	—	—	
13.30	6	0.167	0.210	1.61	1.61	1.61	2.66	2.66	2.66	1.44	1.48	1.48	2.33	2.36	2.36	
21.15	4	0.157	0.197	1.02	1.02	1.02	1.67	1.67	1.67	0.95	0.95	0.98	1.51	1.51	1.51	
26.67	3	0.154	0.194	0.82	0.82	0.82	1.31	1.35	1.31	0.75	0.79	0.79	1.21	1.21	1.21	
33.62	2	0.148	0.187	0.62	0.66	0.66	1.05	1.05	1.05	0.62	0.62	0.66	0.98	0.98	0.98	
42.41	1	0.151	0.187	0.49	0.52	0.52	0.82	0.85	0.82	0.52	0.52	0.52	0.79	0.79	0.82	
53.49	1/0	0.144	0.180	0.39	0.43	0.39	0.66	0.69	0.66	0.43	0.43	0.43	0.62	0.66	0.66	
67.43	2/0	0.141	0.177	0.33	0.33	0.33	0.52	0.52	0.52	0.36	0.36	0.36	0.52	0.52	0.52	
85.01	3/0	0.138	0.171	0.253	0.269	0.259	0.43	0.43	0.43	0.289	0.302	0.308	0.43	0.43	0.46	
107.2	4/0	0.135	0.167	0.203	0.220	0.207	0.33	0.36	0.33	0.243	0.256	0.262	0.36	0.36	0.36	
127	250	0.135	0.171	0.171	0.187	0.177	0.279	0.295	0.282	0.217	0.230	0.240	0.308	0.322	0.33	
152	300	0.135	0.167	0.144	0.161	0.148	0.233	0.249	0.236	0.194	0.207	0.213	0.269	0.282	0.289	
177	350	0.131	0.164	0.125	0.141	0.128	0.200	0.217	0.207	0.174	0.190	0.197	0.240	0.253	0.262	
203	400	0.131	0.161	0.108	0.125	0.115	0.177	0.194	0.180	0.161	0.174	0.184	0.217	0.233	0.240	
253	500	0.128	0.157	0.089	0.105	0.095	0.141	0.157	0.148	0.141	0.157	0.164	0.187	0.200	0.210	
304	600	0.128	0.157	0.075	0.092	0.082	0.118	0.135	0.125	0.131	0.144	0.154	0.167	0.180	0.190	
380	750	0.125	0.157	0.062	0.079	0.069	0.095	0.112	0.102	0.118	0.131	0.141	0.148	0.161	0.171	
507	1000	0.121	0.151	0.049	0.062	0.059	0.075	0.089	0.082	0.105	0.118	0.131	0.128	0.138	0.151	

Notas:

1. Estos valores se basan en las siguientes constantes: conductores del tipo RHH con trenzado de Clase B, en configuración acunada. La conductividad de los alambres es del 100 por ciento IACS para cobre y del 61 por ciento IACS para aluminio; la del conduit de aluminio es del 45 por ciento IACS. No se tiene en cuenta la reactancia capacitiva, que es insignificante a estas tensiones. Estos valores de resistencia sólo son válidos a 75 °C y para los parámetros dados, pero son representativos para los tipos de alambres para 600 volts que operen a 60 Hz.

2. La impedancia (Z) eficaz se define como $R \cos(\theta) + X \sin(\theta)$, en donde θ es el ángulo del factor de potencia del circuito. Al multiplicar la corriente por la impedancia eficaz se obtiene una buena aproximación de la caída de tensión de línea a neutro. Los valores de impedancia eficaz de esta tabla sólo son válidos con un factor de potencia de 0.85. Para cualquier otro factor de potencia (FP) del circuito, la impedancia eficaz (Ze) se puede calcular a partir de los valores de R y XL dados en esta tabla, como sigue: $Ze = R \times FP + X_L \sin[\arccos(FP)]$.

Ilustración 30 - Tabla 9.- Resistencia y reactancia en corriente alterna para los cables para 600 volts, 3 fases a 60 Hz y 75°C. tres conductores individuales en un tubo conduit.

Así mismo se tendrán valores específicos para los motores, ya sean monofásicos o trifásicos. En la ilustración 32 se observa la tabla 430-248 Corriente a plena carga de motores monofásicos de corriente alterna, por ende, en la ilustración 33 será para motores trifásicos. imágenes recuperadas de (NOM, 2012).

Tabla 430-248 Corriente a plena carga de motores monofásicos de corriente alterna

Los siguientes valores de corriente a plena carga corresponden a motores que funcionan a la velocidad usual y motores con características normales de par. Las tensiones listadas son las nominales de los motores. Las corrientes listadas deben utilizarse para sistemas de tensiones nominales de 110 a 120 volts y de 220 a 240 volts.

kW	hp	115 volts	127 volts	208 volts	230 volts
		Amperes			
0.12	$\frac{1}{8}$	4.4	4	2.4	2.2
0.19	$\frac{1}{4}$	5.8	5.3	3.2	2.9
0.25	$\frac{1}{3}$	7.2	6.5	4	3.6
0.37	$\frac{1}{2}$	9.8	8.9	5.4	4.9
0.56	$\frac{3}{4}$	13.8	11.5	7.6	6.9
0.75	1	16	14	8.8	8
1.12	1 $\frac{1}{2}$	20	18	11	10
1.5	2	24	22	13.2	12
2.25	3	34	31	18.7	17
3.75	5	56	51	30.8	28
5.6	7 $\frac{1}{2}$	80	72	44	40
7.5	10	100	91	55	50

Ilustración 31 - Tabla 430-248 Corriente a plena carga de motores monofásicos de corriente alterna

Tabla 430-250 Corriente a plena carga de motores trifásicos de corriente alterna

Los siguientes valores de corrientes de plena carga son típicos para motores que funcionan a las velocidades usuales de motores con bandas y motores con características normales de par.

Las tensiones enumeradas son las nominales de los motores. Las corrientes enumeradas se permitirán para sistemas con intervalos de tensión de 110 a 120 volts, 220 a 240 volts, 440 a 480 volts y 550 a 600 volts.

kW	hp	Tipo de inducción de jaula de ardilla y de rotor devanado. (amperes)							Tipo sincrónico de factor de potencia unitario* (amperes)			
		115 volts	200 volts	208 volts	230 volts	460 volts	575 volts	2300 volts	230 volts	460 volts	575 volts	2300 volts
0.37	½	4.4	2.5	2.4	2.2	1.1	0.9	—	—	—	—	—
0.56	¾	6.4	3.7	3.5	3.2	1.6	1.3	—	—	—	—	—
0.75	1	8.4	4.8	4.6	4.2	2.1	1.7	—	—	—	—	—
1.12	1 ½	12	6.9	6.6	6	3	2.4	—	—	—	—	—
1.5	2	13.6	7.8	7.5	6.8	3.4	2.7	—	—	—	—	—
2.25	3	—	11	10.6	9.6	4.8	3.9	—	—	—	—	—
3.75	5	—	17.5	16.7	15.2	7.6	6.1	—	—	—	—	—
5.6	7 ½	—	25.3	24.2	22	11	9	—	—	—	—	—
7.5	10	—	32.3	30.8	28	14	11	—	—	—	—	—
11.2	15	—	48.3	46.2	42	21	17	—	—	—	—	—
14.9	20	—	62.1	59.4	54	27	22	—	—	—	—	—
18.7	25	—	78.2	74.8	68	34	27	—	53	26	21	—
22.4	30	—	92	88	80	40	32	—	63	32	26	—
29.8	40	—	120	114	104	52	41	—	93	41	33	—
37.3	50	—	150	143	130	65	52	—	104	52	42	—
44.8	60	—	177	169	154	77	62	16	123	61	49	12
56	75	—	221	211	192	96	77	20	155	78	62	15
75	100	—	285	273	248	124	99	26	202	101	81	20
93	125	—	359	343	312	156	125	31	253	126	101	25
112	150	—	414	396	360	180	144	37	302	151	121	30
150	200	—	552	528	480	240	192	49	400	201	161	40
187	250	—	—	—	—	302	242	60	—	—	—	—
224	300	—	—	—	—	361	289	72	—	—	—	—
261	350	—	—	—	—	414	336	83	—	—	—	—

Ilustración 32 - Tabla 430-250 Corriente a plena carga de motores trifásicos de corriente alterna

3.5 Resultados obtenidos de las simulaciones de control eléctrico

En este proyecto, se realizaron simulaciones del sistema de control eléctrico utilizando CADE Simu para representar y analizar el comportamiento de los componentes eléctricos en el cuarto de máquinas, como los ventiladores, interruptores y motores. A continuación, se detallan los resultados obtenidos de estas simulaciones:

Por ende, también es importante recalcar que el método empleado para el arranque de este motor fue por tensión reducida estrella – delta. Realizar una simulación estrella-delta a tensión reducida permite optimizar el diseño, mejorar la seguridad, reducir costos y asegurar un funcionamiento confiable del motor antes de implementarlo en condiciones reales.

Importancia de la simulación estrella-delta a tensión reducida

-  Prevención de fallos y daños: Simular el arranque permite anticipar problemas como picos de corriente, desequilibrios de tensión o errores en la conmutación de estrella a delta, que podrían dañar el motor o la instalación.
-  Verificación del comportamiento del motor: Permite observar cómo responde el motor durante el arranque, evaluando si el par generado es suficiente para la carga, y si la transición estrella-delta se realiza correctamente.
-  Optimización del diseño del sistema: Ayuda a ajustar parámetros del temporizador, contactores y protección térmica, lo que mejora la eficiencia del sistema.
-  Reducción de riesgos en la instalación real: Al simular previamente, se minimiza la posibilidad de errores en campo, lo que reduce tiempos muertos y aumenta la seguridad.

Beneficios de la simulación a tensión reducida (estrella-delta)

Disminución del pico de corriente de arranque: Se reduce la corriente hasta un 33% de la corriente nominal que tendría en arranque directo, protegiendo la red eléctrica y evitando disparos por sobrecorriente.

-  Protección del motor: Se reduce el esfuerzo mecánico en el eje y el desgaste en los devanados del motor.

-  Menor tensión sobre la red: Especialmente útil en industrias donde múltiples motores arrancan al mismo tiempo, evitando caídas de tensión que afecten otros equipos.

-  Menor necesidad de protección costosa: Al reducir la corriente de arranque, se pueden usar protecciones más económicas y cableado de menor sección, lo que reduce costos.

Simulaciones en CADE Simu:

- Comportamiento del motor: Se simuló el arranque y funcionamiento del motor que alimentará al ventilador. Los resultados mostraron que el motor alcanza su régimen de funcionamiento en un tiempo adecuado, sin presentar sobrecalentamientos ni picos de corriente significativos durante el arranque, lo que confirma el correcto control adecuado de los parámetros eléctricos. véase la ilustración 34

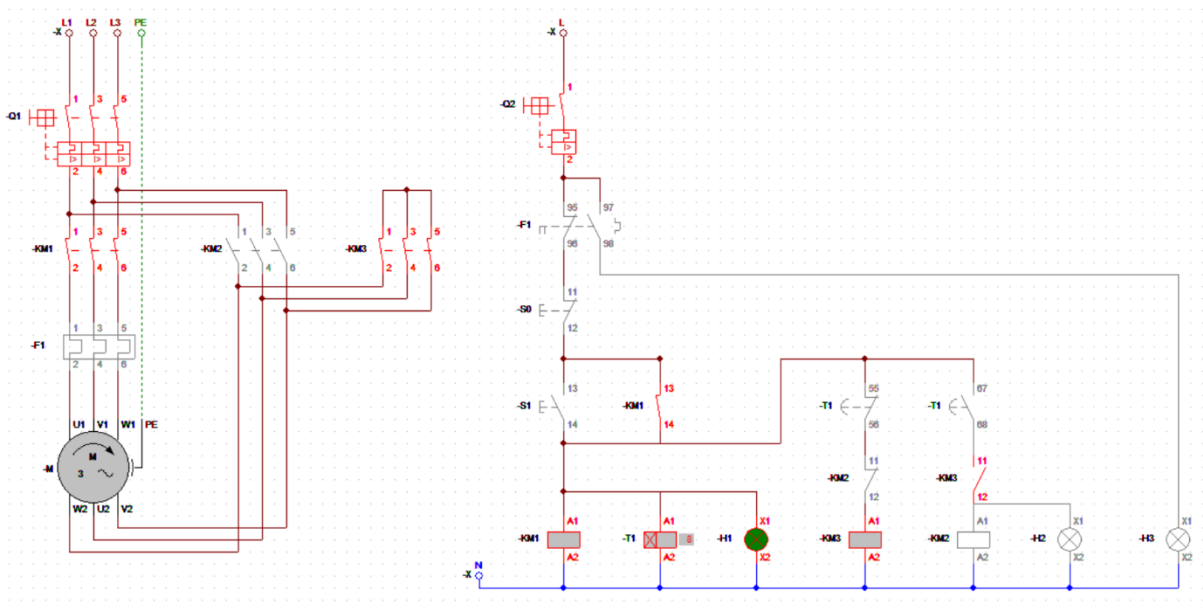


Ilustración 33 - Comportamiento del motor

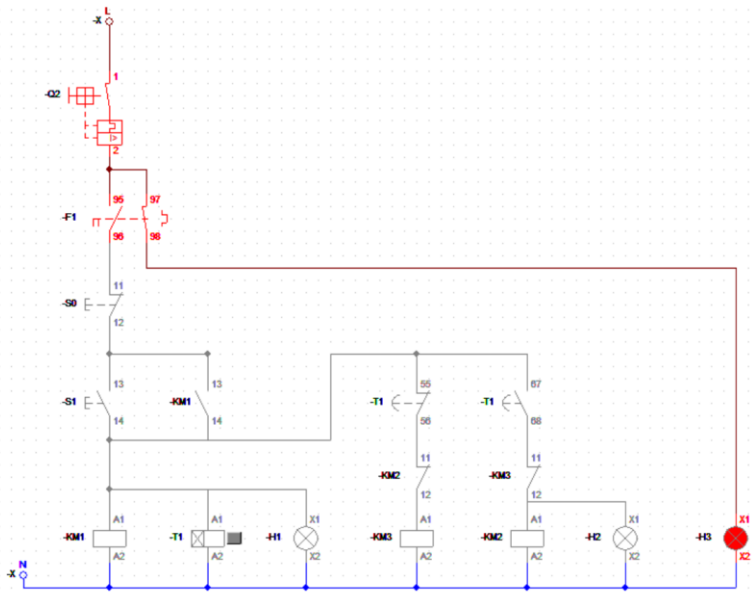


Ilustración 34 - Protección contra sobrecorrientes

✚ Distribución de corriente y tensión: Se validaron las condiciones de distribución de corriente y tensión a través de las distintas fases, lo que permitió verificar que los valores de corriente eran los esperados y que no existían desequilibrios en el sistema que pudieran afectar el rendimiento de los equipos. véase la ilustración 36.

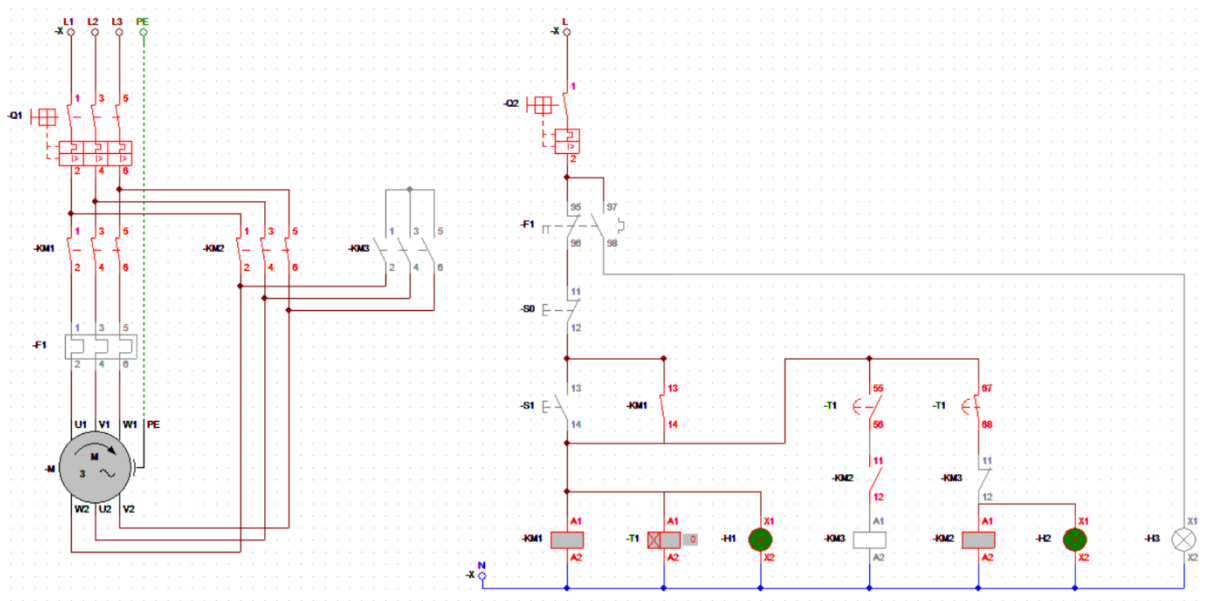


Ilustración 35 - Distribución de corriente y tensión

3.6 Cotización

En el presente proyecto, se realizó una cotización detallada de los equipos y materiales necesarios para la implementación del sistema de ventilación y refrigeración en el cuarto de máquinas, con el objetivo de optimizar el rendimiento de los equipos y garantizar su funcionamiento eficiente. En la tabla 13 se presentan los detalles de la cotización obtenida, destacando los principales componentes que forman parte del proyecto:

Tabla 13 - Cotización - Proyecto "Extracción y suministro de aires especiales para secadoras"

Cantidad	Descripción	Precio
1	Gabinete Metalico Electrico Ip65 Derrant 400x300x200mm Color Gris Ral7035	\$797.55
1	Schneider Electric Contactor Tesys D LC1D09R7	\$784.06
1	Schneider Electric relé térmico LR2K0314	\$890.03
1	Pastilla interruptor para riel DIN 5SL 3X6A 6KA 250/440V	\$621.00
1	Interruptor pulsador NP4-11DN 11DZS 24v 220V 380V 24V 12V 110V AC DC (Color : Green, Size : NP4-11DZS_220V LED)	\$469.81
1	tubo conduit galvanizado pared delgada de 2"	\$384.91
1	tubo conduit galvanizado pared delgada de 1/2 "	\$92.51
1	Volteck TFR-1/2, Tubo flexible liquid tight 1/2", rollo 50 m Volteck	\$1,035
1	Condulet Tipo LB De Aluminio De 1/2 Pulg Gris Argos	\$37.78
1	Caja de registro oval roscada de 2 in gris	\$379.00
1	Conector Tubo Conduit Surtek 136825 Pared Delgada 1/2" 10pz	\$132.00
1	Kit Barra De Tierra Para Tablero, 12 Circuitos, Square D	\$222.64
1	TubeAxial, Extractor Tubo Axial Industrial, MXTEB-001-018	\$47,125.62
1	RhinoAirUltra, Equipo Aire Paquete, MXRHA-001-006	\$95,055.84
	Total	\$148,027.75

3.7 Tiempos y movimientos para instalación

Para Kimberly-Clark de México S.A.B. de C.V. la seguridad es un valor primordial, tanto para sus trabajadores como para los contratistas que llegaran a operar en dicha empresa, por ende, y muy independientemente del E.E.P. correspondiente; toda acción deberá estar a cargo de un supervisor que así mismo brindará una coordinación y a la vez proporcionará un permiso destinado a realizar dichas actividades que pueden llegar a tentar con el bienestar físico y la seguridad del trabajador.

Teniendo en consideración lo ya antes mencionado, en las siguientes ilustraciones (37,38), se ejemplificarán diversos permisos (trabajos en alturas, trabajos en caliente y para trabajos peligrosos) que serán útiles para la ejecución del presente proyecto.

1. Datos Generales

2. Fecha de Realización del trabajo

3. FOLIO 0002 11

4. Solicita (Puede ser el RE o el RO)

5. Llenar espacio de Pre-uss. SI - Nocho NO - No cumplido (se va malicia el trabajo) N/A - No Aplica.

6. Hora exacta de inicio y fin. (NO LA PLANEADA)

7. Firma de Autorización según responsabilidad

8. Firma de verificación por el RE o el RO. Se firma dentro o fuera del recinto por el agente externo

9. Firma del Previsionista a estar presente durante todo el trabajo. Puede ser el RE o el RO

10. Autorización de enfermería posterior a revisión

Ilustración 36 - Permiso para trabajos peligrosos

1. Datos Generales

2. Fecha de finalización del trabajo

2. Solicitante (Puede ser RE o el RO)

4. Llenar inspecciones de Pre-uso.
SI - Hecho
NO - No cumplió (no se usó el trabajo)
N/A - No Aplica

5. Hora exacta de inicio y fin (NO LA PLANEADA)

6. Firma del Prevencionista a estar presente durante todo el trabajo. Puede ser el RE o el RO.

6. Formas de verificación por el RE, RO o P. Se firman durante el trabajo verificando que algo estuvo seguro.

7. Firmas de Autorización según responsabilidad.

8. Autorización de enfermería posterior a revisión.

PERMISO PARA TRABAJOS EN ALTURAS

FOLIO 0004 11

ESTABLECIMIENTO: (LLENAR) DEPARTAMENTO: (LLENAR) FECHA: (LLENAR)

AREA DE TRABAJO: (LLENAR) EQUIPO DE TRABAJO: (LLENAR)

SOLICITANTE: (LLENAR) PUESTO: (LLENAR)

REVISAR LAS PRECAUCIONES QUE DEBEN TOMARSE PARA LA REALIZACIÓN DEL TRABAJO

1. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

2. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

3. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

4. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

5. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

6. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

7. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

8. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

9. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

10. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

11. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

12. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

13. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

14. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

15. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

16. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

17. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

18. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

19. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

20. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

21. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

22. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

23. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

24. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

25. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

26. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

27. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

28. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

29. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

30. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

31. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

32. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

33. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

34. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

35. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

36. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

37. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

38. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

39. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

40. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

41. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

42. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

43. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

44. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

45. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

46. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

47. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

48. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

49. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

50. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

51. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

52. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

53. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

54. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

55. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

56. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

57. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

58. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

59. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

60. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

61. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

62. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

63. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

64. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

65. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

66. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

67. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

68. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

69. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

70. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

71. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

72. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

73. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

74. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

75. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

76. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

77. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

78. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

79. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

80. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

81. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

82. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

83. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

84. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

85. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

86. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

87. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

88. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

89. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

90. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

91. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

92. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

93. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

94. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

95. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

96. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

97. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

98. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

99. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

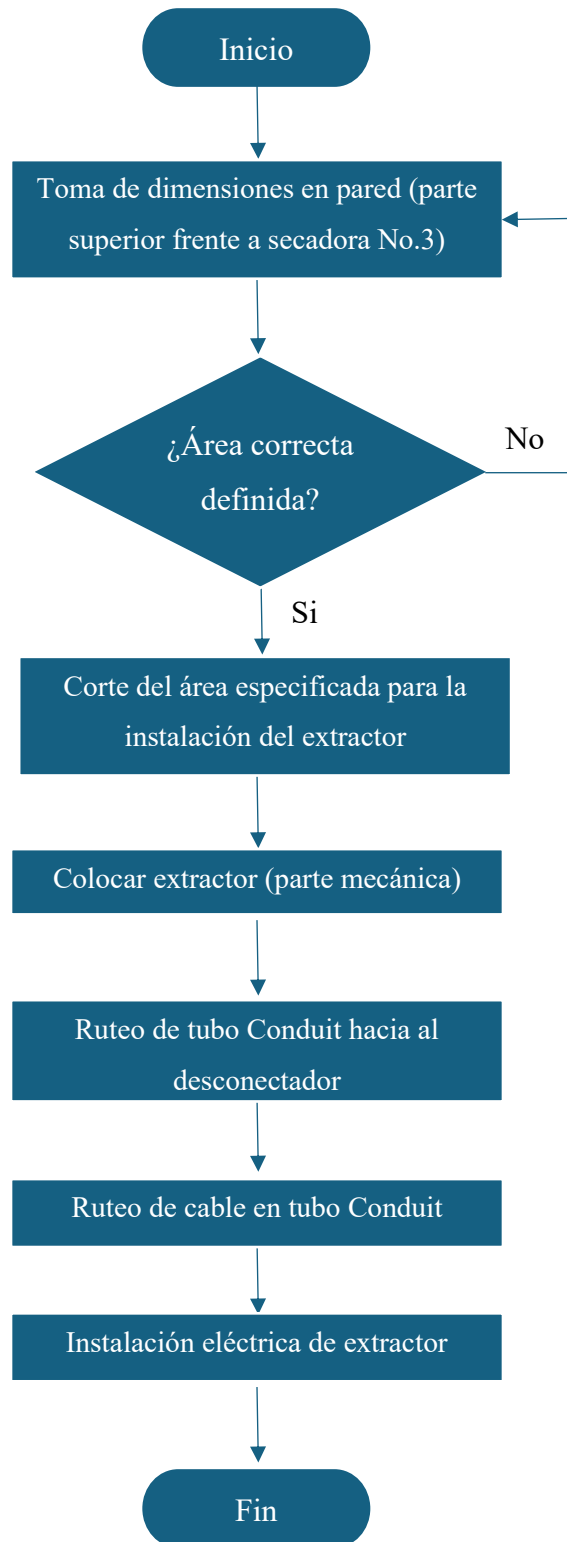
100. Verificar el estado de conservación del equipo de trabajo.

Ilustración 37 - Permiso para trabajo en alturas

Para dar seguimiento con el presente punto. Nos apoyaremos con un cronograma de actividades (véase la tabla 14), ya que así tendremos un control del tiempo; a la vez este mismo tendrá un diagrama de flujo para que se pueda entender de una mejor manera las actividades a realizar correspondientes a cada cronograma.

Tabla 14 - Cronograma, Instalación de extractor de aire tipo helicoidal

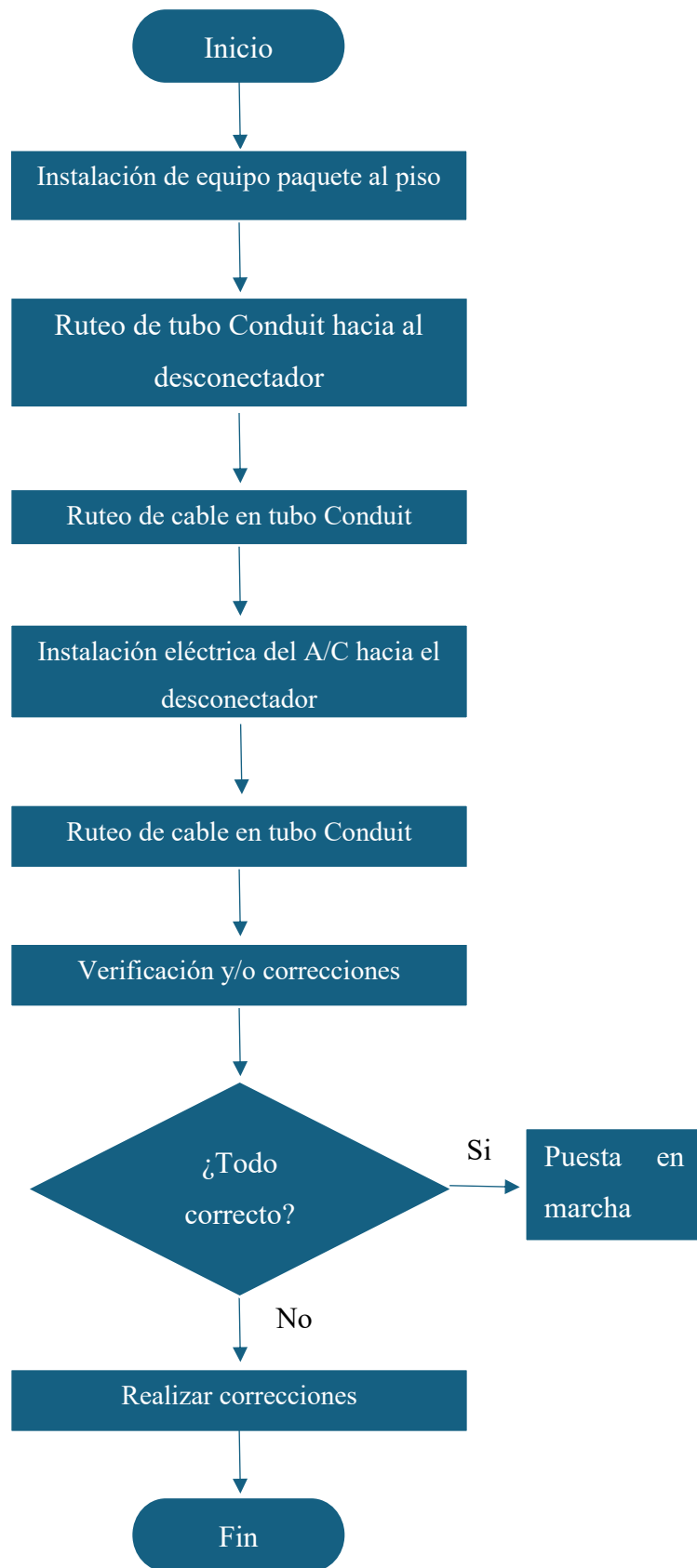
Instalación de extractor de aire tipo helicoidal										
		Periodo por realizar en factor horas								
Actividad que realizar:	Encargado	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00
Toma de dimensiones en pared (parte superior frente a secadora No.3)	Mtto.									
Corte del área especificada para la instalación del extractor	Mtto.									
Colocar extractor (parte mecánica)	Mtto.									
Ruteo de tubo Conduit hacia al desconectador	Mtto.									
Ruteo de cable en tubo Conduit	Mtto.									
Instalación eléctrica de extractor hacia el desconectador	Mtto.									



Por consiguiente y dando seguimiento, se presenta el siguiente cronograma (véase la tabla 15), con relación a las actividades por realizar para la colocación del A/C

Tabla 15 - Colocación de A/C tipo paquete en área de secadora de aire

Colocación de A/C tipo paquete en área de secadora de aire										
		Periodo por realizar en factor horas								
Actividad por realizar:	Encargado	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00
Instalación de equipo paquete al piso	Mtto.									
Ruteo de tubo Conduit hacia al desconectador	Mtto.									
Ruteo de cable en tubo Conduit	Mtto.									
Instalación eléctrica del A/C hacia el desconectador	Mtto.									
Verificación y/o correcciones	Mtto.									
Puesta a marcha	Mtto.									



Conclusiones

Durante el desarrollo del presente proyecto, se identificaron y se analizaron los principales factores que afectan la eficiencia del sistema de secado, centrándose en el estudio de los paros por fallos del equipo, así como en el comportamiento térmico en el cuarto de máquinas. Mediante la recopilación de datos y el análisis de temperaturas, se pudo determinar la influencia directa de las condiciones ambientales e internas en el rendimiento de las secadoras de aire.

Con base en estos estudios, se calcularon caudales de aire y las temperaturas necesarias para garantizar un ambiente óptimo dentro del cuarto de máquinas, de acuerdo con los requisitos técnicos del equipo. Este análisis permitió definir especificaciones claras para la selección e instalación del sistema de extracción y suministro de aire.

Además, se realizó una revisión detallada con el proveedor para garantizar que la infraestructura propuesta cumpliera con los estándares necesarios, tanto en funcionalidad como en viabilidad técnica. También se evaluó el costo total del proyecto, comparando diferentes alternativas para asegurar la mejor relación costo-beneficio.

Finalmente, se estudió el tiempo y los movimientos necesarios para la instalación del sistema, con el objetivo de minimizar las interrupciones operativas y garantizar una implementación eficiente.

A través de este proyecto, no solo se propuso una solución técnica para mejorar el rendimiento del equipo de secado, sino que también se desarrollaron habilidades clave en el análisis de sistemas térmicos, planificación de instalaciones industriales y toma de decisiones basada en datos.

Competencias desarrolladas

En la ejecución de este proyecto, se desarrollaron una serie de competencias técnicas y profesionales clave, que fortalecieron mi perfil como ingeniero.

El estudio del tiempo perdido causado por fallas en los equipos de secado, mejoraron mi capacidad para identificar las causas raíz, analizar datos y proponer soluciones prácticas para reducir tiempo muertos.

Así mismo, el seguimiento del comportamiento de las temperaturas en el cuarto de máquinas permitió adquirir experiencia en el uso de instrumentos de medición, recopilación de datos y su interpretación para la toma de decisiones relacionadas con la ventilación y climatización.

Al calcular flujos de aire y temperaturas requeridas, fortalecieron conocimientos en termodinámica, particularmente en lo que respecta a cargas térmicas, transferencia de calor y requerimientos de ventilación industrial.

Por consiguiente, al revisar e interactuar con los proveedores respecto a la infraestructura necesaria para las mejoras, desarrollaron habilidades de comunicación técnica efectiva, aprendiendo a traducir necesidades operativas en especificaciones claras y entendibles.

Realizar el análisis de costo ayudó a comprender mejor cómo evaluar la rentabilidad de una solución técnica, considerando tanto el costo inicial como el impacto en el ahorro operativo y la continuidad del proceso.

Teniendo en consideración el estudio de tiempos y movimientos para la instalación de mejoras, reforzaron habilidades de planificación, coordinación de recursos y estimación de tiempos reales de ejecución, considerando tanto factores técnicos como de seguridad.

Para finalizar, a lo largo de este proyecto se trabajaron con diferentes áreas (mantenimiento, producción, proveedores), lo cual fortaleció mi capacidad para colaborar en equipo, escuchar distintas perspectivas y tomar decisiones informadas y consensuadas.

Referencias

- Atlas Copco. (2017). *Secadores de aire comprimido: cómo funcionan, que tipos hay y cuál es el que necesito para mi operación*. Perú : <https://www.atlascopco.com/es-pe/compressors/air-compressor-blog/secadores-aire-comprimido-funcionamiento-tipos> .
- Chicago Pneumatic. (2022). *Secadoras de aire*. México: <https://compressors.cp.com/es-latinamerica/expert-corner/blog/faq-secadores-de-aire>.
- David M. UCERSA. (2024). *Sistemas de ventilación forzada industrial*. España: <https://www.ucersa.com/noticias/ventilacion-forzada-industrial>.
- eacsa. (2017). *Tipos de secadores de aire comprimido*. Aguascalientes, México: <https://energiaenaire.com.mx/tipos-secadores-aire-comprimido/> .
- Goribar, E. H. (2005). *Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración*. México: Limusa.
- ISO . (2015). *Sistemas de gestión ambiental — Requisitos con orientación para su uso*. EU: Environmental management systems — Requirements with guidance for use.
- ISO. (2011). *ISO 50001:2011(es) Sistemas de gestión de la energía — Requisitos con orientación para su uso*. E.U: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:50001:ed-1:v1:es>.
- ISO. (2015). *ISO 9001 Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos*. EU: Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos.
- NOM. (2012). *INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACION)*. México: NORMA OFICIAL MEXICANA.
- SCHEMIN. (2023). *Beneficios del mantenimiento de secadores*. España: <https://scheminperu.com/5-beneficios-del-mantenimiento-de-secadores/>.

Schneider Electric. (2017). *¿Cuál es el significado de las categorías de aplicación AC1 y AC3 para los contactores TeSys?* México: Schneider Electric México.

SDIndustrial. (2017). *¿Cómo elegir el mejor aire acondicionado industrial?* Nuevo León, México : <https://sdindustrial.com.mx/blog/aire-acondicionado-industrial/>.

Soluciones en compresores. (2019). *Mantenimiento a secador de aire* . México : <https://solucionesencompresores.com/mantenimiento-a-secadores-de-aire/>.

Zúñiga, P. (2019). *Recomendaciones básicas para la selección de ventiladores*. Santiago de Chile: Instituto de salud pública.

<https://www.mercadolibre.com.mx/gabinete-metalico-electrico-ip65-derrant-400x300x200mm-color-gris-ral7035/p/MLM44002889?pdp>

<https://www.abasteo.mx/Energia/Fuentes-Industriales/Control-Industrial/Contactores/Schneider-Electric-Contactor-Magnetico-LC1D09R7-3-Polos-440V-9A.html>

<https://www.tme.com/mx/es/details/lr2k0314/contactores-equipamiento-adicional/schneider-electric/?brutto=0¤cy=USD>

<https://www.siemsupply.com.mx/00013024-pastilla-interruptor-para-riel-din-5sl-3x6a-6ka-250440v>

[Interruptor pulsador NP4-11DN 11DZS 24v 220V 380V 24V 12V 110V AC DC \(Color : Green, Size : NP4-11DZS_220V LED\) : Amazon.com.mx: Herramientas y Mejoras del Hogar](#)

<https://www.surtidorelectrico.com.mx/products/tubo-conduit-pd?variant=46951928135926>

<https://www.surtidorelectrico.com.mx/products/tubo-conduit-pd?variant=46951928004854>

[Volteck TFR-1/2, Tubo flexible liquid tight 1/2", rollo 50 m Volteck : Amazon.com.mx: Herramientas y Mejoras del Hogar](#)

https://ferreabasto.com/products/condulet-tipo-lb-de-aluminio-de-1-2-pulg-gris-argos?variant=41777875320941&country=MX¤cy=MXN&utm_medium=product_sync&utm_source=google&utm_content=sag_organic&utm_campaign=sag_organic&srsltid=AfmBOorgE-Xt1m68OkZQXn5lEY1C-qIg2AMtOcLRn7JNhlX7QmkmGfIKIvw

https://www.homedepot.com.mx/p/rawelt-caja-de-registro-oval-roscada-2-pulgadas-gris-oc-2627-c-808889?gad_source=4&gad_campaignid=20288275081&gbraid=0AAAAADf3YBvxzdI-pyaXDk3ufX3-4HpOM&gclid=CjwKCAjwi-DBBhA5EiwAXOHsGeGg5fDihK411w2GLiyy70Beak_p63aGkoKe7fqTp5pFXhMC6bkQTRoCppcQAvD_BwE&gclsrc=aw.ds

[Conector Tubo Conduit Surtek 136825 Pared Delgada 1/2" 10pz | MercadoLibre](#)

<https://nakomsa.com/esp/item/1577/99/ventilador-tubo-axial-avr-sp>

<https://ventdepot.mx/products/tubeaxial-extractor-tubo-axial-industrial-mxteb-001-018?variant=41083175960661>

<https://ventdepot.mx/products/rhinoairultra-equipa-aire-paquete-mxrha-001-006?variant=22091767087189>