



Universidad
Nacional de
Ingeniería

Facultad de Tecnología de la Industria

Sistema de ventilación para acondicionar el Taller de Maquinas Herramientas en el área de prácticas de laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) en el recinto RUPAP.

Trabajo Monográfico para optar al título de Ingeniero Mecánico.

Elaborado por:

Br. Edwin Mauricio
Delgado Fuentes.
Carnet: 2017-1317U

Br. Kendrish
Abraham García
Hernández.
Carnet: 2017-0981U

Br. José Luis
Pantoja Ruiz.
2017-0668U

Tutor:

Ing. Henry Abel
Fonseca Jarquín.

22 de marzo de 2023
Managua, Nicaragua

Tema

Sistema de ventilación para acondicionar el Taller de Máquinas Herramientas en el área de prácticas de laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) en el recinto RUPAP.

Índice.

| | |
|---|----------|
| Capítulo 1 | 1 |
| 1.1 Introducción. | 1 |
| 1.2 Objetivos. | 2 |
| 1.2.1 Objetivo general. | 2 |
| 1.2.2 Objetivos específicos. | 2 |
| 1.3 Descripción del local. | 3 |
| Capítulo 2 | 4 |
| 2.1 Marco teórico | 4 |
| 2.1.1 Generalidades de la ventilación | 4 |
| 2.1.2 Funcionamiento de un sistema de ventilación | 4 |
| 2.1.3 Razones principales para la ventilación | 6 |
| 2.1.4 Tipos de ventilación | 6 |
| 2.1.4.1 Ventilación natural | 7 |
| 2.1.4.2 Ventilación mecánica | 7 |
| 2.1.5 Tipos de ventiladores | 7 |
| 2.1.5.1 Ventilador centrífugo | 7 |
| 2.1.5.2 Ventilador con álabes curvados hacia adelante. | 8 |
| 2.1.5.3 Ventilador con álabes curvados hacia atrás. | 8 |
| 2.1.5.4 Ventilador con álabes radiales. | 8 |
| 2.1.5.5 Algunas reglas de ventiladores. | 8 |
| 2.1.6 Conceptos y magnitudes. | 9 |
| 2.1.6.1 Viento | 9 |
| 2.1.6.2 Turbulencia | 9 |
| Caudal | 9 |
| Presión | 9 |
| 2.1.6.3 Existen tres clases de presión | 9 |
| 2.1.6.3.1 Presión estática, Pe. | 9 |
| 2.1.6.3.2 Presión dinámica, Pd. | 10 |
| 2.1.6.3.3 Presión total, Pt. | 10 |
| 2.1.6.4 Aire. | 10 |
| 2.1.6.4.1 Aire húmedo. | 11 |
| 2.1.6.4.2 Aire seco | 11 |
| 2.1.7 Propiedades físicas del aire | 11 |
| 2.1.7.1 Densidad del aire | 11 |

| | | |
|---------------------------|---|-----------|
| 2.1.7.2 | Peso del aire. ----- | 11 |
| | Calor específico. ----- | 12 |
| 2.1.8 | Calor. ----- | 12 |
| 2.1.8.1 | Calor Sensible. ----- | 12 |
| 2.1.8.2 | Calor Latente de Evaporación ----- | 12 |
| 2.1.9 | Presión. ----- | 12 |
| Temperatura. ----- | | 12 |
| 2.1.10 | Psicometría ----- | 13 |
| 2.1.11 | CFM ----- | 13 |
| 2.1.11.1 | Definición ----- | 13 |
| 2.1.12 | Renovaciones de aire por hora ----- | 13 |
| 2.1.13 | Carta Psicométrica ----- | 13 |
| 2.1.14 | Mecanismo de Transferencia de calor ----- | 14 |
| 2.1.14.1 | Conducción. ----- | 15 |
| 2.1.14.2 | Convección. ----- | 15 |
| 2.1.14.3 | Radiación. ----- | 15 |
| 2.1.15 | Cálculos de Cargas de Enfriamiento ----- | 16 |
| 2.1.16 | Instrumentos de medición ----- | 16 |
| 2.1.16.1 | Termómetros ----- | 17 |
| 2.1.16.2 | Anemómetros ----- | 17 |
| 2.1.16.3 | Higrómetros ----- | 18 |
| 2.1.16.4 | Ergonomía ----- | 19 |
| 2.1.16.5 | Monitor de estrés térmico ----- | 19 |
| 2.1.17 | Estrés térmico ----- | 20 |
| 2.1.18 | Ganancia de calor en recintos. ----- | 21 |
| 2.1.18.1 | Conducción de calor a través de estructura exterior. ----- | 21 |
| 2.1.18.2 | Conducción a través de estructura interior. ----- | 22 |
| 2.1.19 | Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento. ----- | 22 |
| 2.1.19.1 | Radiación Solar a través de vidrios. ----- | 22 |
| 2.1.19.2 | Ganancia de calor por alumbrado. ----- | 22 |
| 2.1.19.3 | Ganancia de calor por Personas. ----- | 22 |
| 2.1.19.4 | Ganancia de calor por Equipos. ----- | 23 |
| 2.1.19.5 | Ganancia de calor por Infiltración. ----- | 23 |
| 2.1.21 | Estándar ANSI/ASHRAE 62.1-2016. Ventilación para una calidad adecuada para el aire interior. 23 | |
| 2.1.21.1 | Objetivo. ----- | 23 |
| 2.2 | Diseño metodológico. ----- | 24 |

| | | |
|-------------------|--|-----------|
| 2.3 | Variables. | 26 |
| Capítulo 3 | | |
| 3.1 | Análisis de datos de trabajo del local. | 27 |
| 3.1.1 | Orientación Geográfica. | 27 |
| 3.2 | Análisis de datos interiores. | 27 |
| 3.2.1 | Análisis de la temperatura del local | 27 |
| 3.2.2 | Análisis de la humedad relativa dentro del local. | 28 |
| 3.2.3 | Determinación del área del local | 28 |
| 3.2.4 | Determinación del área total de trabajo | 29 |
| 3.2.5 | Determinación del volumen del local | 29 |
| 3.3 | Análisis de estrés térmico dentro del local. | 30 |
| 3.3.1.1 | Estimación del estrés térmico dentro del local | 31 |
| 3.3.1.2 | Determinación del tiempo de operación por persona | 31 |
| 3.4 | Análisis de datos exteriores | 32 |
| 3.4.1 | Determinación ideal de los caudales | 32 |
| 3.4.2 | Determinación de la velocidad de viento. | 32 |
| 3.4.2.1 | Calculando velocidad a m/min. | 33 |
| 3.4.2.2 | Determinación del área del caudal | 33 |
| 3.4.2.2.1 | Determinando área de los ventanales y puerta. | 35 |
| 3.4.2.2.2 | Calculando caudal | 35 |
| 3.4.3 | Determinación real de la entrada de aire. | 36 |
| 3.5 | Comparación con la norma 62.1 de ASHRAE | 37 |
| 3.5.1 | Definición | 37 |
| 3.5.2 | Determinación del caudal de aire exterior. | 38 |
| 3.5.3 | Efectividad de la distribución de aire en la zona | 40 |
| 3.5.3.1 | Determinación de caudal de aire exterior en la zona. | 41 |
| 3.6 | Procedimiento de ventilación natural | 41 |
| 3.6.1 | Superficie de plantas que deben ser ventiladas | 41 |
| 3.6.2 | Aberturas por los dos lados | 41 |
| 3.6.2.1 | Determinando las distancias entre las aberturas | 42 |
| 3.7 | Ubicación y tamaño de las aberturas | 42 |
| 4 | Conclusiones. | 43 |
| 5 | Recomendaciones | 44 |

| | | |
|----------|-----------------------------------|-----------|
| 6 | <i>Bibliografía.</i> ----- | 45 |
| 7 | <i>Anexos.</i> ----- | 46 |

Índice de ilustraciones.

| | |
|---|----|
| <i>Ilustración 1. Ciclo básico de un sistema de ventilación</i> | 5 |
| <i>Ilustración 2. Sistema de ventilación residencial.</i> | 8 |
| <i>Ilustración 3. Componentes del aire.</i> | 11 |
| <i>Ilustración 4. Carta psicrometrica.</i> | 14 |
| <i>Ilustración 5. Termómetro.</i> | 17 |
| <i>Ilustración 6. Anemómetro.</i> | 18 |
| <i>Ilustración 7. Higrómetro.</i> | 19 |
| <i>Ilustración 8. Monitor de estrés térmico.</i> | 20 |
| <i>Ilustración 9. Distancia entre la pared y el tapasol.</i> | 34 |
| <i>Ilustración 10. Ingreso del flujo de aire al local.</i> | 35 |
| <i>Ilustración 11. Obstrucción a la entrada de aire a los ventanales.</i> | 37 |

Índice de tablas.

| | |
|---|----|
| <i>Tabla 1. Datos de temperaturas interiores dentro del Taller.</i> | 28 |
| <i>Tabla 2. Trabajo energético según el trabajo de la persona.</i> | 31 |
| <i>Tabla 3. Tiempo máximo de permanencia.</i> | 32 |
| <i>Tabla 4. Velocidad del viento, brindadas por INETER.</i> | 33 |
| <i>Tabla 5. Tasa mínima de ventilación en la zona de respiración.</i> | 39 |
| <i>Tabla 6. Efectividad de la distribución de aire en la zona.</i> | 40 |

Índice de anexos.

| | |
|---|----|
| <i>Anexo 1. Tabla de dirección del viento, obtenidas por INETER.</i> ----- | 46 |
| <i>Anexo 2. Ventanales obstruidos dentro del Taller de Máquinas Herramienta</i> ----- | 46 |
| <i>Anexo 3. Caudales requeridos, de acuerdo al manual práctico de ventilación Soler & Palau</i> ----- | 47 |
| <i>Anexo 4. Sensaciones térmicas según la velocidad del viento. Soler & Palau.</i> ----- | 48 |
| <i>Anexo 5. Área de prácticas del Taller de Maquinas Herramientas.</i> ----- | 48 |
| <i>Anexo 6. Medición de temperatura y humedad relativa dentro del taller.</i> ----- | 49 |
| <i>Anexo 7. Numero aconsejable de renovaciones de aire, de acuerdo a norma DIN 1946.</i> ----- | 49 |

DEDICATORIA

“Por cuanto me has alegrado, oh Jehová, con tus obras; en las obras de tus manos me gozo”

Salmos 92:4.

Dedico con todo mi corazón este trabajo a mi Dios por darme la fuerza necesaria para culminar esta meta y a mi madre María Elena Fuentes, pues sin ella no lo habría logrado. Tu bendición a lo largo de todos estos años protegiéndome y llevándome por el camino del bien. Les doy mi trabajo en ofrenda por su amor y paciencia, los amo.

AGRADECIMIENTOS

A mis hermanos Jhosselyn Delgado, Lester Gonzales, Allan Gonzales, Guillermo Fuentes.

A mi papá Luis Mauricio Delgado Sánchez y Martha Pérez.

A mi novia Naara Pilarte, sus padres Jaime Pilarte y Silvia Martínez

A mis amigos y compañeros de clases Kendrish García, Carlos Maltéz, Oscar Mercado, Hamilton Castro, Joe Aguilar, Iván Morales.

Gracias a todos ellos y muchas otras personas por su apoyo de diversas maneras en cada etapa y momento.

Edwin Mauricio Delgado Fuentes.

DEDICATORIA.

Primeramente, quiero dedicar este logro a mi Padre eterno que me ha permitido llegar hasta este momento, por darme sabiduría y fortaleza a lo largo de estos años y por regalarme salud hasta este momento. Confiando que su amor y misericordia no terminan aquí, sino que este es otro de los muchos logros que conseguiré en honra y gloria suya.

Así mismo dedico y agradezco a mi hermana Lisbania García por su apoyo y consejos que nunca han faltado de su parte. A mí primo Denis García, a mis amigos Edwin, Carlos, Oscar y personas muy especiales en mi vida Geovanna, María y mi sobrino Fahrid.

Por último, doy gracias a mis ancianos padres quienes me han traído hasta este momento. Al señor evangelista Denis García que gracias a Dios y a él nunca faltó el pasaje en mi bolsillo y a la ama de casa María Hernández que a pesar de sus dolores y enfermedades siempre garantizó que no me faltara nada. Gracias Dios por prestármelos hasta el día de hoy. Este y todos los logros que he alcanzado son más de ellos que míos.

“A ti, Dios de mis padres, te doy gracias y te alabo, porque me has dado fuerza y sabiduría”.

Daniel 2:23.

Kendrish Abraham García Hernández.

DEDICATORIA.

A mi poder superior que en mi caso especial es Dios padre por haberme permitido sabiduría entendimiento, por cuidarme y darme salud para llegar hasta este logro de mi vida a realizar mi tesis.

A mis padres, Lesbia Azucena Ruiz y Heberto Gerardo Pantoja, con todo el corazón de mi vida le dedico esta monografía le doy las gracias por haberme inculcado ser responsable, honesto, y perseverante apoyarme en etapas difíciles y darme ánimos positivos.

A mi hermano Joseph Abdul Pantoja Ruiz por haberme apoyado en mis estudios y aconsejándome que seguiría para adelante hasta lograr mi culminación de estudio.

A mi novia Askeniaz Gisselle Ríos por ser una persona que siempre estuvo en los buenos y malos momentos de mi vida y dándome consejos de superación le doy las gracias por aportar en mis estudios.

A mis amigos Gabriel y Danilo que pasamos días difíciles de la Universidad y también días alegres gracias por acompañarme todo este tiempo de estudio.

José Luis Pantoja Ruiz.

Capítulo 1

1.1 Introducción.

Los sistemas de ventilación también denominados instalaciones de la ingeniería de ventilación y climatización, se encargan de un cambio de aire en viviendas, oficinas o instalaciones operativas. En los sistemas de ventilación no solamente se trata de la entrada y salida de aire sino también de una contemplación de la energía térmica.

La ventilación en talleres como el Taller de Máquinas Herramientas de la Facultad de Tecnología de la Industria no necesariamente requiere de disminuir la temperatura del aire, en este caso lo que se requiere es que se realicen los cambios de aire necesarios para evacuar el aire estacionario que por efecto de confinamiento no se desplaza, causando el incremento en la Temperatura y la humedad relativa.

La inadecuada ventilación en el área de prácticas de laboratorio es la causa de factores como dolor de cabeza, fatiga, confusión y abundante sudoración debido al estrés térmico al que están expuestos estudiantes y docentes. Este estudio pretende realizar un análisis que permita dar aportes a las posibles alternativas para que estudiantes y docentes tengan mejores condiciones climáticas y ergonómicas al realizar las prácticas de laboratorio.

Dicho estudio iniciará con un dimensionamiento del local del área de prácticas de laboratorio, así también la recopilación de datos (temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, humedad relativa etc.) los cuales serán utilizados para hacer un análisis de la carga térmica por el método "Diferencia de Temperatura por Cargas de Enfriamiento (DTCE), posteriormente esta información será vital para realizar una comparación entre la norma Standard 62.1-2019 Ventilation of Health Care Facilities de la American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) referentes a "ventilación para una calidad aceptable de aire interior" también comparar con base en la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense de Eficiencia Energética (NTON 10 017-09) y finalmente presentar las posibles alternativas para mejorar las condiciones de ventilación en el taller para que los estudiantes y docentes puedan desarrollar eficientemente sus actividades.

1.2 Objetivos.

1.2.1 Objetivo general.

- Evaluar el sistema de ventilación ubicado en el Taller de Máquinas Herramientas de la Facultad de Tecnología de la Industria (FTI), utilizando "Calculo de CFM y renovación de aire interior" y la normativa 62.1-2019 de ASHRAE.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Realizar levantamiento físico del local para evaluar el volumen del entorno a ventilar y sus características.
- Recopilar información de las propiedades psicométricas del local, tales como: temperatura de bulbo seco y humedad relativa para evaluar el entorno de estrés térmico.
- Comparar los resultados obtenidos en la evaluación de los caudales y requerimientos básicos de la Norma Standard 62.1-2019 de la (ASHRAE) para verificar las condiciones de trabajo en el Taller de Máquinas Herramientas.
- Recomendar las posibles soluciones que podrían brindar una mejor sensación de confort dentro del Taller de Máquinas Herramientas, con el fin de desarrollar eficientemente las actividades académicas de investigación y extensión por los estudiantes y docentes.

1.3 Descripción del local.

La Universidad Nacional de ingeniería consta de cinco recintos universitarios. Uno de ellos es el RUPAP de está ubicado en la ciudad de Managua capital de Nicaragua, Villa del Progreso, distrito 6, éste atiende a cinco carreras de la oferta académica de la UNI y cada una ellas consta con diferentes talleres y laboratorios para las carreras. La FTI tiene dentro de sus espacios el Taller de Máquinas Herramientas.

El Taller de Máquinas Herramientas es un taller abierto donde se realizan prácticas de laboratorio, sirve de apoya para la realización de proyectos de investigación a las carreras de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial; cuenta con máquina herramientas como tornos, fresadoras, taladradoras etc. Se realizan prácticas de laboratorio a las asignaturas de Procesos de Manufactura I y II, Diseños de Elementos de Máquinas I y II, Máquinas Herramientas, Metalurgia y Tecnología Mecánica.

Cuenta con un área de 241.65 m² una altura mínima de 5.0 m, una altura máxima de 6.0 m, este espacio a su vez está dividido por una oficina. El taller tiene un área neta de 208.06m² manteniendo las mismas alturas, las paredes de este taller son de color blanco hueso, sin cielo raso y piso de concreto puertas de acceso de madera con rejillas en la parte alta de las paredes este y oeste, el taller consta también con 40 lámparas fluorescentes, 4 extractores eólicos de techo y 12 ventiladores de techo.

Capítulo 2

2.1 Marco teórico

2.1.1 Generalidades de la ventilación

La ventilación consiste en aquel proceso, el cual tiene como objetivo disipar la concentración de aire en un ambiente con el fin de beneficiar las condiciones laborales, ya que cuando un ambiente no tiene una ventilación adecuada no se llega a tener una producción óptima. (Manual práctico de la ventilación. Soler & Palau, 2012, pag. 6).

La ventilación también se puede definir como la limpieza del aire para un ambiente laboral con altas concentraciones de gases y humores. Para la disipación o ventilación de un ambiente de trabajo se diseñan circuitos de ventilación, los cuales se encargarán de conducir el aire concentrado en un lugar de trabajo hacia la ventilación (“Técnicas de climatización”, ingeniería climática. Gunt Hamburg, 2014, pag. 2).

2.1.2 Funcionamiento de un sistema de ventilación

La ventilación de los seres vivos, las personas entre ellos, les resuelve funciones vitales como el suministro de oxígeno para su respiración y a la vez les controla el calor que producen y les proporciona condiciones de confort, afectando a la temperatura, la humedad y la velocidad del aire. La ventilación de máquinas o de procesos industriales permite controlar el calor, la toxicidad de los ambientes o la explosividad potencial de los mismos, garantizando en muchos casos la salud de los operarios que se encuentran en dichos ambientes de trabajo. (Manual práctico de la ventilación. Soler & Palau, 2012, pag. 6).

Para efectuar una ventilación adecuada hay que atender a:

- a) Determinar la función a realizar (el calor a disipar, los tóxicos a diluir, los sólidos a transportar, etc.)
- b) Calcular la cantidad de aire necesaria.
- c) Establecer el trayecto de circulación del aire.

En los sistemas de ventilación no solamente se trata de la entrada y salida de aire, sino también de una contemplación de la energía térmica: Unos sistemas de ventilación sofisticados pueden transferir el calor del aire saliente al aire entrante, de modo que apenas se pierde energía térmica.

Básicamente se diferencia entre tres tipos de sistemas:

- Sistema de aire de salida: el aire "viciado" del edificio se disipa hacia el exterior (aire de escape).
- Sistema de ventilación: un sistema de aire entrante se encarga de la entrada de aire exterior en las viviendas, adicionalmente al sistema de aire de salida.
- Diversas técnicas, cuya finalidad es el ahorro de energía calorífica, p.ej., vía recuperación de calor o tubo enfriador subterráneo.
- Bajo el término "ventilación controlada de viviendas" se resumen todos estos sistemas. Una ventilación incontrolada de viviendas, sin embargo, es la ventilación libre de viviendas a través de ventanas, por juntas o por pozos.

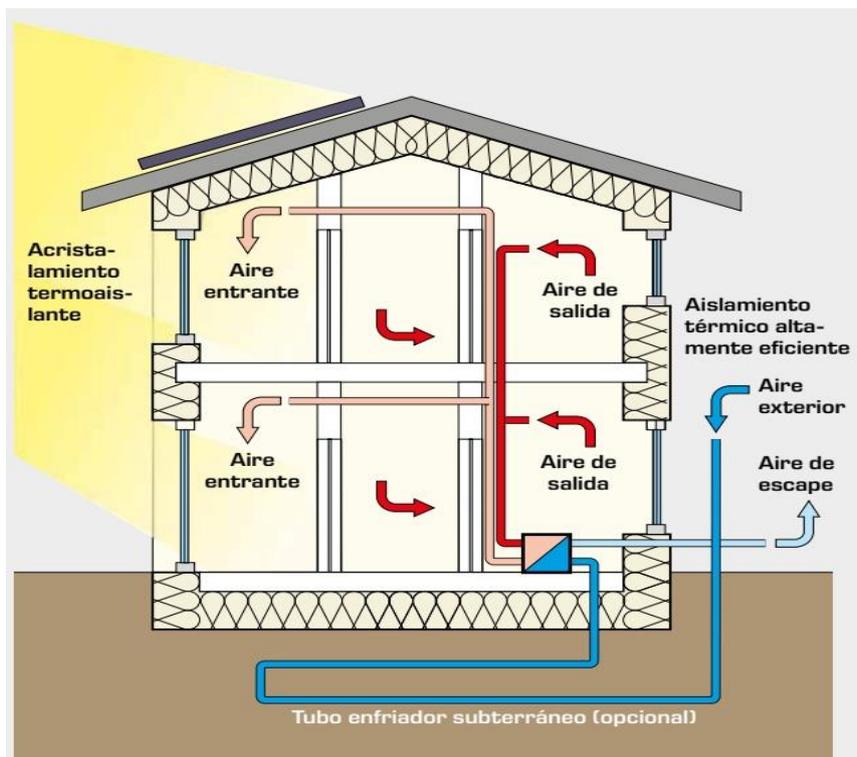


Ilustración 1. Ciclo básico de un sistema de ventilación

2.1.3 Razones principales para la ventilación

Una de las principales razones es el cuidado de la seguridad y salud de nuestros trabajadores, además de que una adecuada ventilación ayuda a diluir los contaminantes y asegura que el aire respirado por los trabajadores no sea perjudicial para su salud. Dentro de las principales razones para acudir a un sistema de ventilación tenemos

- La salud en el centro de trabajo.
- Mayor eficiencia energética y ahorro en electricidad o suministros.
- Automatización.
- Mayor confort en el área laboral.
- Presente y futuro de la construcción.

2.1.4 Tipos de ventilación

La ventilación puede clasificarse básicamente en dos grupos tales como la ventilación natural y la ventilación mecánica, los cuales también pueden combinarse ya que es de gran importancia el área que se desea ventilar porque para utilizar los circuitos o canales de ventilación y hacer que el aire viaje desde el interior del socavón hacia el exterior los circuitos de ventilación trabajaran conjuntamente con un ventilador y un aspirante para poder disipar y eliminar la concentración de aire encontrada (Llancho Alhuirca U. C y Castro Cuba. “estudio de un sistema de ventilación para el control químico y Físico U.O”. Perú, 2020, pag.10).

Para obtener una ventilación eficiente y tener un ambiente de trabajo con óptimas condiciones se debe tener en cuenta los siguientes factores.

- Caudal requerido por el número de trabajadores (QTr).
- Caudal requerido por el consumo de madera (QMa).
- Caudal requerido por temperatura en las labores de trabajo (QTe).
- Caudal requerido por equipo con motor petrolero (QEq).
- Caudal requerido por fugas (QFu).

2.1.4.1 Ventilación natural

La ventilación natural es aquel proceso que por lo general no necesita un ventilador, maquina, succionador de aire o un sistema de ventilación para disipar la concentración de aire ya que la ventilación natural se da porque el aire natural y fresco circula de forma libre sin necesidad de impulsarlo por una máquina, esto quiere decir que el aire ingresa al ambiente laboral en forma natural, en caso que la zona de trabajo sea en un lugar donde el acceso del aire sea escaso ocasionara que el ambiente de trabajo sea denso generando factores contaminantes, variación en la presión y temperatura (Llancho Alhuirca U. C y Castro Cuba. “estudio de un sistema de ventilación para el control químico y Físico U.O”. Perú, 2020, pag.10).

2.1.4.2 Ventilación mecánica

El objetivo de este tipo de ventilación es eyectar la concentración de aire contaminado con la ayuda de ventiladores o maquinas succionadoras. Para la ventilación mecánica se debe tener en cuenta la constancia del caudal del aire ya que de esa forma se evita las posibles interferencias ya sean naturales o alguna alteración en el proceso de ventilación. (Llancho Alhuirca U. C y Castro Cuba. “estudio de un sistema de ventilación para el control químico y Físico U.O”. Perú, 2020, pag.10).

2.1.5 Tipos de ventiladores

2.1.5.1 Ventilador centrífugo

El ventilador centrífugo realiza su proceso a través de la entrada del aire por medio de un oído en forma paralela del equipo el cual es succionado por medio de un rodete y después es expulsado por álabes. Este ventilador está compuesto por un eje con rueda de alabes y una caja espiral.

2.1.5.2 Ventilador con álabes curvados hacia adelante.

El ventilador con álabes curvados hacia adelante se caracteriza por tener mínimo nivel de ruido y la vez un bajo rendimiento. Estos presentan un gran número de alabes.

2.1.5.3 Ventilador con álabes curvados hacia atrás.

El ventilador con álabes curvados hacia atrás tiende a generar un bajo nivel de ruido y además tiene un mayor nivel de rendimiento del anterior.

2.1.5.4 Ventilador con álabes radiales.

El ventilador con álabes radiales se caracteriza por tener una mayor resistencia por la acumulación de sólidos en la cuchilla, además que proporcionan una mayor facilidad en el momento de la eliminación de depósitos sólidos.

Ventilador axial

El ventilador axial consta de una hélice que se encuentra encerrado dentro de un envolvente cilíndrico. Estos realizan su proceso mediante el movimiento del aire en dirección paralela al eje sobre el que giran las hélices.

2.1.5.5 Algunas reglas de ventiladores.

- La longitud es medida de manera proporcional a la presión necesaria.
- El perímetro es medido en relación a la presión de aire.
- La potencia que se requiere se mide en relación al cubo de la velocidad.
- El cuadrado de la velocidad es medida en relación a la presión necesaria

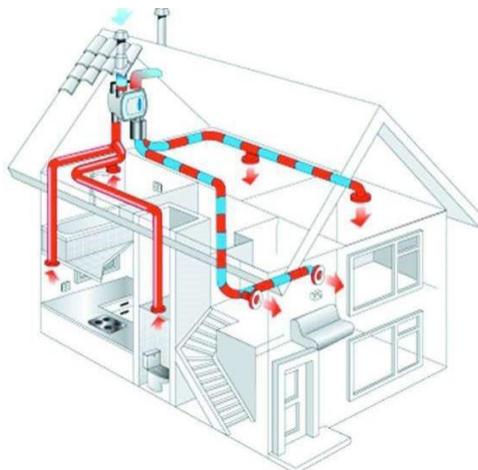


Ilustración 2. Sistema de ventilación residencial.

2.1.6 Conceptos y magnitudes.

2.1.6.1 Viento

Cuando el aire se desplaza en volúmenes importantes, con cierta **velocidad** y en una dirección común se le denomina viento. (Manual práctico de la ventilación Soler & Palau, 2012, pag.6).

2.1.6.2 Turbulencia

Por su parte, cuando distintas masas de aire cambian de posición de forma continua unas respecto de las otras, se produce un fenómeno que se llama **turbulencia**. (Manual práctico de la ventilación Soler & Palau, 2012, pag.6).

Caudal.

El caudal, es la masa de aire que se puede desplazar en un ventilador en unidad de tiempo. Se expresa en m³/h . (Manual práctico de la ventilación Soler & Palau, 2012, pag.6).

$$1.7 \frac{m^3}{h} = 1cfm$$

Presión.

El aire, para circular, necesita de una determinada fuerza que le empuje. Esta fuerza, por unidad de superficie, es lo que se llama Presión. (Manual práctico de la ventilación Soler & Palau, 2012, pag.6).

2.1.6.3 Existen tres clases de presión

2.1.6.3.1 Presión estática, Pe.

Es la que ejerce en todas las direcciones dentro del conducto, en la misma dirección del aire, en dirección contraria y en dirección perpendicular, sobre las paredes del mismo.

Si el conducto fuese cerrado, como un recipiente con el aire en reposo, también se manifestaría este tipo de Presión. La Presión Estática puede ser positiva, si es superior a la atmosférica o bien negativa, si está por debajo de ella.

2.1.6.3.2 Presión dinámica, Pd.

Es la presión que acelera el aire desde cero a la velocidad de régimen. Se manifiesta sólo en la dirección del aire y viene relacionada con la dirección del mismo, aproximadamente por las fórmulas:

$$pd: \frac{v^2}{16} \text{ (mm c. d. a)}$$

$$v: \sqrt{pd} \left(\frac{m}{s} \right)$$

La Presión Dinámica es siempre positiva.

2.1.6.3.3 Presión total, Pt.

Es la presión que ejerce el aire sobre un cuerpo que se opone a su movimiento. Esta presión es suma de las dos anteriores.

$$Pt: Pe + Pd$$

2.1.6.4 Aire.

El aire es un gas que envuelve la tierra y que resulta absolutamente imprescindible para la respiración de los seres vivos. Está compuesto de una mezcla mecánica de varios gases prácticamente siempre en la misma proporción y en la que destaca el nitrógeno que es neutro para la vida animal y el oxígeno que es esencial para la vida en todas sus formas. (Manual práctico de la ventilación Soler & Palau, 2012, pag.6).

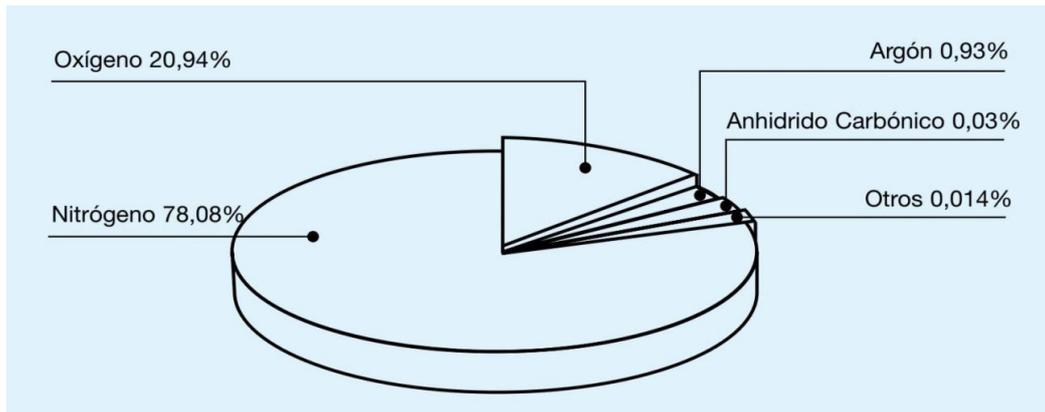


Ilustración 3. Componentes del aire.

2.1.6.4.1 Aire húmedo.

El aire que nos rodea se define como aire húmedo que contiene una cantidad variable de vapor de agua que reviste gran importancia para las condiciones de confort del ser humano. (Manual práctico de la ventilación Soler & Palau, 2012, pag.7).

2.1.6.4.2 Aire seco

El aire seco es aire que no contiene agua en forma alguna. (Manual práctico de la ventilación Soler & Palau, 2012, pag.7).

Además del aire seco y vapor de agua mencionada, el aire que respiramos contiene otros elementos de gran incidencia sobre la salud. Estos son gases, humos, polvos, bacterias, etc.

2.1.7 Propiedades físicas del aire

2.1.7.1 Densidad del aire

La densidad es una ocupación de la temperatura de operación, presión barométrica del lugar de instalación, humedad relativa y presión negativa de succión del ventilador. (Llancho Alhuirca U. C y Castro Cuba. "estudio de un sistema de ventilación para el control químico y Físico U.O". Perú, 2020, pag.10).

2.1.7.2 Peso del aire.

Es el producto que existe entre la gravedad y la masa. Siendo este producto casi despreciable, sin embargo, sí se puede determinar un valor al peso del aire ya

que si se somete a temperaturas en 0° y presiones normalizadas se obtendrá un valor. Por otra parte el peso del aire puede variar en relación a las temperaturas, humedad y presión atmosférica. (Llancho Alhuirca U. C y Castro Cuba. “estudio de un sistema de ventilación para el control químico y Físico U.O”. Perú, 2020, pag.10).

Calor específico.

A proteger la vida de la planta se absorbe radiación ultravioleta del sol, esta energía acumulada en el aire tiene un gran potencial calórico y se puede aprovechar para generar aire acondicionado y calor de calefacción. (Pita E. G., 1994, pág. 28).

2.1.8 Calor.

El calor es la forma de energía que se transmite de un cuerpo a otro debido a una diferencia de temperatura (Pita E. G., 1994, pág. 28).

2.1.8.1 Calor Sensible.

Es el calor utilizado por el refrigerante para aumentar su temperatura, ya sea que esté en fase líquida o de vapor; es decir, por abajo o arriba de su temperatura de saturación. Cuando está en forma de vapor, este calor le ocasiona el sobrecalentamiento al refrigerante (VALYCONTROL, S.A.DE C.V, S.F, pág. 55).

2.1.8.2 Calor Latente de Evaporación

Cantidad de calor requerido por un kg de sustancia, para cambiar su estado de líquido a vapor (VALYCONTROL, S.A.DE C.V, S.F, pág. 265).

2.1.9 Presión.

Se define como la fuerza aplicada sobre una superficie, por lo que sus unidades son $\text{kgf/m}^2 = \text{N/m}^2$. Es una de las propiedades termodinámicas más útiles, porque se mide directamente con facilidad. La unidad de presión en el SI, es el N/m^2 y se le llama Pascal (Pa), en honor al físico francés Blaise Pascal (VALYCONTROL, S.A.DE C.V, S.F, pág. 237).

Temperatura.

Es una medida de la actividad térmica en un cuerpo. Esta actividad depende de la velocidad de las moléculas y demás partículas de las cuales se compone toda materia (Pita E. G., 1994, pág. 28).

2.1.10 Psicometría

La psicometría es la ciencia que utiliza las propiedades termodinámicas para analizar las condiciones y procesos implicados en la humedad del aire.

2.1.11 CFM

2.1.11.1 Definición

Los CFM o en sus siglas en ingles **“Cubic Feet per Minute”** hacen referencia a pies cúbicos por minutos que es una unidad de medida que se utiliza en sistemas de aire o cualquier ventilador. Esta unidad mide la velocidad a la que el aire entra o sale de un espacio, es decir, la rapidez en la que el aire sale del entorno en que se encuentra.

Para calcular los CFM requeridos para ventilar un área adecuadamente, se divide el volumen de la habitación entre los valores de litros por minutos, o metros cúbicos por hora dependiendo de su ubicación geográfica.

2.1.12 Renovaciones de aire por hora

Para ventilar o renovar un local, se debe aportar aire por un lado y extraerlo por otro. Esta aportación de aire dependerá de la actividad o uso que se hace en el local las alteraciones que sufre el aire y el calor que se despiden según la actividad (primeramente, en el sector industrial).

En función de los factores que afectan la aportación de aire, se podrá determinar el número de renovaciones por horas que requiere un local determinado es lo denominado R/H (Numero de renovaciones por horas).

2.1.13 Carta Psicométrica

Psicrometría es una palabra que impresiona, y se define como la medición del contenido de humedad del aire. Ampliando la definición a términos más técnicos, psicrometría es la ciencia que involucra las propiedades termodinámicas del aire húmedo, y el efecto de la humedad atmosférica sobre los materiales y el confort humano. Ampliando aún más, incluiríamos el método de controlar las

propiedades térmicas del aire húmedo. Lo anterior, se puede llevar a cabo a través del uso de tablas psicrométricas o de la carta psicrométrica.

Una carta psicrométrica, es una gráfica de las propiedades del aire, tales como temperatura, hr, volumen, presión, etc. Las cartas psicrométricas se utilizan para determinar, cómo varían estas propiedades al cambiar la humedad en el aire (VALYCONTROL, S.A.DE C.V, S.F, pág. 180).

Las tablas psicrométricas ofrecen una gran precisión, ya que sus valores son de hasta cuatro decimales; sin embargo, en la mayoría de los casos, no se requiere tanta precisión; y con el uso de la carta psicrométrica, se puede ahorrar mucho tiempo y cálculos.

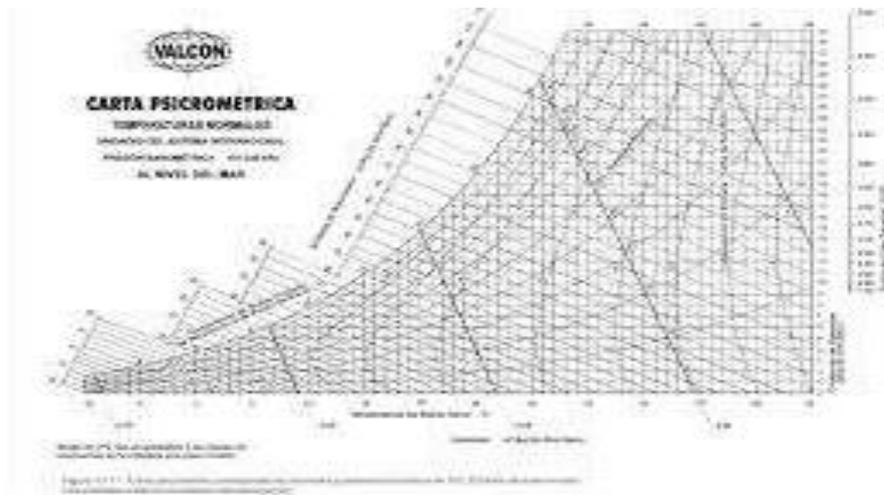


Ilustración 4. Carta psicrometrica.

2.1.14 Mecanismo de Transferencia de calor

Un análisis termodinámico se interesa en la cantidad de transferencia de calor conforme un sistema pasa por un proceso, de un estado de equilibrio a otro. La transferencia de energía como calor siempre se produce del medio que tiene la temperatura más elevada hacia el de temperatura más baja, y la transferencia de calor se detiene cuando los dos medios alcanzan la misma temperatura.

El calor se puede transferir en tres modos diferentes: conducción, convección y radiación (Cengel, 2007, pág. 17).

2.1.14.1 Conducción.

La conducción es la transferencia de energía de las partículas más energéticas de una sustancia hacia las adyacentes menos energéticas, como resultado de interacciones entre esas partículas. La conducción puede tener lugar en los sólidos, líquidos o gases. (Cengel, 2007, pág. 17)

La rapidez o razón de la conducción de calor a través de un medio depende de la configuración geométrica de éste, su espesor y el material de que esté hecho, así como de la diferencia de temperatura a través de él.

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = kA \frac{T_1 - T_2}{\Delta x} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (\text{W})$$

2.1.14.2 Convección.

La transferencia de calor por convección se debe al movimiento del fluido. El fluido frío adyacente a superficies calientes recibe calor que luego transfiere al resto del fluido frío mezclándose con él (Kern, 1999, pág. 24).

La **convección** es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacentes que están en movimiento y comprende los efectos combinados de la *conducción* y el *movimiento de fluidos*. Entre más rápido es el movimiento de un fluido, mayor es la transferencia de calor por convección (Cengel, 2007, pág. 25).

La rapidez de la *transferencia de calor por convección* es proporcional a la diferencia de temperatura y se expresa por la **ley de Newton del enfriamiento** como:

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = hA_s (T_s - T_\infty) \quad (\text{W})$$

2.1.14.3 Radiación.

En contraste con los mecanismos de conducción y convección, en donde está involucrada la transferencia de energía a través de un medio material, el calor también se puede transferir a regiones donde existe el vacío perfecto. En este caso, el mecanismo es la radiación electromagnética. (Holman, 1999, pág. 29)

“La transferencia de calor radiante no requiere la intervención de un medio, y

el calor puede ser transmitido por radiación a través del vacío absoluto” (Kern, 1999, pág. 85)

La razón máxima de la radiación que se puede emitir desde una superficie a una temperatura termodinámica T_s (en K o R) es expresada por la **ley de Stefan-Boltzmann** como

$$\dot{Q}_{\text{emitida, máx}} = \sigma A_s T_s^4 \quad (\text{W})$$

La superficie idealizada que emite radiación a esta razón máxima se llama **cuerpo negro** y la radiación emitida por éste es la **radiación del cuerpo negro**. La radiación emitida por todas las superficies reales es menor que la emitida por un cuerpo negro a la misma temperatura y se expresa como:

$$\dot{Q}_{\text{emitida}} = \varepsilon \sigma A_s T_s^4 \quad (\text{W})$$

(Cengel, 2007, pág. 28)

2.1.15 Cálculos de Cargas de Enfriamiento

El interior de un edificio gana calor debido a varias fuentes. Si la temperatura y humedad del aire en los recintos se deben mantener a un nivel confortable, se debe extraer calor para compensar las ganancias mencionadas.

A la cantidad neta de calor que se retira se le llama *carga de enfriamiento*. El cálculo de la carga de enfriamiento se basa en los principios de transferencia de calor (Pita E. G., 1994, pág. 135).

2.1.16 Instrumentos de medición

Los instrumentos de medición son herramientas que nos permiten comparar las magnitudes físicas de los objetos, como la longitud, la masa o las propiedades eléctricas, mediante el uso de patrones o unidades de medida estandarizadas. Actualmente, el sistema de medida más utilizado es el Sistema Internacional de Unidades, derivado del sistema métrico decimal, cuyas unidades básicas son el metro y el kilo.

Existen tantos tipos de instrumentos de medida como magnitudes físicas: termómetros o pirómetros para medir la temperatura, barómetros para medir la presión, velocímetros, cronómetros, básculas y balanzas... También podemos

clasificar estas herramientas según el tipo de medición, distinguiendo entre instrumentos manuales y digitales.

2.1.16.1 Termómetros

El termómetro es un instrumento que detecta el calor del objeto a medir y se adapta a su temperatura. En los termómetros mecánicos, este proceso se refleja en la expansión de un sólido (bimetálico), un líquido termométrico o un gas. La expansión de este material representa la variación de la temperatura que se puede visualizar mediante un movimiento de la aguja.

Cada medición de temperatura sigue la ley del equilibrio térmico: el objeto a medir, el termómetro y las condiciones ambientales se mueven hacia un estado en el cual se igualan las temperaturas. Una vez alcanzada el nivel en que las temperaturas se igualan, o sea el equilibrio térmico, se suspende el flujo de calor.



Ilustración 5. Termómetro.

2.1.16.2 Anemómetros

Un anemómetro es un instrumento para medir la velocidad o rapidez de los gases ya sea en un flujo contenido, como el flujo de aire en un conducto, o en flujos no confinados, como un viento atmosférico. Para determinar la velocidad, un anemómetro detecta el cambio en alguna propiedad física del fluido o el efecto del fluido en un dispositivo mecánico insertado en el flujo.



Ilustración 6. Anemómetro.

2.1.16.3 Higrómetros

El higrómetro es el instrumento utilizado para medir la humedad relativa (HR) del aire, que es la cantidad de vapor de agua presente en un volumen de aire. Los higrómetros a menudo están disponibles en versiones que también miden la temperatura.

A los últimos normalmente se les llama termo-higrómetros. La humedad relativa se expresa como la proporción de la cantidad de vapor de agua presente en el aire en relación con la cantidad que lo saturaría a una temperatura dada.



Ilustración 7. Higrómetro.

2.1.16.4 Ergonomía

Según (Asociación Española de Ergonomía, s.f.), la ergonomía es el conjunto de conocimientos de carácter multidisciplinar aplicados para la adecuación de los productos, sistemas y entornos artificiales a las necesidades, limitaciones y características de sus usuarios, optimizando la eficacia, seguridad y bienestar.

La ergonomía estudia los factores que intervienen en la interrelación hombre-artefacto (operario-máquina), afectados por el entorno. El conjunto se complementa recíprocamente para conseguir el mejor rendimiento; el hombre piensa y acciona, mientras que el objeto se acopla a las cualidades del hombre, tanto en el manejo como en aspecto y comunicación.

2.1.16.5 Monitor de estrés térmico

Los monitores de estrés térmico son equipos especializados para medir índices de cómo afecta el calor y las condiciones ambientales y/o de trabajo el desempeño de un trabajador. Estos instrumentos se rigen bajo normas como la ISO 7243, ISO 7933 e ISO 7730 para ambientes calientes o ISO 11079 para ambientes fríos, y a través de estas normas permiten calcular los diferentes índices como el WBGT, PHS, PMV-PPD para determinar cuando una persona está expuesta a estrés térmico dadas las condiciones que exige el trabajo que está realizando teniendo en cuenta tanto la contribución del ambiente como las características del empleado, su ropa y comportamiento metabólico.

Los monitores de estrés térmico hacen la medición de la temperatura de globo, temperatura del ambiente y temperatura de bulbo húmedo para determinar así cuál es el índice y poder evaluar el resultado con algún límite permisible de una de las normas que rigen o recomiendan respecto a este riesgo.



Ilustración 8. Monitor de estrés térmico.

2.1.17 Estrés térmico

Se entiende por estrés térmico a la presión que se ejerce sobre la persona al estar expuesta a temperaturas expuestas y que, la igualdad de valores de temperatura, humedad y velocidad del aire (discomfort), presenta para cada persona una respuesta distinta dependiendo de la susceptibilidad del individuo y su aclimatización.

El aumento de la temperatura del ambiente provoca igualmente el aumento de la temperatura corporal de las personas expuestas al mismo. Sobre este aumento de temperatura el cuerpo reacciona con la sudoración y el aumento del riego sanguíneo para facilitar la pérdida de calor por convección a través de la piel y que a su vez son causa de una serie de trastornos, tales como:

1. La pérdida de elementos básicos para el cuerpo (agua, sodio potasio entre otros).

2. Debido a la sudoración o la bajada de tensión provocada por la vasodilatación que puede dar lugar a que no llegue riego suficiente de sangre a órganos vitales del cuerpo como el cerebro, produciendo los típicos desmayos o lipotimias

2.1.18 Ganancia de calor en recintos.

Los componentes que contribuyen a la ganancia de calor en el recinto son los siguientes:

1. Conducción a través de paredes, techo y vidrios al exterior.
2. Conducción a través de divisiones internas, cielos rasos y pisos.
3. Radiación solar a través de vidrios.
4. Alumbrado.
5. Personas.
6. Equipos.
7. Infiltración del aire exterior a través de aberturas.

Conviene agrupar en dos partes esas ganancias de calor: las que proceden de fuentes externas al recinto, y las que se generan internamente. Según la descripción anterior se ve que los puntos 1 a 3 son *ganancias de calor externo*, y los puntos 4 a 6 son *ganancias de calor interno*. Se puede considerar que la infiltración es una clase separada.

También conviene agrupar las ganancias de calor en dos grupos distintos: ganancias de calor *sensible* y de calor *latente*. Los puntos 1 a 4 solo son ganancias de calor sensible. Los puntos 5 y 7 son ganancias en parte de calor sensible y en parte de calor latente, y el punto 6 puede entrar en cualquiera de las categorías o en ambas, dependiendo del tipo de equipo (Pita E. G., 1994, pág. 136).

2.1.18.1 Conducción de calor a través de estructura exterior.

Las ganancias de calor por conducción a través de paredes, techo y vidrios que dan al exterior se calculan con la siguiente ecuación:

$$Q_{Exterior} = U * A * DTCEe$$

(Pita E. G., 1994, pág. 136)

2.1.18.2 Conducción a través de estructura interior.

El calor que pasa desde los espacios interiores sin acondicionamiento hasta los espacios acondicionados a través de divisiones, pisos y cielos rasos se puede calcular con la ecuación.

$$Q_{Interior} = U * A * DTCE$$

(Pita E. G., 1994, pág. 142)

2.1.19 Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento.

Es una diferencia de temperatura que toma en cuenta el efecto de almacenamiento de calor. Se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$DTCE_e = [(DTCE + LM)] * K + (78 - t_R) + (t_0 - 85) * f$$

(Pita E. G., 1994, pág. 136)

2.1.19.1 Radiación Solar a través de vidrios.

La energía radiante del sol pasa a través de materiales transparentes como el vidrio y se transforma en ganancia de calor al recinto. Su valor varía con la hora, la orientación, el sombreado y el efecto de almacenamiento. La ganancia neta de calor se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$Q = FGCS * A * CS * FCE$$

(Pita E. G., 1994, pág. 142)

2.1.19.2 Ganancia de calor por alumbrado.

La ecuación para calcular la ganancia de calor debida al alumbrado es:

$$Q = 3.412 * W * FB * FCE$$

2.1.19.3 Ganancia de calor por Personas.

La ganancia de calor debida a las personas se compone de dos partes: el calor sensible y el calor latente que resulta de la transpiración. Algo del calor

sensible se puede absorber por el efecto de almacenamiento de calor, pero no el calor latente.

Las ecuaciones para las ganancias de calor sensible y latente originado en las personas son:

$$Q_s = q_s * n * FCE$$

$$Q_l = q_l * n * FCE$$

(Pita E. G., 1994, pág. 151)

2.1.19.4 Ganancia de calor por Equipos.

La ganancia de calor debida al equipo se puede calcular en ocasiones en forma directa consultando al fabricante o a los datos de placa, tomando en cuenta si su uso es intermitente. Algunos equipos producen tanto calor sensible como latente (Pita E. G., 1994, pág. 151).

2.1.19.5 Ganancia de calor por Infiltración.

La infiltración de aire a través de fisuras en las ventanas o puertas ocasiona una ganancia de calor, tanto sensible como latente, en el recinto. La mayor parte de los sistemas de acondicionamiento de aire en el verano tienen *ventilación mecánica* que emplea algo de aire del exterior, con lo cual se reduce o se elimina la infiltración, porque se crea una presión positiva de aire dentro de la construcción. En este caso, el aire de ventilación no es una carga en el recinto, sino una carga para el equipo central de enfriamiento (Pita E. G., 1994, pág. 156).

2.1.20 Estándar ANSI/ASHRAE 62.1-2016. Ventilación para una calidad adecuada para el aire interior.

2.1.20.1 Objetivo.

El objetivo de este estándar es especificar las tasas mínimas de ventilación y otras medidas para suministrar una calidad de aire interior que sea adecuada para la ocupación humana y minimice los efectos negativos para la salud.

2.2 Diseño metodológico.

La presente investigación es del tipo *descriptiva correlacional* ya que se hará una comparación y contraste entre la norma *Estándar 62.1-2019* de ASHRAE, lo que abarca en relación a una ventilación para una calidad aceptable de aire interior y cómo se vinculan estas definiciones con las que se obtendrán en el lugar de estudio. Así mismo se harán los cálculos de CFM para determinar la cantidad de aire a renovar en el Taller de Máquinas Herramientas.

Para la utilización de este método es necesario conocer los siguientes parámetros:

- ✓ Condiciones de trabajo en el local (prácticas de laboratorio, número de personas realizando prácticas por equipo).
- ✓ Datos climatológicos (temperatura de bulbo seco y de bulbo húmedo, porcentaje de humedad relativa, relación de humedad del aire exterior).
- ✓ Identificar las fuentes de ganancia de calor debido a paredes, techo, ventana, iluminación, equipos, personas etc.
- ✓ Condiciones óptimas de trabajo en el local.

Para la obtención de esta información recurrimos al levantamiento de dimensión de local, área de trabajo, inventario de equipos, número de estudiantes por prácticas y equipos, tipo de ventilación mecánica o natural. De INETER se obtendrán las condiciones climáticas exteriores o también de monografías realizadas en la facultad en tema de Refrigeración y aire acondicionado. Luego se hará uso de:

- ✓ Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense (NTON 10 017- 09).
- ✓ La normativa 62.1-2019 de ASHRAE.
- ✓ Fórmulas establecidas en el método CFM
- ✓ Levantamiento de datos climatológicos durante un mes dentro del local, y un pequeño análisis estadístico.

Posteriormente de realizar el análisis de la información para la comprobación de los resultados obtenidos en la normativa 62.1-2019 se presentará la siguiente información:

- ✓ Resultados

- ✓ Conclusiones
- ✓ Recomendaciones

2.3 Variables.

| Variables | Definición conceptual | Indicadores | Fuentes de información (primaria y secundaria) | Instrumento de recopilación (de información) | Preguntas orientadoras |
|--------------------|---|--------------------|---|---|-------------------------------|
| Humedad | Es la cantidad de vapor de agua que se encuentra en el ambiente | Higrómetro | | Anotaciones | |
| Temperatura | Es una medida de la actividad térmica en el cuerpo. Esta actividad depende de la velocidad de las moléculas y demás partículas de las cuales se compone toda materia. | Termómetro | | Anotaciones | |

Capítulo 3

3.1 Análisis de datos de trabajo del local.

El taller de Maquinas herramientas es uno de los laboratorios de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) en el recinto RUPAP. Cuenta con un área de 241.65 m² una altura mínima de 5.0 m, una altura máxima de 6.0 m, este espacio a su vez está dividido por una oficina. El taller tiene un área neta de 208.06m² manteniendo las mismas alturas, las paredes de este taller son de color blanco hueso, sin cielo raso y piso de concreto puertas de acceso de madera con rejillas en la parte alta de las paredes este y oeste, el taller consta de:

- 40 lámparas fluorescentes.
- 4 extractores eólicos de techo.
- 12 ventiladores de techo.
- 3 fresadoras.
- 6 tornos.
- 3 taladradoras.
- Una oficina.
- 2 rectificadoras

3.1.1 Orientación Geográfica.

La Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), recinto RUPAP está ubicada en la ciudad de Managua, Semáforos Villa Progreso 2 1/2 cuadras arriba.

Según los datos obtenidos por Google earth, su ubicación es:

Latitud: 12°8'11.88"

Longitud: 86°13'26.48"

3.2 Análisis de datos interiores.

3.2.1 Análisis de la temperatura del local

Para el análisis de la temperatura dentro del Taller de Maquinas Herramientas se realizó un levantamiento de datos de temperatura durante el mes de Febrero 2023, de esta forma se logrará identificar las temperaturas a la cual opera el laboratorio.

La máxima temperatura que se logró registrar dentro de las instalaciones del Taller de Maquinas Herramientas fue de 100.3°F o bien 37.94°C.

3.2.2 Análisis de la humedad relativa dentro del local.

Para el análisis de la humedad relativa dentro del local fue necesario hacer uso del termohigrómetro, el cual fue facilitado por la Facultad de Tecnología de la Industria (FTI). Dicha medición está en función de la temperatura máxima obtenida dentro del área de prácticas del taller.

| VIERNES 03 DE FEBRERO DEL 2023 | | | | LUNES 06 DE FEBRERO DEL 2023 | | | | MARTES 07 DE FEBRERO DEL 2023 | | | |
|--------------------------------|---------|----------|-------------|------------------------------|---------|----------|-------------|-------------------------------|---------|----------|-------------|
| HORAS | SECCION | TEMPERAT | HUMEDAD REL | HORAS | SECCION | TEMPERAT | HUMEDAD REL | HORAS | SECCION | TEMPERAT | HUMEDAD REL |
| 10:00:00 | 1 | 91.3 | 43.70% | 1 | 94.2 | 68.78% | 1 | 92.7 | 65.95% | | |
| | 2 | 93.5 | 43.80% | 2 | 92.2 | 65.71% | 2 | 92.4 | 66.15% | | |
| | 3 | 93.6 | 43.00% | 3 | 94.4 | 68.81% | 3 | 91.9 | 66.24% | | |
| | 4 | 94.7 | 43.00% | 4 | 94.3 | 68.16% | 4 | 91.4 | 66.18% | | |
| | 5 | 91.6 | 42.90% | 5 | 93.8 | 65.70% | 5 | 91.9 | 62.34% | | |
| | 6 | 94.0 | 41.90% | 6 | 91.7 | 66.75% | 6 | 94.5 | 65.53% | | |
| | 7 | 93.0 | 43.40% | 7 | 92.3 | 68.82% | 7 | 94.5 | 62.86% | | |
| 11:00:00 | 1 | 93.4 | 42.80% | 1 | 95.4 | 66.05% | 1 | 94.6 | 60.37% | | |
| | 2 | 93.6 | 42.70% | 2 | 93.6 | 66.81% | 2 | 94.2 | 62.39% | | |
| | 3 | 94.4 | 42.30% | 3 | 94.7 | 67.10% | 3 | 93.9 | 61.85% | | |
| | 4 | 94.4 | 42.60% | 4 | 95.1 | 66.80% | 4 | 94.0 | 63.74% | | |
| | 5 | 93.5 | 42.80% | 5 | 95.6 | 67.00% | 5 | 94.4 | 61.26% | | |
| | 6 | 95.7 | 43.80% | 6 | 95.8 | 65.67% | 6 | 95.6 | 64.51% | | |
| | 7 | 94.7 | 42.90% | 7 | 95.7 | 64.77% | 7 | 94.2 | 62.16% | | |
| 00:00:00 | 1 | 96.4 | 42.00% | 1 | 96.8 | 65.50% | 1 | 98.4 | 58.94% | | |
| | 2 | 98.8 | 42.70% | 2 | 97.9 | 65.01% | 2 | 97.6 | 65.39% | | |
| | 3 | 97.7 | 42.60% | 3 | 96.3 | 65.89% | 3 | 98.7 | 62.02% | | |
| | 4 | 98.4 | 41.00% | 4 | 98.0 | 63.84% | 4 | 98.2 | 60.10% | | |
| | 5 | 96.7 | 41.60% | 5 | 98.4 | 63.70% | 5 | 96.2 | 60.01% | | |
| | 6 | 97.6 | 41.50% | 6 | 98.4 | 65.00% | 6 | 98.8 | 62.57% | | |
| | 7 | 97.3 | 40.00% | 7 | 98.2 | 64.12% | 7 | 97.1 | 65.81% | | |
| 01:00:00 | 1 | 99.4 | 40.60% | 1 | 99.5 | 62.95% | 1 | 99.3 | 57.75% | | |
| | 2 | 99.6 | 40.00% | 2 | 99.7 | 62.81% | 2 | 99.3 | 61.90% | | |
| | 3 | 99.9 | 39.90% | 3 | 99.3 | 63.03% | 3 | 99.5 | 58.23% | | |
| | 4 | 98.4 | 38.60% | 4 | 99.9 | 62.70% | 4 | 99.5 | 62.35% | | |
| | 5 | 99.9 | 38.30% | 5 | 99.9 | 63.27% | 5 | 100.1 | 62.40% | | |
| | 6 | 100.3 | 38.30% | 6 | 99.9 | 62.22% | 6 | 100.9 | 62.98% | | |
| | 7 | 99.3 | 38.90% | 7 | 99.8 | 62.25% | 7 | 99.6 | 58.14% | | |
| 02:00:00 | 1 | 98.3 | 38.30% | 1 | 98.4 | 65.44% | 1 | 99.8 | 65.52% | | |
| | 2 | 98.4 | 38.20% | 2 | 98.3 | 65.94% | 2 | 98.9 | 65.25% | | |
| | 3 | 98.5 | 38.20% | 3 | 98.8 | 62.80% | 3 | 98.8 | 64.72% | | |
| | 4 | 99.8 | 31.00% | 4 | 98.3 | 65.12% | 4 | 99.4 | 65.02% | | |
| | 5 | 99.2 | 31.10% | 5 | 98.5 | 66.08% | 5 | 99.0 | 64.77% | | |
| | 6 | 99.2 | 32.00% | 6 | 99.6 | 62.97% | 6 | 98.2 | 63.95% | | |
| | 7 | 99.2 | 32.60% | 7 | 98.9 | 64.86% | 7 | 98.7 | 64.23% | | |
| 03:00:00 | 1 | 97.8 | 32.20% | 1 | 98.8 | 64.45% | 1 | 97.4 | 65.05% | | |
| | 2 | 98.6 | 32.90% | 2 | 97.6 | 63.59% | 2 | 97.8 | 64.17% | | |
| | 3 | 97.8 | 32.60% | 3 | 97.7 | 65.02% | 3 | 97.4 | 64.35% | | |
| | 4 | 98.6 | 32.50% | 4 | 97.8 | 63.92% | 4 | 98.8 | 65.25% | | |
| | 5 | 97.6 | 32.60% | 5 | 97.7 | 64.33% | 5 | 98.4 | 62.33% | | |
| | 6 | 97.9 | 32.70% | 6 | 98.4 | 65.00% | 6 | 97.5 | 64.99% | | |
| | 7 | 98.3 | 32.40% | 7 | 98.4 | 66.09% | 7 | 97.4 | 64.52% | | |

Tabla 1. Datos de temperaturas interiores dentro del Taller.

3.2.3 Determinación del área del local

El área es la medida bidimensional de una superficie. También entendida como el espacio o región que cubre una determinada figura geométrica, esta dada por la formula

$$A = b \cdot h$$

Donde

A= área de una superficie rectangular.

b= base de la superficie.

h= altura de la superficie

Calculando área del local.

El taller de máquinas herramientas cuenta con longitud de 17.9m y una medida de ancho de 13.5m calculando el área total se obtiene una área de

$$A = b \cdot h$$

$$A = (17.9)(13.5)m$$

$$A = 241.56 m^2$$

3.2.4 Determinación del área total de trabajo

Dentro del taller de máquinas herramientas existe una oficina y un cuarto que solía ser un laboratorio de metrología dimensional en años anteriores, el área del laboratorio es de 22.26 m² y el área de la oficina es de 11.2m² respectivamente. Para determinar el área total del trabajo se restará el área total del local menos el área de la oficina y el cuarto.

$$A_t = A_l - (A_c + A_o)$$

Donde

A_t= área total de trabajo.

A_l= área del local.

A_c= área del cuarto

A_o= área de la oficina

$$A_t = 241.56m^2 - (22.26m^2 + 11.2m^2)$$

$$A = 208.1m^2$$

$$A = 2240.63 ft^2$$

3.2.5 Determinación del volumen del local

El volumen corresponde al espacio que la forma ocupa (3D), por lo tanto es la multiplicación de la longitud, ancho y alto de la forma geométrica.

$$v = w \cdot l \cdot h$$

Donde:

v = volumen del local

Donde

$w = \text{base de la superficie bruta}$

$l = \text{longitud de la superficie}$

$h = \text{altura de la superficie}$

Sustituyendo

$$v = (17.9)(13.5)(5.030)m^3 + (17.9)(6.75)(0.94)m^3$$

$$v = 1329.07m^3$$

Determinación del volumen del área de práctica

$$v_t = v_l - (v_c - v_o)$$

Donde

$v_t =$ volumen total de trabajo.

$v_l =$ volumen del local.

$v_c =$ volumen del cuarto

$v_o =$ volumen de la oficina

$$v_t = 1329.07m^3 - (54.537m^3 + 27.44m^3)$$

$$v_t = 1247.09m^3$$

3.3 Análisis de estrés térmico dentro del local.

Dentro de la evaluación de riesgo se debe valorar si las condiciones de tarea suponen riesgo de estrés térmico o las condiciones de temperatura y humedad son las adecuadas.

En los trabajos en interiores con fuente de calor (radiación, conducción, convección) se tiene que valorar el riesgo de estrés térmico, y se deberán conocer las variables que afectan al riesgo para definir las condiciones de trabajo seguro. Para lo que hay que tener en cuenta temperaturas, actividad del trabajador en el puesto, etc.

3.3.1.1 Estimación del estrés térmico dentro del local

Debido a la temperatura registrada en el interior del Taller de Maquinas Herramientas (37.94°C) y las áreas de ventilación natural dentro del local están obstruidas se define que las instalaciones de dicho taller están expuestas a estrés térmico.

3.3.1.2 Determinación del tiempo de operación por persona

El decreto supremo N° 594, en su artículo N° 98, establece un listado con su respectivo costo energético en kilocalorías por horas. La actividad evaluada se deberá relacionar a una especificada tabla.

| COSTO ENERGETICO SEGÚN TIPO DE TRABAJO | |
|---|------------|
| Sentado | 90 Kcal/h |
| De pie | 120 Kcal/h |
| Caminando (5 Km/h sin carga) | 270 Kcal/h |
| Escribir a mano o máquina | 120 Kcal/h |
| Limpiar ventanas | 220 Kcal/h |
| Planchar | 252 Kcal/h |
| Jardinería | 336 Kcal/h |
| Andar en bicicleta (16 km/h) | 312 Kcal/h |
| Clavar con martillo (4,5 Kg.15 golpes/min.) | 438 Kcal/h |
| Palear (10 veces por minuto) | 468 Kcal/h |
| Aserrar madera (sierra de mano) | 540 Kcal/h |
| Trabajo con hachas (35 golpes / minuto) | 600 Kcal/h |

Tabla 2. Trabajo energético según el trabajo de la persona.

De acuerdo a la tabla de costo energético se determina el costo energético que hay por persona dentro del Taller de Maquinas Herramientas, el cual es de 120 Kcal/h. con esta información se logrará determinar el tiempo de operación de cada persona dentro del taller

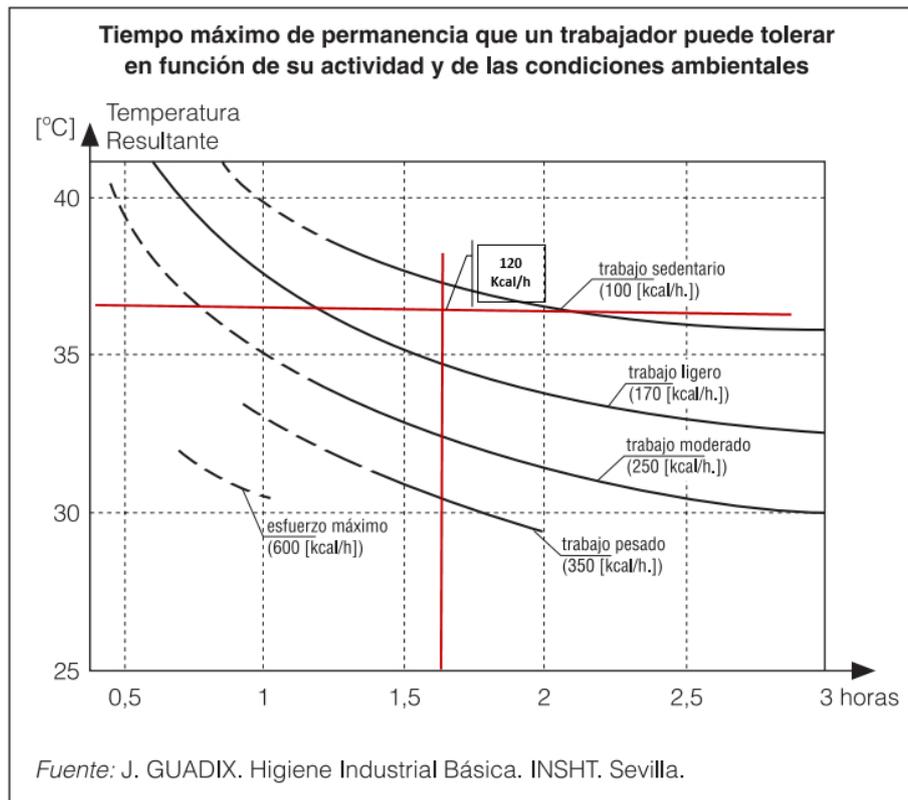


Tabla 3. Tiempo máximo de permanencia.

3.4 Análisis de datos exteriores

3.4.1 Determinación ideal de los caudales

Es la fuerza por unidad de superficie provocada por el movimiento del aire y se manifiesta en el mismo sentido que la dirección de éste. Dicha presión es siempre positiva. (Soler & Palau, manual práctico de la ventilación).

Está determinada por las unidades

$$Q = m^3/h$$

$$Q = 1.7 \frac{m^3}{h} = 1 \text{ CFM}$$

Para la determinación del caudal es necesario calcular el área de los ventanales en donde hay acceso al flujo de aire exterior.

3.4.2 Determinación de la velocidad de viento.

Datos obtenidos por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) determinan la velocidad del viento en la ciudad de Managua es de aproximadamente

0.4 m/seg para el mes de enero 2017. Dicha velocidad tiene mayor fluencia en la dirección este a oeste del país.

| DATOS CLIMATICOS AÑO 2017 | | | | | |
|---------------------------|------|----------------|----------------|-------------|-----------------------|
| MES ABRIL | | | | | |
| DIA | HORA | TEMPERATURA BS | TEMPERATURA BH | H. RELATIVA | VELOCIDAD DEL VIENTO. |
| 23 | 1 | 27.4 | 23 | 69 | 0.2 |
| | 2 | 27 | 22.8 | 70 | 0.2 |
| | 3 | 25 | 22.2 | 79 | 0 |
| | 4 | 24.6 | 22.6 | 84 | 0 |
| | 5 | 24 | 21.2 | 78 | 0 |
| | 6 | 23.2 | 21 | 82 | 0 |
| | 7 | 26.8 | 22 | 66 | 0 |
| | 8 | 29.6 | 24 | 63 | 0.2 |
| | 9 | 31 | 25 | 61 | 0.2 |
| | 10 | 32.2 | 24 | 50 | 0.3 |
| | 11 | 33.8 | 23.6 | 43 | 0.4 |
| | 12 | 35 | 24 | 44 | 0.4 |
| | 13 | 36.4 | 23.6 | 33 | 0.5 |
| | 14 | 36.8 | 23.2 | 31 | 0.4 |
| | 15 | 36.8 | 28.4 | 32 | 0.5 |
| | 16 | 37 | 23.6 | 32 | 0.4 |
| | 17 | 35.6 | 23.6 | 37 | 0.4 |
| | 18 | 34.4 | 24 | 42 | 0.5 |
| | 19 | 33.6 | 23.7 | 48 | 0.2 |

Tabla 4. Velocidad del viento, brindadas por INETER.

3.4.2.1 Calculando velocidad a m/min.

$$V = 0.4(m/seg) \left(\frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} \right)$$

$$V = 24.0 \text{ m/min}$$

3.4.2.2 Determinación del área del caudal

Dado que el área de los ventanales se encuentra obstruida por tapasol y láminas de gypsum entonces se estimara el área de entrada del aire en base a la distancia entre la pared y el área de tapasol del taller.

Distancia entre la pared y el tapasol.

De acuerdo a mediciones realizadas con el objetivo de levantar el dimensionamiento del local se estima que la distancia entre la pared y el tapa sol del local es de 110cm

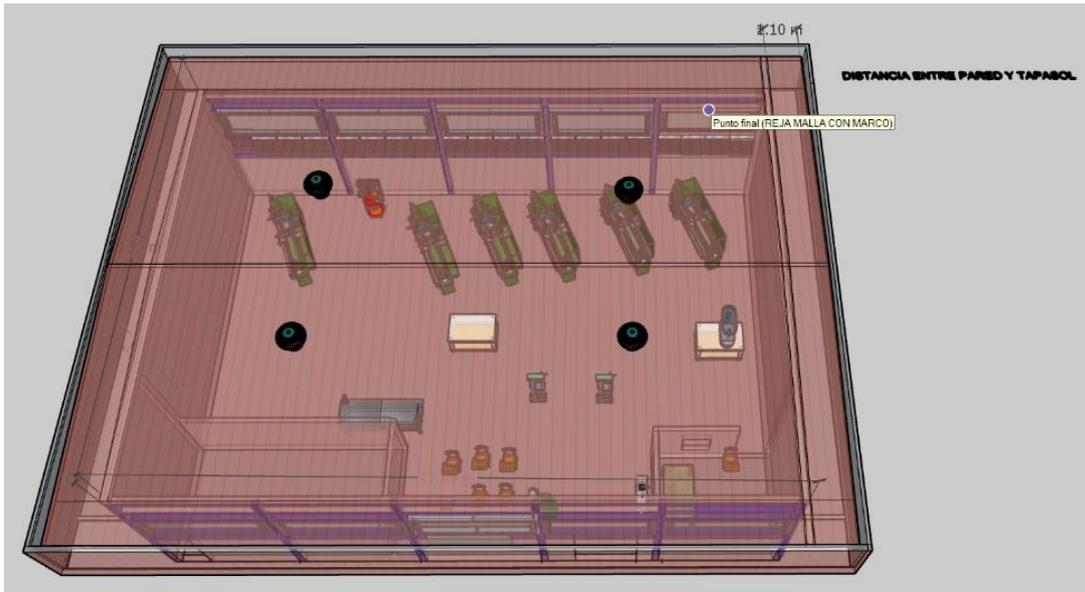


Ilustración 9. Distancia entre la pared y el tapasol.

Posteriormente se determinará el área de acuerdo a un análisis geométrico, estimando un ángulo de 45°

$$\frac{E}{\text{sen } 45} = \frac{1.10\text{m}}{\text{sen } 45}$$

$$E = 1.10\text{m} \left(\frac{\text{sen } 45}{\text{sen } 45} \right)$$

$$E = 1.10 \text{ m}$$

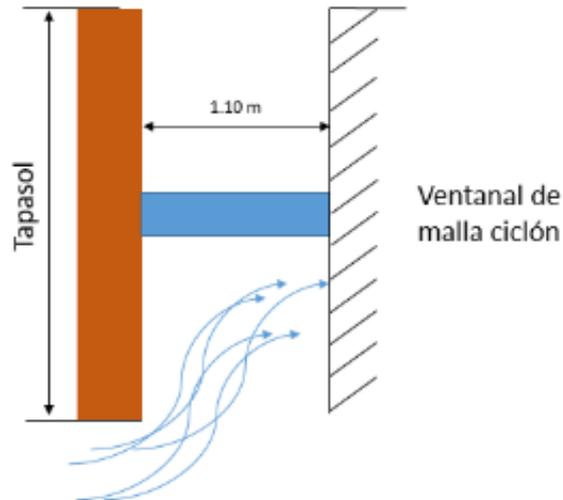


Ilustración 10. Ingreso del flujo de aire al local.

3.4.2.2.1 Determinando área de los ventanales y puerta.

Una vez determinada la distancia entre la pared y la tapa sol se calculará el área del flujo de aire.

$$A = 15m (1.10) + (2.10)(1.8)m$$

$$A = 20.28 \text{ m}^2$$

3.4.2.2.2 Calculando caudal

$$Q = V.A$$

Donde

$Q = \text{caudal}$

$V = \text{velocidad del flujo}$

$A = \text{area de entrada del flujo}$

Sustituyendo

$$Q = \left(24.0 \frac{\text{m}}{\text{min}}\right) (20.28 \text{ m}^2)$$

$$Q = 486.72 \text{ m}^3/\text{min}$$

Convirtiendo a CFM

$$1 \text{ CFM} = 0.0283 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q = \frac{1 \text{ CFM} (486.72 \text{ m}^3/\text{min})}{0.028 \text{ m}^3/\text{min}}$$

$$Q = 17382.85 \text{ CFM}$$

Según los cálculos realizados el caudal de aire que debería entrar al área de prácticas del laboratorio de máquinas herramientas es de 17382.85 CFM.

3.4.3 Determinación real de la entrada de aire.

El Taller de Maquinas Herramientas se encuentra ubicado en la zona Oeste de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) recinto RUPAP. Dentro de esta área del recinto no solo se encuentra el Taller de Maquinas Herramientas, también se encuentra el laboratorio de electrotecnia (anteriormente laboratorio de metrología dimensional), el cual tiene una altura mayor a la del Taller de Máquinas Herramientas, provocando que el aire circule por encima de las instalaciones de taller.

La obstrucción que crea este edificio dificulta el flujo de aire exterior al taller de máquinas herramientas, debido a que datos obtenidos por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) indican que el viento fluye en mayor medida de Este a Oeste en la capital del país.

Otra razón por la que la infiltración de aire es casi nula es porque en la zona Este de los ventanales del Taller de Maquinas Herramientas fueron instaladas una serie de láminas de gypsum que cubren casi por completo el área de los ventanales del taller.

Mediciones realizadas en el mes de febrero del año 2023, con equipo de medición como el anemómetro indican que la velocidad del viento es muy baja, debido a que la velocidad del viento dentro del taller es menor al rango especificado por el anemómetro.

Una vez indicada estas razones se determina que la velocidad del viento dentro del Taller de Maquinas Herramientas es aproximadamente cero, lo cual contribuye al aumento de temperatura y a la sensación de estrés térmico dentro del mismo.



Ilustración 11. Obstrucción a la entrada de aire a los ventanales.

3.5 Comparación con la norma 62.1 de ASHRAE

3.5.1 Definición

La norma estándar ANSI/ASHRAE 62.1-2016 “**Ventilación para una calidad adecuada del aire interior**” es una norma que especifica las tasas mínimas de ventilación y otras medidas para suministrar una calidad de aire interior que sea adecuada para la ocupación humana y minimice los efectos negativos para la salud. Del cauda

3.5.2 Determinación del caudal de aire exterior.

De acuerdo con el punto 6.2.2.1 de la norma ASHRAE el caudal de aire exterior requerido en la zona en la zona de respiración del área (s) habitable (s) en una zona ventilada (V_{bz}), no debe ser inferior al valor obtenido mediante la ecuación:

$$V_{bz} = R_p * p_z + R_a * A_z$$

Siendo

V_{bz} = caudal de aire exterior en la zona de respiración.

A_z = superficie de planta de la zona, superficie neta habitable de la zona ventilada, m^2 (ft^2).

P_z = ocupación de la zona, número de personas en la zona ventilada en horarios de uso.

R_p = caudal de aire exterior requerido por persona de acuerdo a la tabla 6.2.2.1 tasas mínimas de ventilación en la zona de respiración.

R_a = caudal de aire exterior requerido por unidad de superficie de acuerdo a la tabla 6.2.2.1 tasas mínimas de ventilación en la zona de respiración.

Sustituyendo valores

Determinando P_z

Para el Taller de Máquinas Herramientas se estima como máximo de personas dentro del área de prácticas un total de 18 personas a ventilar, siendo estos 2 grupos de 8 estudiantes más un docente por cada grupo.

Determinación de A_z .

A como ya se había determinado anteriormente el área del local es de 2240.63 ft^2

Determinación de R_p

De acuerdo a la tabla 6.2.2.1 de ASHRAE, el caudal de aire exterior requerido por personas para un taller madera/metal es de 10 CFM/Persona.

Determinación de R_a

Para un taller madera/metal el caudal de aire exterior requerido por unidad de superficie es de 0.18 CFMH/ft².

TABLA 6.2.2.1 Tasas mínimas de ventilación en la zona de respiración
(La Tabla 6.2.2.1 debe utilizarse en combinación con las notas adjuntas.)

| Tipo de ocupación | Tasa de aire exterior para las personas R_p | | Tasa de aire exterior por superficie R_a | | Notas | Valores por defecto | | | Aire Clase |
|---------------------------------------|---|-------------|--|--------------------|-------|--|--|-------------|------------|
| | cfm/persona | lvs/persona | cfm/ft ² | lvs/m ² | | Densidad de ocupación (ver Nota 4) | Tasa de aire exterior combinada (ver Nota 5) | | |
| | | | | | | #/1000 ft ² or #/100 m ² | cfm/persona | lvs/persona | |
| Penitenciarias | | | | | | | | | |
| Celda | 5 | 2,5 | 0,12 | 0,6 | | 25 | 10 | 4,9 | 2 |
| Salas de día | 5 | 2,5 | 0,06 | 0,3 | | 30 | 7 | 3,5 | 1 |
| Salas de vigilantes | 5 | 2,5 | 0,06 | 0,3 | | 15 | 9 | 4,5 | 1 |
| Recepción/espera | 7,5 | 3,8 | 0,06 | 0,3 | | 50 | 9 | 4,4 | 2 |
| Centros de enseñanza | | | | | | | | | |
| Centros de día (hasta 4 años) | 10 | 5 | 0,18 | 0,9 | | 25 | 17 | 8,6 | 2 |
| Centros de día, enfermería | 10 | 5 | 0,18 | 0,9 | | 25 | 17 | 8,6 | 3 |
| Aulas (5-8 años) | 10 | 5 | 0,12 | 0,6 | | 25 | 15 | 7,4 | 1 |
| Aulas (mas de 9 años) | 10 | 5 | 0,12 | 0,6 | | 35 | 13 | 6,7 | 1 |
| Sala de conferencias | 7,5 | 3,8 | 0,06 | 0,3 | H | 65 | 8 | 4,3 | 1 |
| Sala de conferencias (asientos fijos) | 7,5 | 3,8 | 0,06 | 0,3 | H | 150 | 8 | 4,0 | 1 |
| Aula de arte | 10 | 5 | 0,18 | 0,9 | | 20 | 19 | 9,5 | 2 |
| Laboratorio de ciencias | 10 | 5 | 0,18 | 0,9 | | 25 | 17 | 8,6 | 2 |
| Laboratorios universitarios | 10 | 5 | 0,18 | 0,9 | | 25 | 17 | 8,6 | 2 |
| Taller de madera/metal | 10 | 5 | 0,18 | 0,9 | | 20 | 19 | 9,5 | 2 |
| Laboratorio informático | 10 | 5 | 0,12 | 0,6 | | 25 | 15 | 7,4 | 1 |
| Sala multimedia | 10 | 5 | 0,12 | 0,6 | A | 25 | 15 | 7,4 | 1 |
| Música/teatro/danza | 10 | 5 | 0,06 | 0,3 | H | 35 | 12 | 5,9 | 1 |
| Sala multiusos | 7,5 | 3,8 | 0,06 | 0,3 | H | 100 | 8 | 4,1 | 1 |

NOTAS GENERALES PARA LA TABLA 6.2.2.1

Tabla 5. Tasa mínima de ventilación en la zona de respiración.

Reemplazando

$$V_{bz} = R_p * p_z + R_a * A_z$$

$$V_{bz} = (10 \text{ CFM}/\text{Personas} * 18 \text{ Personas}) + (0.18 \text{ CFM}/\text{ft}^2 * 2240.63 \text{ ft}^2)$$

$$V_{bz} = 583.31 \text{ CFM}$$

De acuerdo a la norma ASHRAE se necesita un caudal mínimo de 583.31 CFM, que garantice una adecuada ventilación dentro del área de prácticas del Taller de máquinas Herramientas.

3.5.3 Efectividad de la distribución de aire en la zona

De acuerdo a la tabla 6.2.2.2 “efectividad de la distribución de aire en la zona (E_z) no debe ser mayor que la especifica por defecto del criterio seleccionado.

Determinación de E_z

Según la norma ASHRAE en el inciso 6.2.2.2 de efectividad de la distribución de aire en la zona el criterio a valorar será

$$E_z = \text{impulsión de aire frío desde el techo} = 1.0$$

TABLA 6.2.2.2 Efectividad de la distribución de aire en la zona

| Configuración de la distribución de aire | E_z |
|--|-------|
| Impulsión de aire frío desde el techo | 1,0 |
| Impulsión de aire caliente desde el techo y retorno desde el suelo | 1,0 |
| Impulsión de aire caliente desde el techo, más de 8°C (15°F) sobre la temperatura en el espacio del local y retorno en el techo | 0,8 |
| Impulsión de aire caliente desde el techo, menos de 8 °C (15°F) sobre la temperatura en el espacio del local y retorno en el techo, siempre que el dardo del aire de impulsión a 0,8 m/s (150 fpm) alcance hasta 1,4 m (4,5 ft) sobre el nivel del suelo (ver Nota 6) | 1,0 |
| Suministro de aire frío desde el suelo y retorno desde el techo, siempre que el tiro vertical de impulsión sea superior a 0,25 m/s (50 fpm) a una altura de 1,4 m (4,5 ft) o más sobre el nivel del suelo | 1,0 |
| Suministro de aire frío desde el suelo y retorno desde el techo, siempre que la ventilación por desplazamiento a baja velocidad alcance flujo unidireccional y estratificación térmica, o sistemas de distribución de aire por falso suelo en los que el tiro vertical de impulsión sea inferior o igual a 0,25 m/s (50 fpm) a una altura de 1,4 m (4,5 ft) sobre el nivel del suelo | 1,2 |
| Suministro de aire caliente por suelo y retorno por suelo | 1,0 |
| Suministro de aire caliente por suelo y retorno por techo | 0,7 |
| Suministro de aire de renovación en la parte opuesta a la extracción, retorno o ambos | 0,8 |
| Suministro de aire de renovación cerca de la extracción, retorno o ambos | 0,5 |

Tabla 6. Efectividad de la distribución de aire en la zona.

3.5.3.1 Determinación de caudal de aire exterior en la zona.

El caudal de aire exterior en la zona (v_{oz}), suministrado a la zona ventilada por el sistema de distribución de aire de impulsión, debe determinarse por la ecuación:

$$v_{oz} = \frac{v_{bz}}{E_z}$$

Donde

V_{oz} = caudal de aire exterior en la zona

V_{bz} = caudal de aire exterior en la zona de respiración.

E_z = efectividad de la distribución de aire en la zona

$$v_{oz} = \frac{583.31 \text{ CFM}}{1}$$

$$v_{oz} = 583.31 \text{ CFM}$$

3.6 Procedimiento de ventilación natural

Los sistemas de ventilación natural deben proyectarse de acuerdo a este punto y deben incluir sistemas de ventilación mecánica.

3.6.1 Superficie de plantas que deben ser ventiladas

Los espacios ventilados de forma natural deben ubicarse a una distancia basada en la altura de techos, con respecto a las aberturas practicables en las paredes que se ajustan a los requisitos de la ubicación y tamaño de las aberturas.

3.6.2 Aberturas por los dos lados

Una abertura es la grieta o cavidad que se presenta en una determinada superficie pero que no llega a provocar la división en dos de la misma.

Para lugares con aberturas practicables en dos lados opuestos del espacio, la distancia máxima entre las aberturas no debe ser superior a 5H.

Donde:

H: Es la altura mínima del techo. (Según inciso 6.4.1.4 de ASHRAE)

3.6.2.1 Determinando las distancias entre las aberturas

De acuerdo al inciso 6.4.1.2 de la norma de ASHRAE la distancia máxima entre las aberturas no debe ser superior a 5H.

Estimación de la altura del techo.

La altura mínima del techo del Taller de Máquinas Herramientas es de 5m.

Calculando distancia máxima entre las aberturas.

$$d_{max} < 5H$$

$$d_{max} < 5(5m)$$

$$d_{max} < 25m$$

3.7 Ubicación y tamaño de las aberturas

Los espacios ventilados de forma natural deben mantenerse permanentemente abiertos a las aberturas practicables de los muros conectadas directamente al exterior.

El área de aberturas practicables debe ser inferior al 4% de la superficie neta habitable donde las aberturas se encuentren cubiertas por rejillas o cualquier otro tipo de obstrucción.

$$A_{ap} > 4\% (A_{sh})$$

Donde

A_{ap} =área de aberturas practicables

A_{sh} = A_z = área del local.

4 Conclusiones.

- El taller está ubicado en una zona confinada por otros edificios que obstruyen el flujo de aire hacia el local, generando una gran disminución de la velocidad del viento y de la cantidad de aire que ingresa al local.
- Las aberturas para toma de aire exterior situadas en el lado este donde tiene mayor fluencia el viento a su vez están cubiertas por un cubre sol y láminas de gypsum que hacen que el caudal de aire que ingresa al local sea prácticamente nulo.
- Los ventiladores y extractores ubicados en el taller no contribuyen a la disminución de temperatura, ni al criterio establecido por la normativa de ASHRAE.
- En la parte oeste si bien parte de las aberturas al exterior están abiertas permanentemente también unos ventanales permanecen cerrados aun en tiempo de verano que es cuando se registran las temperaturas más altas del año.
- De acuerdo a la norma 6.2.2 de ASHRAE la calidad del aire exterior en cuanto a contaminantes se refiere es la aceptable según los criterios de la norma, debido a que la ubicación del taller no está próximo a contaminantes que resulten preocupantes y nocivos a la salud humana.
- Dentro del Taller de Máquinas Herramientas existe un índice de estrés térmico leve, el cual es motivo de fatiga, dolor de cabeza y deshidratación por parte de los ocupantes del Taller.

5 Recomendaciones

- De acuerdo a las condiciones actuales de los ventanales se sugiere quitar los elementos (gypsum) que obstruyen la entrada de aire al interior del local.
- Según las normas practicables de la norma 62.1 de ASHRAE (inciso 6.4.3 “**control y accesibilidad**”) se recomienda implementar un sistema accesible para la abertura y cierre de las tomas de aire para periodos de verano o invierno.
- Se recomienda la instalación de un sistema de ventilación de inyección de aire, de esta forma habrá una circulación de aire eficiente.
- Que los ventiladores existentes estén encendidos durante las horas mas calientes del día, esto contribuirá a la circulación de aire.
- Se sugiere mantener las puertas del Taller de Máquinas Herramientas abiertas durante el día, ya que durante horas de la mañana usualmente solo permanece abierta una puerta.
- Que el personal que opera dentro del área de laboratorio pueda tener el tiempo requerido para hidratarse y evitar problemas debido al estrés térmico presente en el taller.

6 Bibliografía.

- ASHRAE. (2016). Estándar ANSI/ASHRAE 62.1-2016. Ventilación para una calidad adecuada para el aire interior.
- Balladares F., Balladares L. y Jarquín H. (2016). Diseño De Un Sistema De Climatización Del Edificio "Julio Padilla". Managua.
- Cengel, Y.A (2007) Transferencia de calor y masa. Mc.Graw-Hill.
- Cortés, J.M (2012). Seguridad e higiene del trabajo. Técnicas de prevención de riesgos laborales. (10ma edición). México. Tébar Flores, S.L.
- Franco, J. (2012). Manual de refrigeración. Barcelona. Reverté.
- Gunt Hamburg. (2021). Técnico de climatización. Revista de ingeniería Mecánica.
- Holman, J.P. (1999). Trasterencia de calor. México. CECOSA.
- Llancho, A., y Castro C. (2020). Estudio De Un Sistema De Ventilación Para El Control Químico y Físico U.O". Perú.
- Medrano, L.M. y Pino, I, P. (2015). Estrés térmico y hábitos de hidratación en los trabajadores de SALINSA en el período febrero a abril 2015. León.
- NTON 10 017- 09. (2012). Eficiencia Energética. Acondicionadores de aire tipo ventana, dividido y paquete Rangos de Eficiencia Energética.
- Pita, E.G (1994). Principios y sistemas de refrigeración (2da edición). Limusa Wiley.
- Asociacion Española de Ergonomia. (s.f.). Obtenido de Asociacion Española de Ergonomia: <http://www.ergonomos.es/ergonomia.php>
- Quelal, W, A. (2014) Diseño e implementación de un sistema de ventilación forzada en el techo del taller de la carrera de ingeniería en mantenimiento automotriz de la Universidad técnica del Norte sector el Olivo. Ecuador
- S&P (20 de agosto de 2018). SolerPalau.com. Recuperado el 22 de agosto de 2022 de <HTTPS://www.solerpalau.com/es-es/blog/Sistemas-de-ventilación-html>.
- Soler & Palau. (2012). Manual Práctico de la Ventilación. México.

7 Anexos.



Anexo 1. Tabla de dirección del viento, obtenidas por INETER.



Anexo 2. Ventanales obstruidos dentro del Taller de Máquinas Herramienta

| CAUDALES DE AIRE EXTERIOR EN L/S (Litros por segundo) | | | |
|---|-------------|--------------------|--------------|
| Tipo de Local | Por persona | Por m ² | Por elemento |
| Almacenes | | 0.75 a 3 | |
| Aparcamientos | | 5 | |
| Archivos | | 0.25 | |
| Aseos públicos | | | 25 |
| Auditorios y Aulas (1) | 8 | | |
| Baños privados | | | 15 |
| Bares | 12 | 12 | |
| Cafeterías | 15 | 15 | |
| Canchas para el deporte | - | 2.5 | |
| Casinos y juegos | 12 | 10 | |
| Comedores | 10 | 6 | |
| Cocinas (ventil. general) (2) | 8 | 2 | |
| Campana | | | 70 |
| Descanso (salas de) | 20 | 15 | |
| Dormitorios | 8 | 1.5 | |
| Escuelas, Aulas Biblioteca | 5 | 3 | |
| Sala Profesores | 5 | 1.5 | |
| Espera y recepción | 8 | 4 | |
| Estudios fotográficos | | 2.5 | |
| Exposiciones (salas de) | 8 | 4 | |
| Fiestas (salas de), baile, discotecas | 15 | 13 | |
| Fisioterapia (salas de) | 10 | 1.5 | |
| Gimnasios | 12 | 4 | |
| Gradas de recintos deportivos | 8 | 12 | |
| Grandes almacenes | 8 | 1 | |
| Habitaciones de hotel | | | 15 |
| Habitaciones de hospital | 15 | | |
| Imprentas, reproducción y planos | | 2.5 | |
| Laboratorios en general | 10 | 3 | |
| Lavanderías industriales | 15 | 5 | |
| Vestibulos | 10 | 15 | |
| Oficinas y proceso de datos | 10 | 1 | |
| Paseos de centros comerciales | 10 | | |
| Piscinas (2) | | 2.5 | |
| Quirófanos y anexos | 15 | 3 | |
| Reuniones (salas de), (3) | 10 | 5 | |
| Salas de curas y recuperación | 12 | 2 | |
| Supermercados | 8 | 1.5 | |
| Talleres en general | 30 | 3 | |
| Talleres en centros docentes | 10 | 3 | |
| Tiendas en general | 10 | 1 | |
| Tiendas de animales | | 5 | |
| Tiendas especiales (Peluq., Farmacia, etc.) | 8-13 | 2-8 | |
| UVIs | 10 | 1.5 | |
| Vestuarios | | 2.5 | 10 |

(1) Sin fumadores. Con humo de tabaco añadir + 50%.
(2) Para evitar condensaciones debe ser superior.
(3) Con fumadores 30 l/s persona.

Tabla 1

Anexo 3. Caudales requeridos, de acuerdo al manual práctico de ventilación Soler & Palau

EFFECTO DEL AIRE SOBRE EL CUERPO

| <u>Velocidad del aire sobre personas</u> | <u>Sensación de que la temperatura ambiente se ha rebajado en:</u> |
|--|--|
| 0,1 m/seg | 0 °C |
| 0,3 » | 1 °C |
| 0,7 » | 2 °C |
| 1 » | 3 °C |
| 1,6 » | 4 °C |
| 2,2 » | 5 °C |
| 3 » | 6 °C |
| 4,5 » | 7 °C |
| 6,5 » | 8 °C |

Tabla

Anexo 4. Sensaciones térmicas según la velocidad del viento. Soler & Palau.



Anexo 5. . Área de prácticas del Taller de Maquinas Herramientas.



Anexo 6. Medición de temperatura y humedad relativa dentro del taller.

| TIPO DE LOCAL | RENOVACIONES DE AIRE POR HORA | SECTOR |
|--------------------------------------|-------------------------------|------------|
| Almacenes | 5-10 | INDUSTRIAL |
| Cabinas de pintura | 25-50 | |
| Cocinas industriales | 15-30 | |
| Fundiciones | 8-15 | |
| Inodoro industrial | 8-15 | |
| Laboratorios | 8-15 | |
| Laminadores | 8-12 | |
| Locales de aerógrafos | 10-20 | |
| Locales de decapado | 5-15 | |
| Remojos | ≤ 80 | |
| Salas de fotocopias | 10-15 | |
| Salas de máquinas | 10-40 | |
| Talleres de gran alteración del aire | 10-20 | |
| Talleres de montaje | 4-8 | |
| Talleres de poca alteración del aire | 3-6 | |
| Talleres de soldadura | 20-30 | |
| Tintorerías | 5-15 | |

Anexo 7. Numero aconsejable de renovaciones de aire, de acuerdo a norma DIN 1946.

Cronograma de actividades.

| Cronograma de actividades | | | | | | | | | |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|
| Tareas/Duración (semana) | Enero | | | Febrero | | | Marzo | | |
| | Semana 1 | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 | Semana 5 | Semana 6 | Semana 7 | Semana 8 | |
| selección del tema monografico. | | | | | | | | | |
| Solicitud de aprobación del tema. | | | | | | | | | |
| Objetivos generales y específicos. | | | | | | | | | |
| Aprobación del tema. | | | | | | | | | |
| Dimensionamiento y características del local. | | | | | | | | | |
| Prestamos de instrumentos de medición a la FTI. | | | | | | | | | |
| Marco teorico. | | | | | | | | | |
| Recopilación de propiedades termodinámicas. | | | | | | | | | |
| Diseño metodologico. | | | | | | | | | |
| Obtención de datos de INETER. | | | | | | | | | |
| Evaluación de estrés termico dentro del local. | | | | | | | | | |
| Analisis de la norma 62.1 de ASHRAE | | | | | | | | | |
| Primera revision | | | | | | | | | |
| Correcciones | | | | | | | | | |
| Elaboración de planos. | | | | | | | | | |
| Evaluación de los requerimientos según ASHRAE. | | | | | | | | | |
| Segunda revisión | | | | | | | | | |
| Conclusiones | | | | | | | | | |
| Recomendaciones | | | | | | | | | |
| Entrega de disco. | | | | | | | | | |