

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS
ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL**



**MAESTRÍA EN SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y
AMBIENTAL**

Tema: “CONTAMINANTES QUÍMICOS DEL AIRE INTERIOR Y SU
INCIDENCIA EN LA AFECTACIÓN DE LA SALUD DE LOS
TRABAJADORES DE LOS LABORATORIOS DE
INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR”.

Proyecto de Investigación y Desarrollo, previo a la obtención del Grado Académico de
Magister en Seguridad e Higiene Industrial y Ambiental

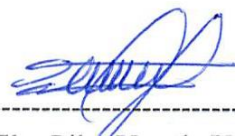
Autor: Ing. Oscar Fabián Tene Salazar

Tutor: Ing. Manolo Alexander Córdova Suárez, Mg.

Ambato – Ecuador

2018

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial. El Tribunal receptor del Trabajo de Investigación presidido por la Ingenieria Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg., he integrado por los señores: Ingeniero Andrés Gonzalo Cabrera Acosta, Mg, Ingeniero Franklin Geovanny Tigre Ortega, Mg, Ingeniero Edisson Patricio Jordán Hidalgo, Mg., Ingeniero Víctor Rodrigo Espín Guerrero, Mg., designados por el Consejo Académico de Posgrado de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Investigación con el tema: “CONTAMINANTES QUÍMICOS DEL AIRE INTERIOR Y SU INCIDENCIA EN LA AFECTACIÓN DE LA SALUD DE LOS TRABAJADORES DE LOS LABORATORIOS DE INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR”, elaborado y presentado por el señor Ingeniero Oscar Fabián Tene Salazar para optar por el Grado Académico de Magister en Magister en Seguridad e Higiene Industrial y Ambiental; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Investigación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.



Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.
Presidente del tribunal



Ing. Andrés Gonzalo Cabrera Acosta, Mg
Miembro del tribunal



Ing. Franklin Geovanny Tigre Ortega, Mg
Miembro del tribunal



Ing. Edisson Patricio Jordán Hidalgo, Mg.
Miembro del tribunal

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el trabajo de titulación con el tema. “CONTAMINANTES QUÍMICOS DEL AIRE INTERIOR Y SU INCIDENCIA EN LA AFECTACIÓN DE LA SALUD DE LOS TRABAJADORES DE LOS LABORATORIOS DE INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR”, le corresponde exclusivamente al: Ingeniero Oscar Fabián Tene Salazar, Autor bajo la Dirección del Ingeniero Ing. Manolo Alexander Córdova Suárez, Mg., Director del trabajo de titulación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.



Ing. Oscar Fabián Tene Salazar

C. C. 1804117081

Autor



Ing. Manolo Alexander Córdova Suárez, Mg.

C. C. 1802842508

Director

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Investigación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.



Ing. Oscar Fabián Tene Salazar

C. C. 1804117081

Autor

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA	i
A la Unidad Académica de Titulación	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
AGRADECIMIENTO	xv
DEDICATORIA	xvi
RESUMEN EJECUTIVO	xvii
EXECUTIVE SUMMARY	xviii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1 Tema De Investigación	3
1.2 Planteamiento del problema	3
1.2.1 Contextualización.....	3
1.2.2 Análisis Crítico	8
1.2.3 Prognosis.....	10
1.2.4 Formulación del problema.....	11
1.2.5 Interrogantes de la investigación	11
1.2.6 Delimitación Del Objeto De Investigación.....	11
1.3 Justificación	12
1.4 Objetivos.....	13
1.4.1 Objetivo General	13

1.4.2 Objetivos específicos	14
CAPÍTULO II.....	15
MARCO TEÓRICO	15
2.1 Antecedentes Investigativos	15
2.2 Fundamentación Filosófica	17
2.3 Fundamentación Legal	17
2.4 Fundamentación Técnica.....	17
2.4. Red de categorías fundamentales	19
2.4.1. Marco conceptual Variable independiente.	21
2.4.1.1 Calidad del aire interior	21
2.4.1.2 Diagnóstico y la evaluación de la calidad ambiental en interiores.....	23
2.4.1.3 Contaminantes Químicos	26
2.4.2.1 Enfermedades.....	36
2.4.2.2 Condiciones de la salud.....	38
2.4.2.3 Salud de los trabajadores	41
2.5 Hipótesis	43
2.6 Señalamiento de variables de la hipótesis	43
2.6.1 Variable independiente.....	43
2.6.2 Variable dependiente	43
CAPÍTULO III.....	44
METODOLOGÍA	44
3.1. Enfoque.....	44
3.2 Modalidad de la investigación.....	44
3.2.1 De campo:	44
3.2.2 Bibliográfica – documental:	44
3.2.3. Modalidades Especiales:	45

3.3. Nivel o tipo de investigación.....	45
3.3.1. Investigación Exploratoria	45
3.3.2. Investigación Descriptivo.....	45
3.3.3. Asociación de variables o estudio relacional	45
3.4 Población y muestra	45
3.5. Operacionalización de variables.....	47
3.5.1. Variable Independiente:	47
3.5.2. Variable Dependiente.....	48
3.6. Recolección de información	49
3.7. Procesamiento y análisis de la información.....	50
3.7.1 Plan de Procesamiento de la Información	50
3.7.2 Plan de Análisis e Interpretación de Resultados	50
CAPÍTULO IV	52
ÁNÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	52
4.1 Análisis de resultados.....	52
4.1.1 Desarrollo de experimental	52
4.1.1.1 Identificación de exposiciones potenciales.....	52
4.1.2 Diagnostico de factores de la calidad de aire interior en los laboratorios	53
4.1.3 Ubicación, Descripción y localización de la institución	53
4.1.4 Determinación de aspectos y probabilidades de riesgo.....	54
4.2 Mediciones.....	62
4.2.1 Determinación de parámetros a medir y el método	62
4.2.2 Determinación del número de puntos de muestreo	63
4.1.5 Equipos de medición	67
4.1.5.1 Medición de factor de riesgo químico – material particulado.....	67
4.1.5.2 Medición de factor de riesgo químico – Tipo de gas contaminante.....	68
4.1.6 Método de análisis y criterios de valoración.....	68

4.2 Interpretación de resultados.....	71
4.2.1 Resultado de mediciones realizadas	71
4.3 Verificación de la hipótesis	87
4.3.1 Planteamiento de la hipótesis monóxido de carbono	87
4.3.2 Planteamiento de la hipótesis dióxido de carbono	89
4.3.3 Planteamiento de la hipótesis material particulado PM 2,5	91
4.3.4 Planteamiento de hipótesis de la humedad relativa interna.....	95
CAPITULO V	98
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	98
5.1 Conclusiones	98
5.2 Recomendaciones.....	100
CAPÍTULO VI.....	101
PROPUESTA	101
6.1. Tema	101
6.2 Datos informativos	101
6.3 Antecedentes de la propuesta	101
6.4 Justificación	103
6.5 Objetivo	104
6.5.1 Objetivo General	104
6.5.2 Objetivo Específico	104
6.6 Análisis de factibilidad.....	104
6.6.1 Económica.....	104
6.6.2 Técnica.....	105
6.6.3 Ambiental.....	105
6.7 Fundamentación	105
6.8 Metodología	108
6.8.1 Condicionales climáticas del Ecuador.....	110

6.8.2 Materiales constructivos para los laboratorios.....	113
6.8.3 Herramienta de simulación HVAC (Climatización y aire acondicionado)	113
6.8.4 Diseño experimental de la propuesta de investigación	114
6.8.5 Laboratorio de computación.....	117
6.8.6 Laboratorio de química	122
6.9 Conclusiones.....	117
6.10 Recomendaciones.....	128
BIBLIOGRAFÍA	133
ANEXOS.....	133

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz para la determinación de la relación “probabilidad/efecto”	24
Tabla 2. Métodos y criterios de evaluación	26
Tabla 3. Contaminantes químicos en el aire interior de edificios	29
Tabla 4. Estimación de la carga ambiental de enfermedades respiratorias.....	41
Tabla 5. Operacionalización de la variable Independiente	47
Tabla 6. Operacionalización de la Variable Dependiente.....	48
Tabla 7. Plan de recolección de la información	49
Tabla 8. Tabla cruzada para el monóxido de carbono	52
Tabla 9. Aspectos y probabilidades de riesgo.....	54
Tabla 10. Evaluacion de aspectos que interaccionan con la calidad de aire	54
Tabla 11. Identificación de aspectos que interaccionan con la calidad del aire interior.....	55
Tabla 12. Identificación de aspectos y elementos relacionados con el edificio	54
Tabla 13. Ficha de aspectos ambientales en interiores (USOS, ACTIVIDADES Y DISTRIBUCION DEL EDIFICIO).....	58
Tabla 14. Ficha de aspectos ambientales en interiores (INSTALACION DEL EDIFICIO).....	59
Tabla 15. Ficha de aspectos ambientales en interiores (MANTENIMIENTO DEL EDIFICIO).....	60
Tabla 16. Número de muestras para cada uno de los laboratorios	64
Tabla 17. Especificaciones Equipo AEROCET 831	67
Tabla 18. Equipo Bacharach IEQ Chek.....	67
Tabla 19. Medidor láser de distancias	670
Tabla 20. Cumplimiento entre los parámetros de estudio y criterios de la norma UNE 171330-2.....	71

Tabla 21. Resultados de mediciones de agentes y comparación con los criterios de confort.....	72
Tabla 22. Tabla cruzada para el monóxido de carbono	87
Tabla 23. Pruebas de chi-cuadrado para el monóxido de carbono	88
Tabla 24. Tabla cruzada para el dióxido de carbono	89
Tabla 25. Pruebas de chi-cuadrado para el dióxido de carbono.....	90
Tabla 26. Tabla cruzada para el material particulado PM 2,5	91
Tabla 27. Pruebas de chi-cuadrado para el material particulado PM 2,5	92
Tabla 28. Tabla cruzada para la temperatura interna del laboratorio	93
Tabla 29. Pruebas de chi-cuadrado para el monóxido de carbono	94
Tabla 30. Tabla cruzada para la humedad relativa del laboratorio.....	95
Tabla 31. Pruebas de chi-cuadrado para la humedad relativa del laboratorio	96
Tabla 32. Tabla resumen de datos climáticos	111
Tabla 33. Tabla resumen de datos constructivos para los laboratorios tipos de computación y química.....	113
Tabla 34. Condiciones de laboratorio para llevar a cabo la simulación	114
Tabla 35. Resumen de datos obtenidos mediante simulación.....	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol del problema (Causa – efecto).....	7
Figura 2. Red de inclusiones conceptuales.	19
Figura 3. Constelación de ideas – variable independiente	20
Figura 4. Diagrama de un edificio que muestra diversas fuentes de contaminantes de interior y de exterior	27
Figura 5. Diagrama de un edificio que muestra diversas fuentes de contaminantes de interior y de exterior	30
Figura 6. Constelación de ideas - variable dependiente	35
Figura 7. Síntomas y enfermedades relacionados con la calidad del aire.....	42
Figura 8. Metodología de evaluación	51
Figura 9. Agentes fisicoquímicos con mayor riesgo	61
Figura 10. Determinación del número de puntos de muestreo.....	63
Figura 11. Cumplimiento del nivel de temperatura - interior de los laboratorios	76
Figura 12. Nivel de humedad relativa en el interior de los laboratorios.....	76
Figura 13. Cumplimiento del nivel de CO en el interior de los laboratorios	77
Figura 14. Cumplimiento del nivel de CO ₂ en el interior de los laboratorios	77
Figura 15. Cumplimiento del nivel de VOC en el interior de los laboratorios	78
Figura 16. Cumplimiento del nivel de PM 2,5 en el interior de los laboratorios	78
Figura 17. Resumen - parámetros en función del cumplimiento por facultad	79
Figura 18. Enfermedades: neumonitis hipertensiva, fiebre, asma, rinitis dermatitis...80	
Figura 19. Síntomas o enfermedades en las últimas semanas.....	81
Figura 20. Sensación de inhabilidad para respirar (disnea)	82
Figura 21. Sensación de opresión torácica.....	82
Figura 22. Tos seca.....	83

Figura 23. Sibilancias (ruido agudo al momento de respirar).....	83
Figura 24. Enrojecimiento en la piel	84
Figura 25. Sequedad en su piel	84
Figura 26. Picor generalizado o localizado.....	85
Figura 27. Infecciones confirmadas por algún doctor	85
Figura 28. Determinación de los síntomas.....	86
Figura 29. Determinación de los síntomas.....	86
Figura 30. Gráfica de barras del monóxido de carbono.....	88
Figura 31. Gráfica de barras del dióxido de carbono	90
Figura 32. Gráfica de barras del material particulado PM 2,5	92
Figura 33. Gráfica de barras la temperatura interna del laboratorio.....	94
Figura 34. Gráfica de barras de la humedad relativa del laboratorio	96
Figura 35. Imagen de nube de campo de temperatura	102
Figura 36. Simulaciones CFD: rendimiento de tres sistemas de distribución de aire	103
Figura 37. Flujo metodológico para configurar la simulación HVAC	109
Figura 38. Mapa de zonificación climática del Ecuador y criterio térmico	110
Figura 39. Datos de la temperatura, 01 de enero hasta el 18 de junio de 2018.....	111
Figura 40. Datos de la humedad relativa desde el 01 de enero hasta el 18 de junio de 2018	112
Figura 41. Datos de la velocidad del viento desde el 01 de enero hasta el 18 de junio de 2018.....	112
Figura 42. Tipología y distribución de laboratorio de computación tipo	115
Figura 43. Tipología y distribución de laboratorio de química tipo.....	116
Figura 44. Imagen de nube de campo de temperatura. Corte plano YZ.....	118
Figura 45. Imagen de nube de campo de velocidad. Corte plano YZ	118

Figura 46. Imagen de nube de campo de presión. Corte plano YZ.....	119
Figura 47. Imagen de nube de campo de temperatura. Corte plano YX.....	119
Figura 48. Imagen de nube de campo de velocidad. Corte plano YX.....	120
Figura 49. Imagen de nube de campo de presión. Corte plano YX.....	120
Figura 50. Imagen de nube de líneas de flujo en el interior del laboratorio	121
Figura 51. Imagen de nube de campo de temperatura. Corte plano YZ.....	122
Figura 52. Imagen de nube de campo de velocidad. Corte plano YZ	123
Figura 53. Imagen de nube de campo de presión. Corte plano YZ.....	123
Figura 54. Imagen de nube de campo de temperatura. Corte plano YZ.....	124
Figura 55. Imagen de nube de campo de velocidad. Corte plano XZ	124
Figura 56. Imagen de nube de campo de presión. Corte plano XZ.....	125
Figura 57. Imagen de nube de líneas de flujo en el interior del laboratorio	125

AGRADECIMIENTO

Agradecido siempre con Dios por hacer posible mis sueños y darme la sabiduría necesaria para cumplirlos, por llenar los vacíos en mi vida que tal vez mis propios errores causaron y enseñarme a cada momento su inmensa fidelidad, y sobre todo porque teniendo el poder de quitarme todo un día, me brindo una nueva oportunidad de vivir.

Para mis padres, estoy eternamente agradecido por su apoyo desde pequeño, si algo me enseñaron es a creer en las posibilidades sin importar lo que la vida te haga, siempre habrá un camino para tus sueños.

Al Ing. Manolo Alexander Córdova Suárez, Mg., mi director del presente trabajo por sus enseñanzas, sugerencias y por su tiempo brindado e invertido en el presente proyecto de investigación.

“El Señor es quien da la sabiduría; la ciencia y el conocimiento brotan de sus labios” Proverbios 2.6

DEDICATORIA

A Dios por enseñarme que son los momentos duros los que te ayudan a crecer, por retarme a hacer cosas distintas y sin importarle cuantas veces fracase, cuantos errores cometa, ni cuantas malas decisiones tome nunca me ha abandonado; por siempre mostrarme su inmenso amor y brindarme las posibilidades para ponerme de pie una y otra vez.

A mis padres Marthita y José por enseñarme con sus palabras y sus actos, a que, si quiero algo, debo luchar por ello sin importar las circunstancias, por mostrarme en el camino y que no debo tenerle miedo al fracaso, si no, ha no dar lo máximo en cada cosa que haces para lograr lo que te propones, Gracias, mis éxitos son solo un reflejos de sus sacrificios.

A mis hermanos Marcelo, Víctor, Carlos y sus familias, por todas sus enseñanzas, alegrías y tristezas compartidas, y por permanecer juntos como hermanos a pesar de las circunstancias.

Y a mis mejores amigos Fernando y David que hasta hoy siguen demostrado ser un ejemplo de superación, fe y trabajo duro, por abrirme las puertas de su hogar y por esas charlas en las noches entre risas y silencios.

A la gente que este último año entro en mi vida con algo positivo o negativo, me enseñaron a aceptar las cosas e inspiraron a dar lo mejor de mí.

“La vida nunca deja de enseñarnos y nunca voy a parar de aprender y siempre hay un camino por ahí para conseguir tus sueños, nunca pares”

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL
DIRECCIÓN DE POSGRADO MAESTRÍA EN SEGURIDAD E HIGIENE
INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

TEMA: “Contaminantes químicos del aire interior y su incidencia en la afectación de la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior”

AUTOR: Ing. Oscar Fabian Tene Salazar

DIRECTOR: Ing. Manolo Alexander Córdova Mg.

FECHA: Junio, 2018

RESUMEN EJECUTIVO

Las condiciones ambientales interiores han llevado al desarrollo de conceptos tales como edificio enfermo, calidad del aire o calidad ambiental interior, todos ellos encaminados a entender la complejidad de los contaminantes en los ambientes cerrados y las implicaciones sobre la salud de la población. El trabajo de investigación tuvo como objetivo analizar los contaminantes químicos en el aire interior y su incidencia en la afectación de la salud de los trabajadores de los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato. La metodología para realizar la identificación, medición y evaluación está basada en la norma UNE 171330-2, haciendo énfasis en los contaminantes físico – químico como: temperatura, humedad relativa, CO, CO₂, VOC, PM_{2,5}. La evaluación de los parámetros de calidad del aire interior en los laboratorios de Universidad Técnica de Ambato concluye que: el 86,61% de los laboratorios no cumplen con los niveles de concentración de CO₂, el 33,04% no cumplen en la temperatura interior, 20,53% en la humedad relativa, el 5,35% en el material particulado PM 2,5 y 0,90% en el monóxido de carbono. Con la utilización del cuestionario realizado se determina que el 71% de la población ha presentado alguna molestia o afección a su salud relacionadas con la calidad del aire interior. La hipótesis general de la investigación demuestra que existe relación directa entre los contaminantes y la salud de los ocupantes. Luego de la identificación, medición y evaluación de los contaminantes químicos presentes en los laboratorios, se realizó el diseño y la simulación de un sistema de ventilación natural para un laboratorio promedio, con la aplicación de materiales, dimensiones, distribución y la ventilación natural adecuada se garantiza la eliminación de los contaminantes químicos, la regulación y control de los parámetros termo higrométricos del ambiente.

Descriptor: Calidad del aire interior, UNE 171330, laboratorios de educación superior, CO₂, ventilación natural, contaminantes químicos, material particulado, simulación, salud, afectación.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL
DIRECCIÓN DE POSGRADO MAESTRÍA EN SEGURIDAD E HIGIENE
INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

THEME: “Chemical pollutants of the indoor air and its incidence in the affectation of the health of the workers of the laboratories of institutions of higher education”

AUTHOR: Ing. Oscar Fabian Tene Salazar

DIRECTED BY: Ing. Manolo Alexander Córdova Suárez, Mg.

DATE: June, 2018

EXECUTIVE SUMMARY

The internal environmental conditions have led to the development of concepts such as sick building, air quality or interior environmental quality, all aimed at understanding the complexity of pollutants in closed environments and the implications on the health of the population. The objective of the research work was to analyze the chemical pollutants in indoor air and its impact on the health of workers in the laboratories of the Technical University of Ambato. The methodology to carry out the identification, measurement and evaluation is based on the UNE 171330-2 standard, emphasizing the physical-chemical contaminants such as: temperature, relative humidity, CO, CO₂, VOC, PM_{2.5}. The evaluation of indoor air quality parameters in the laboratories of the Technical University of Ambato concludes that: 86.61% of the laboratories do not comply with the levels of CO₂ concentration, 33.04% do not comply with the interior temperature, 20.53% in relative humidity, 5.35% in particulate material PM 2.5 and 0.90% in carbon monoxide. With the use of the questionnaire carried out, it is determined that 71% of the population has presented some discomfort or affection to their health related to indoor air quality. The general hypothesis of the investigation shows that there is a direct relationship between the pollutants and the health of the occupants. After the identification, measurement and evaluation of the chemical contaminants present in the laboratories, the design and simulation of a natural ventilation system for an average laboratory was carried out, with the application of materials, dimensions, distribution and adequate natural ventilation. guarantees the elimination of chemical contaminants, the regulation and control of the thermo-hygrometric parameters of the environment.

Keywords: Indoor air quality, UNE 171330, higher education laboratories, CO₂, natural ventilation, chemical pollutants, particulate matter, simulation, health, affectation.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación “Contaminantes químicos del aire interior y su incidencia en la afectación de la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior”, cobra importancia debido a que las condiciones ambientales interiores han llevado al desarrollo de conceptos tales como edificio enfermo, calidad del aire o calidad ambiental interior, todos ellos encaminados a entender la complejidad de los contaminantes en los ambientes cerrados y las implicaciones sobre la salud de la población.

La motivación a realizar este proyecto se basó en los efectos adversos debidos a esa deficiente calidad del aire en espacios cerrados afecta a muchas personas, en salud en ambientes educativos, la forma que se abordó el proyecto de investigación fue mediante trabajo de campo, aplicando un plan de monitoreo en la calidad de aire interior de los laboratorios educativos, considerando tomar muestras del aire interior en márgenes de concentraciones con mayor demanda de ocupación en los mismos.

La presente investigación está organizada en los siguientes capítulos:

El problema capítulo I, se aborda el planteamiento de problema de investigación, se definen los objetivos, justificación y el alcance del proyecto.

La bibliografía y estado del arte se describen en el capítulo II, se detalla: investigaciones actuales referentes al problema, el marco teórico profundiza en las variables de estudio en el campo de contaminantes químicos del aire interior y la la salud de los trabajadores.

En el capítulo III se detalla y describe la metodología utilizada para el desarrollo de la investigación, todos los métodos utilizados son validados por instituciones, laboratorios y organismos acreditadores para la calidad, veracidad y confiabilidad de los resultados.

El análisis e interpretación de resultados capítulo IV, mediante el análisis exploratorio se valida el problema de investigación, con la aplicación de la norma UNE 171330-2 se identifica, mide y evalúa los contaminantes químicos.

La conclusión principal del trabajo de investigación demostró que existe relación directa entre los contaminantes y la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior.

La Propuesta se enfoca al diseño y la simulación de un sistema de ventilación natural para un laboratorio promedio, con la aplicación de materiales, dimensiones, distribución y la ventilación natural adecuada se garantiza la eliminación de los contaminantes químicos, la regulación y control de los parámetros termo higrométricos del ambiente.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Tema De Investigación

“Contaminantes químicos en el aire interior y su incidencia en la afectación de la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior.”

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Contextualización

Los seres humanos del siglo XXI somos herederos de un planeta devastado y se presenta en diversas formas los contaminantes químicos presentes en el aire interior es un tema de importancia a nivel mundial; un cambio sustancial del hábitat humano ha hecho que la sociedad actual sea fundamentalmente urbana a consecuencia de los cambios sociales, la conexión entre el uso de un edificio con ambientes cerrados como lugar de trabajo o vivienda, ha dado lugar a la aparición de enfermedades que afectan a los ocupantes, esto es un hecho que ya no puede cuestionarse, como uno de los responsables se puede citar a la contaminación interior.

Anualmente, 4,3 millones de personas mueren prematuramente por enfermedades atribuibles a la contaminación del aire interior causada por el uso de combustibles sólidos ineficientes (datos de 2012) para cocinar. Entre esas defunciones: 12% se deben a neumonía, 34% a accidente cerebrovascular, 26% a cardiopatía isquémica, 22% a neumopatía obstructiva crónica, y 6% a cáncer de pulmón por de diversos tipos presente en el edificio, que suele denominarse “mala calidad del aire en interiores”. (Organización Mundial de la Salud, 2016).

El efecto adverso debido a esa deficiente calidad del aire en espacios cerrados afecta a muchas personas, ya que se ha demostrado que los habitantes de las ciudades pasan entre el 58 y el 78 % de su tiempo en un ambiente interior que se encuentra contaminado en mayor o menor grado. (Enciclopedia De Salud Y Seguridad En El Trabajo, 2012, p.56)

En la actualidad la calidad del aire interior se ha convertido en un aspecto importante a tomar en consideración, en ambientes interiores uno de los contaminantes químicos como son las concentraciones muy elevadas de CO₂ pueden suponer un riesgo a la salud tomando en consideración que los seres humanos pasan la mayoría de las horas diarias en el interior originando el discomfort de los ocupantes muchas veces debido a la ventilación deficiente. La concentración de dióxido de carbono en un ambiente interior puede aportar información sobre distintos aspectos y circunstancias de un edificio tales como posibilidad de efectos sobre la salud de sus ocupantes, correlación con problemas y quejas por olor o como dato para estudiar la ventilación de un local.

Como menciona Xavier Guardino Solá, (2012), La ventilación insuficiente debida a falta de mantenimiento, distribución deficiente y entrada insuficiente de aire fresco (50 a 52 %); contaminación generada en el interior, como la producida por las máquinas de oficina, el humo del tabaco y los productos de limpieza (17 a 19 %); contaminación procedente del exterior del edificio debida a una disposición inadecuada de las entradas de aire y de los respiraderos de aspiración (11 %); contaminación microbiológica del agua estancada en los conductos del sistema de ventilación, humidificadores y torres de refrigeración (5 %), y formaldehído y otros compuestos orgánicos emitidos por los materiales de construcción y decoración (3 a 4 %). Por tanto, en la mayoría de los casos se cita la ventilación como importante causa originaria. (p.21)

En particular la Universidad Técnica de Ambato se ha convertido en una de las universidades más activas en el ámbito de la educación con gran afluencia de estudiantes teniendo consecuencia directa en la calidad del aire interior generando contaminantes que pueden contribuir a los riesgos negativos a la salud y afectar

directamente en el confort de los ocupantes de los laboratorios y en su productividad estudiantil.

En el Ecuador el Plan de Calidad Nacional del Aire establece en el proyecto 8 Implantación del Programa Nacional de Reducción de Emisiones, indica en uno de sus objetivos: Implementar mecanismos de evaluación, control y seguimiento de la calidad del aire en interiores, y los resultados esperados son el fortalecimiento de la gestión de la calidad del aire en interiores, además unas de las tareas en el componente 8.3 en el Fortalecimiento de la gestión de la calidad de aire interiores es la de ejecutar campañas de medición de calidad del aire en interiores, y uno de los responsables directos son las universidades y academias mediante la investigación sistemática de la calidad de aire interiores en los edificios se pretende:

- Establecer parámetros de control de la calidad de aire ambiente interior para diversos escenarios.
- Establecer metodología normalizada de análisis de parámetros de control de la calidad de aire ambiente interior para diversos escenarios.
- Desarrollar investigación sistemática de la calidad de aire ambiente interior en el Ecuador.
- Concienciar a la ciudadanía sobre las consecuencias de la calidad de aire ambiente interior.
- Coordinar con el Programa de Control y Vigilancia sanitaria del Ministerio de Salud Pública el seguimiento de la calidad del aire interno.

Este método sistemático debería haberse implantado en un 80% para el año 2014 sin embargo no existe registros o resultados de mediciones y campañas realizadas en cuanto al control de la calidad de interior en los edificios o laboratorios.

Distintas formas de interpretar las condiciones ambientales han llevado al desarrollo de conceptos tales como edificio enfermo, calidad del aire o calidad ambiental interior, todos ellos encaminados a entender la complejidad de los contaminantes en los ambientes cerrados y las implicaciones sobre la salud de la población.

Como menciona Francisco Vargas Marcos e Isabel Gallego Pulgarín (2005), afirma: Diversos estudios señalan que los contaminantes en el aire interior pueden estar en mayor cantidad que los del aire exterior. Dan importancia a este postulado estas razones: 1) las concentraciones de contaminantes no se reducen significativamente cuando el aire exterior entra en los edificios, 2) las personas consumen aproximadamente el 90% de su tiempo en espacios interiores, 3) dentro de los edificios se concentran nuevas fuentes de contaminación del aire por cientos de productos que se utilizan en ellos. (p.4)

Árbol del problema (Causa – efecto)

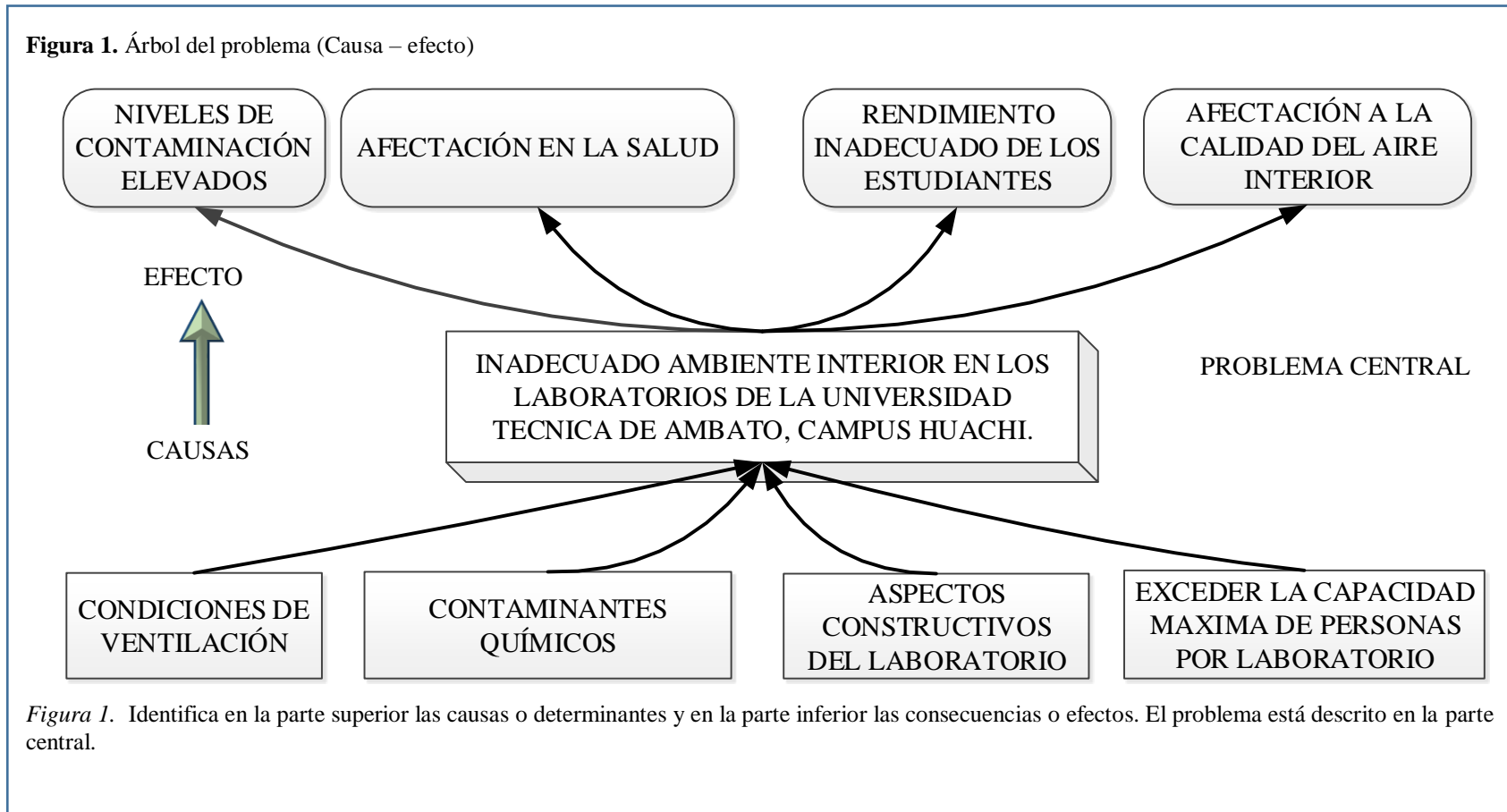


Figura 1. Identifica en la parte superior las causas o determinantes y en la parte inferior las consecuencias o efectos. El problema está descrito en la parte central.

1.2.2. Análisis Crítico

Las condiciones de ventilación interior son relevantes debido a que la mayoría de los edificios para la remoción de los contaminantes generados en el interior de los espacios educativos (laboratorios) no cuentan con un sistema de ventilación que proporcione aire al interior sin contaminantes, por lo que la contaminación del aire exterior ingresado en los laboratorios, al ingresar se convierte en contaminación interior, hay que tomar en consideración que el aire exterior en combinación con los contaminantes generados en el interior de los edificios y las partículas concentradas pueden generar el disconfort de los ocupantes y por la antes expuesto a consecuencia puede afectar al rendimiento y bienestar de los estudiantes.

Los contaminantes químicos son factores de contaminación que pueden ser considerados una fuentes de contaminación como por ejemplo un mantenimiento inadecuado a consecuencia de las prolongadas utilizations de los laboratorios para diversos grupos de estudiantes, sin embargo esta no es la única causa las fuentes de contaminación químico que convergen, factores como los materiales con los que está construido el edificio, el mobiliario, los equipos computacionales y de maquinaria con propósito educativo a consecuencia de las actividades que se llevan a cabo en el interior de los espacios educativos, por consecuencia cada uno de estos elementos provoca la inevitable aparición de partículas en el aire interior el cual puede originar algunos contaminantes químicos, que agraven el problema, pues la concentración de dióxido de carbono, monóxido de carbono, dióxido de azufre, compuestos orgánicos volátiles, partículas de suspensión, ozono, radón y otros agentes patógenos, como mohos y hongos que pueden aparecer durante la interacción de los elementos mencionados, harán que el aire sea dañino para los ocupantes.

Muchos de los espacios educativos en lo que respecta a su arquitectura no ha considerado una ventilación equilibrada con un sistema de extracción y suministro adecuado esto debido a errores comunes en el diseño de sistemas renovación de aire por ejemplo la mala ubicación de la entrada de aire fresco el cual puede influir

directamente en la velocidad del aire, la temperatura, el ruido y la humedad relativa, a esto hay que añadirle la mala ubicación de los equipos instalados en los espacios educativos.

El exceder de la capacidad de personas un área para el cual fue diseñada puede afectar a la calidad de aire interior aportando la emisión de dióxido de carbono producido por la respiración humana ligada a la de otros productos procedentes del metabolismo humano (agua, aerosoles biológicos, partículas, alcoholes, aldehídos, etc.) llamados bioefluentes y responsables de la carga de olor por ocupación humana de un local. Por ello, el nivel de concentración de dióxido de carbono en un ambiente interior puede tomarse, si no hay otras fuentes contaminantes, como indicador de la carga de olor existente debida a sus ocupantes, de la misma manera el exceso de personas en una misma área puede afectar a la temperatura del lugar debido a la recirculación de aire caliente sin tener una ventilación inadecuada; el material particulado es otro contaminante del aire generalizado ligado a la excedente de personas este consiste en una mezcla de partículas sólidas y líquidas de sustancias orgánicas e inorgánicas suspendidas en el aire, generalmente la simbología para su representación es PM, este contaminante se ha visto involucrado en resultados adversos para la salud, así como tener efectos ambientales, en el Ecuador existe una normativa ambiental que determina los niveles máximos permisibles en la atmosfera TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINSITERIO DEL AMBIENTE, libro VI, anexo 4 destinada a la normativa para la calidad del aire; uno de los requerimientos básicos para tener una vida saludable es respirar aire limpio por lo expuesto la contaminación al aire es uno de los problemas más serios que tiene nuestra sociedad en todos los niveles económicos y no se excluye a los espacios educativos (laboratorios) que no cuentan con un sistema de ventilación que proporcione la renovación de aire limpio al interior sin contaminantes, por lo que se puede considerar la contaminación del aire exterior una vez ingresada a los laboratorios se convierte en contaminación interior, hay que tomar en consideración que el aire exterior en combinación con los contaminantes generados en el interior de los

edificios y las partículas concentradas afectan a la calidad de aire interior y generar el disconfort de los ocupantes y por consiguiente a consecuencia puede afectar al rendimiento y bienestar de los estudiantes.

1.2.3 Prognosis

De mantenerse las condiciones del ambiente interior actuales de los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato campus Huachi, sin generar una investigación que de determine el procedimiento de inspección de la calidad ambiental interior se verán afectados sus ocupantes, influyendo en su bienestar y productividad originando un disconfort al ocupar los laboratorios; la concentración y la calidad de aprendizaje disminuirá influyendo en el nivel de educación que la Universidad ofrece a sus estudiantes siendo este un requisito importante para la categorización de la universidad.

Al no tener un control y conocimiento de la fuentes de contaminación químico en el interior de los laboratorios no se podrá determinar sus diferentes características, y se desconocerá los síntomas específicos, comúnmente atribuidos a problemas de contaminación química ambiental interior (CAI), que pueden desencadenarse combinados o aisladamente aspectos como: sequedad e irritación de los ojos, nariz y garganta, dificultad de concentración, dolor de cabeza, náusea, vértigo, tos, fatiga, sofocamiento; respiración entrecortada, picor y sequedad de la piel, sensibilidad a olores, dolores musculares, hipersensibilidad y alergias que afectaran al disconfort de los ocupantes y podrían terminar por influir en su rendimiento académico y en la salud de los ocupantes.

De mantenerse el nivel de desconociendo acerca de la importancia del diseño y construcción de los aspectos constructivos de los laboratorios se obviara procesos de ventilación para crear un ambiente interior con la calidad del aire más adecuada, de forma natural originado laboratorios sin ventilación, a la vez se afecta a la dilución y eliminación, de los agentes contaminantes producidos por los materiales

constructivos, decorativos, de trabajo, por el hombre y sus actividades y el medio ambiente externo que le rodea.

De no realizarse la investigación se desconocerá los impactos negativos derivados de la calidad de aire interior de los laboratorios sobre las personas que ocupan los mismos, la afectación en la salud de las personas, los síntomas que presenten serán indeterminados, no determinara el confort necesario de los ocupantes el cual permitirá desarrollar adecuadamente las actividades dentro de los laboratorios para el cual está destinado la instalación.

1.2.4 Formulación del problema

¿Los contaminantes químicos en el aire interior influyen en la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior?

1.2.5 Interrogantes de la investigación

¿Qué tipos de contaminantes químicos en el aire interior influyen en la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior?

¿Cuál es la concentración de contaminantes químicos existen en el aire interior de los laboratorios de instituciones de educación superior?

¿Qué medidas de control existen para ayudar a mejorar la calidad de aire interior, que se puedan establecer de los laboratorios de instituciones de educación superior?

1.2.6 Delimitación Del Objeto De Investigación

Campos: Construcción – Diseño de áreas trabajo

Área: Ingeniería

Aspecto: Calidad de aire interior

Delimitación espacial: La investigación se desarrolla en los espacios físicos interiores de los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato – Campus Huachi.

Método muestral: El criterio para seleccionar las muestras en el interior de los laboratorios estará basado en la norma UNE 171330 – Calidad Ambiental en

interiores es una norma que establece un proceso sistemático paso a paso de diagnóstico, inspección y gestión de los ambientes interiores y se divide en tres partes: Parte 1 Diagnóstico de calidad ambiental interior (2008); Parte 2 – Procedimiento de inspección de calidad ambiental interior (2009); Parte 3 Sistema de Gestión de los ambientes interiores (2010).

Delimitación temporal: La presente investigación se desarrolló en los meses de mayo de 2017 a julio de 2018.

Unidades de observación: Las unidades de observación se han de terminar en base al objeto de estudio para garantizar una muestra idónea así:

- Laboratorios de instituciones de educación superior (Universidad Técnica de Ambato campus Huachi).
- Trabajadores de los laboratorios (Docentes y ayudantes de cátedra).

1.3 Justificación

La investigación tendrá especial *interés* en realizar el estudio de las concentraciones de los contaminantes en los laboratorios, con los resultados de este estudio se analizará si estos superan los límites establecidos en la norma aplicable; el estudio permitirá tomar decisiones y elaborar un plan de prevención o corrección respecto a mejorar la calidad de aire interior en los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato – Campus Huachi.

El trabajo de investigación tiene *utilidad teórica* porque se acude a fuentes de información bibliográfica actualizada y especializada en el tema. Mientras que la *utilidad práctica* se demuestra con una propuesta de solución al problema investigado.

Los grandes cambios en el sistema educativo que atraviesa el país ligados a los cambios de tecnología y la estructura social hacen evidente la *importancia* de establecer las condiciones en las cuales se desarrolla las actividades educativas así

como las limitaciones que son impuestos por las características arquitectónicas de los laboratorios que a menudo pueden generar discomfort en los ocupantes capaz de alterar tanto la salud física, como la mental de los ocupantes, provocando un mayor estrés y con ello una disminución del rendimiento.

Los laboratorios son parte fundamental en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. El efecto combinado de fuentes de contaminación interior con las de origen exterior hacen que algunos contaminantes alcancen, dentro de los edificios, niveles más altos que los existentes afuera, esas concentraciones pueden ser lo suficientemente altas como para afectar a la salud y la productividad, la ubicación de los laboratorios están cercanas al área de estudio del investigador además existe la apertura por los responsables es *factible* el realizar una investigación dentro del mismo, conjuntamente se dispone de varias fuentes bibliográficas y el tiempo suficiente para poder desarrollar la investigación.

Con la presente investigación se tendrá varios *beneficiarios* como los docentes, estudiantes y la Universidad Técnica de Ambato ya que obtendrán información valiosa al conocer el estado de la calidad del aire, dependiendo de los resultados permitirá a las autoridades proponer medidas de prevención o correctivas, las mismas que servirán también como referencia a las autoridades que intenten adaptar el ambiente educativos que consideren estos factores asociados al incremento de desempeño de los estudiantes.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Evaluar los contaminantes químicos en el aire interior y su incidencia en la afectación de la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar los contaminantes químicos en el aire interior que inciden en la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior.
- Evaluar el nivel de concentración de los contaminantes químicos en el aire interior de los laboratorios de instituciones de educación superior.
- Desarrollar una propuesta para disminuir los contaminantes químicos en el aire interior de los laboratorios de instituciones de educación superior.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Investigativos

Al realizar la búsqueda de información bibliográfica o fuentes que proporcionan información referente al tema de estudio se ha encontrado que en la Universidad Técnica de Ambato no se han realizado investigaciones sobre la calidad de Aire interior sin embargo existen otras investigaciones fuera del país, a continuación, se detallan los aspectos más relevantes de los mismos: del artículo: Calidad microbiológica y fisicoquímica del aire en tres laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia, realizado por García, Araujo, Fernández, Salcedo, Cárdenas, Herrera, Yabroudi, Angulo, (2005), se obtiene la siguiente conclusión, La existencia de múltiples factores que influyen en la medición de bioaerosoles y la heterogeneidad en la normativa de calidad del aire en ambientes interiores, dificultan el establecimiento de lo que puede considerarse como aceptable en estos tipos de ambientes. Además, en otra conclusión establece: Los parámetros físicos estudiados, temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo, humedad relativa y velocidad del aire, en general, se encontraron dentro de los niveles recomendados con excepción de la humedad relativa; ésta última superó en todos los ambientes el límite superior permisible de 60%, lo cual pudiese explicar el ligero incremento de microorganismos detectados. (p.189)

Como menciona KHATAMI, N., (2013), concluye en: International Journal of Ventilation VEETECH con el tema: Control Of Carbon Dioxide Concentration In Educational Spaces Using Natural Ventilation:

- La relación entre el área de abertura y el consumo de energía es a veces poco clara. Si no se proporciona área de abertura libre adecuado, que puede conducir a un mayor consumo de energía, ya que los respiraderos tienen que abrir con mayor frecuencia con el fin de controlar la concentración de CO₂ que conduce a un mayor consumo de energía. Por ejemplo, en algunas simulaciones, aunque ambos modelos utilizados \ idénticos puntos de ajuste, el consumo de energía aumentó en 10% en los modelos que utilizan tamaños de apertura 25% más pequeñas.
- En los espacios más densamente ocupadas, antes apertura de los orificios de ventilación (usando un ajuste menor punto) con zonas de libre apertura más pequeños, ayuda para proporcionar una mejor calidad del aire interior y la reducción de la energía consumo. También ayuda a controlar el efecto de caza de manera más eficaz, ya que, cuando se utilizaron las áreas libres más pequeños, CO₂ concentración era menos probable que caiga o aumentar rápidamente. (p.12)

Como menciona Hanan Ahmad Ibrahim, (2015), en: *Indoor Air Quality in UAE Office Buildings and Their Effects on occupants' Health, Comfort, Productivity and Performance* publicado por la Universidad británica en Dubai (Buid) en sus conclusiones que el objetivo principal de este estudio fue medir el aire interior indicadores de calidad (por ejemplo, TVOC, ozono, monóxido de carbono, dióxido de carbono, relativa Humedad y temperatura) en espacios de oficina en la Universidad de Ciencia y Ajman Tecnología, en los cuales los resultados mostraron que la mayoría de los espacios de oficina en el Universidad tienen niveles medios de concentración de COVT que estaban dentro del rango aceptable basado en las normas internacionales y locales, tales como la ASHRAE, NNCAA y Dubai Edificio Requisitos y especificaciones, Además, recomienda que la calidad del aire depende de las personas que están comparten la misma zona de aire y además todo el mundo contribuye a la calidad del aire. La mala calidad del aire se debe a la falta de gestión de edificios y la calidad de mantenimiento. (p.77)

2.2 Fundamentación Filosófica

La presente investigación se basará en el paradigma **crítico – propositivo** ya que es una alternativa para la investigación debido a que privilegia la interpretación, comprensión y explicación de los fenómenos; Crítico porque cuestiona los esquemas y modo de hacer la investigación; Propositivo debido a que plantea alternativas de solución.

2.3 Fundamentación Legal

La presente investigación halla fundamento en la constitución del Ecuador vigente en el capítulo II, donde se contempla el derecho del Buen Vivir o “Sumak Kawsay” de manera específica en la sección segunda el derecho a vivir en un ambiente sano contemplado en:

La Constitución Política del Estado 2008, capítulo VI, sección tercera de Formas de trabajo y su retribución, artículo 326, numeral 5, indica: Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar.

2.4 Fundamentación Técnica

Norma UNE 171330 – Calidad Ambiental en interiores es una norma que establece un sistema paso a paso de diagnóstico, inspección y gestión de los ambientes interiores y se divide en tres partes: Parte 1 Diagnóstico de calidad ambiental interior (2008); Parte 2 – Procedimiento de inspección de calidad ambiental interior (2009); Parte 3 Sistema de Gestión de los ambientes interiores (2010).

UNE EN ISO 7726:02. Ergonomía de los ambientes térmicos: instrumentos de medida de las magnitudes físicas.

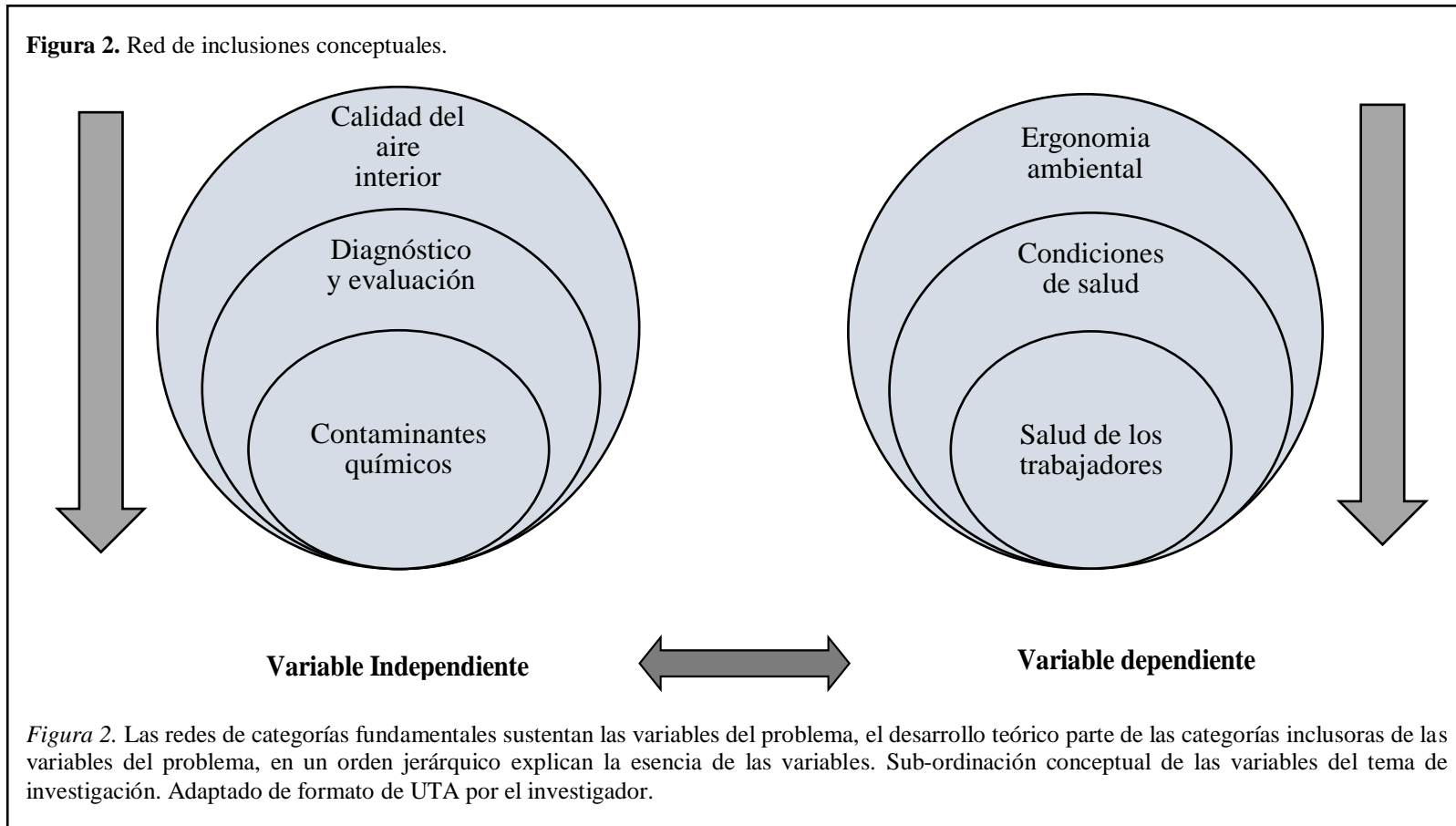
UNE EN ISO 7933:05. Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del estrés térmico mediante el cálculo de la sobrecarga estimada.

UNE EN ISO 8996:05. Ergonomía del ambiente térmico: determinación de la tasa metabólica. - UNE EN ISO 15265:05. Ergonomía del ambiente térmico. Estrategia de evaluación del riesgo para la prevención del estrés o incomodidad en condiciones de trabajo térmicas.

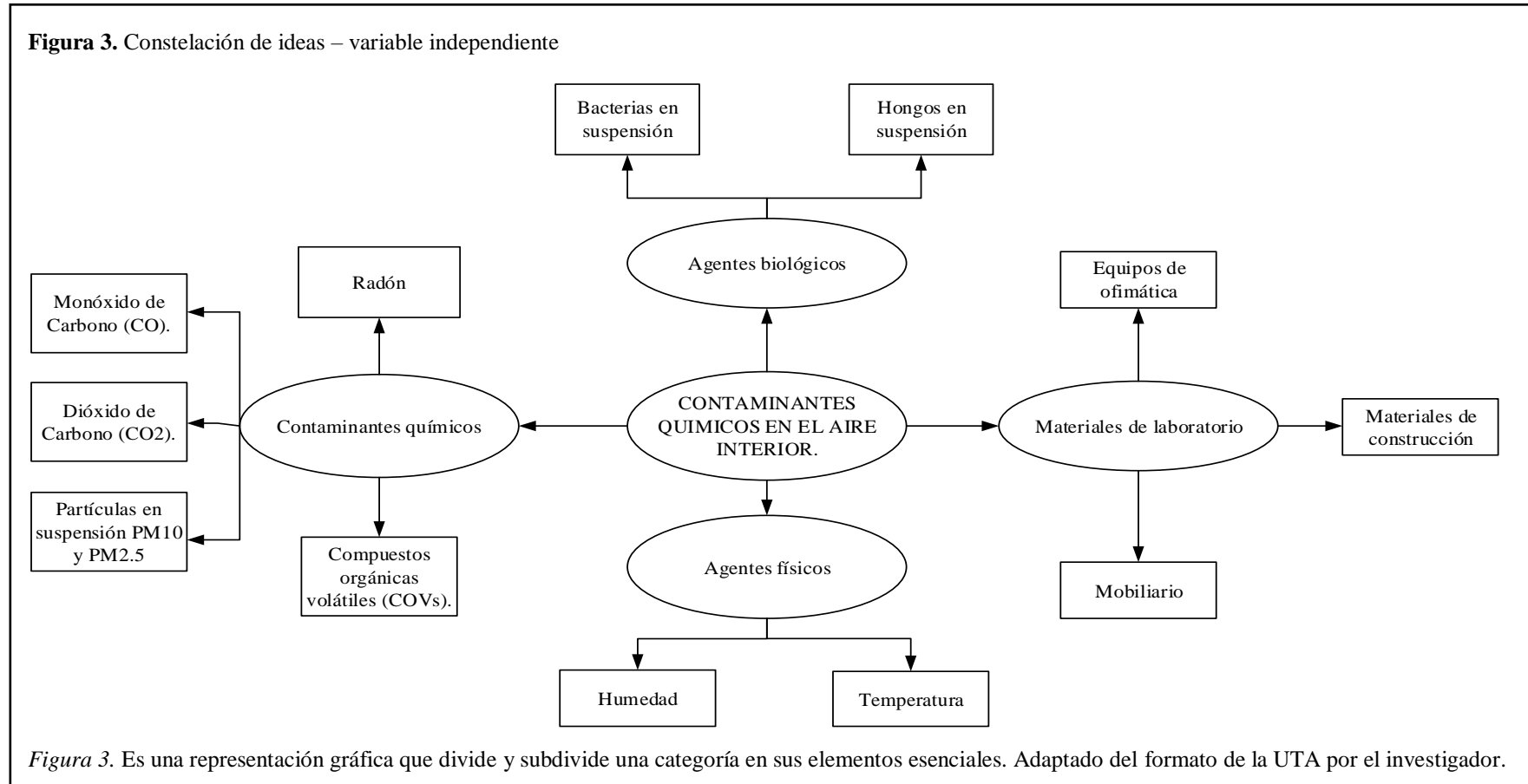
UNE EN ISO 7730:06. Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local.

La definición de Salud de la OMS, recogida en su Carta Fundacional del 7 de abril de 1946, es: "La salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no sólo la ausencia de afecciones o enfermedades"; la presente investigación se respalda en un marco legal:

2.4. Red de categorías fundamentales



Constelación de ideas de la variable independiente.



2.4.1. Marco conceptual Variable independiente.

2.4.1.1 Calidad del aire interior

La calidad del aire interior puede definirse como el grado en el que se satisfacen las exigencias del ser humano. Básicamente, los ocupantes de un espacio exigen dos cosas al aire que respiran: percibir el aire fresco, en lugar de viciado, cargado o irritante; y saber que el riesgo para la salud que pudiera derivarse de la respiración de ese aire es despreciable. Es corriente pensar que el grado de calidad del aire de un espacio depende más de los componentes de ese aire que del impacto del aire en los ocupantes, por lo que pudiera parecer sencillo evaluar la calidad del aire, pues, conociendo su composición se puede conocer su calidad. En estos lugares se pueden encontrar miles de sustancias químicas, pero a muy bajas concentraciones, a menudo, mil veces menores que los límites de exposición recomendados; su evaluación, una por una, daría como resultado una falsa valoración en la que la calidad de ese aire sería juzgada como alta. Pero todavía queda un aspecto que se debe considerar y es el alto grado de desconocimiento existente sobre los efectos que la combinación de esos miles de sustancias tiene en el ser humano y que pudiera ser la causa de que ese aire sea percibido como viciado, cargado o irritante. La conclusión es que los métodos tradicionales utilizados en higiene industrial son insuficientes para definir el grado de calidad del aire que será percibido por los seres humanos. La alternativa al análisis químico es utilizar a las personas como equipos de medición para cuantificar la contaminación del aire. El ser humano percibe el aire mediante dos sentidos: el del olfato, que está situado en la cavidad nasal, y que es sensible a centenares de miles de sustancias odoríferas, y el sentido químico, situado en las mucosas de la nariz y de los ojos, y que es sensible a un número similar de sustancias irritantes presentes en el aire (Heras, C. & Guardino, 1994).

Fuentes y producción

De forma genérica podemos distinguir dos tipos de fuentes de contaminantes en el aire interior:

Fuentes primarias

Son aquellas que generan contaminación debido a su uso o presencia en el interior: uso de combustibles, humo de tabaco, bioefluentes de mascotas, cubiertas de suelos y paredes, pinturas , pegamentos, barnices, ceras, plaguicidas, materiales de construcción (Mitchell et al., 2007), aire procedente del exterior (ya que una porción sustancial de la contaminación del aire exterior migra al interior, afectando a su calidad), etc. En general, cualquier producto químico usado o presente en el interior es, a priori, una fuente de contaminación. Como producto químico se entiende cualquier producto de uso doméstico como los arriba mencionados.

La tasa de intercambio de aire es actualmente 10 veces menor de lo que era hace 30 años con consiguiente incremento en humedad y en los niveles de contaminantes interiores y alérgenos (Franchi et al., 2006).

Agua y humedades: Contribuye a la presencia de mohos, hongos, etc. y por tanto a la producción de alérgenos aéreos y proliferación de bacterias, la Legionella es un ejemplo (Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía, 2672).

Materiales de construcción y mobiliario: Constituyen una fuente de compuestos orgánicos volátiles como el formaldehído (maderas aglomeradas) y otros compuestos, asbestos, etc. (Andalucia & De, 2011).

Calefacción, ventilación y aire acondicionado: un inadecuado mantenimiento o instalación puede dar lugar a polvo, suciedad o crecimientos microbiológicos en los conductos y otros lugares de los circuitos, originando partículas, bacterias, etc. Un mal diseño e instalación de las tomas de aire puede introducir aire “sucio” en el interior.

Gases procedente del suelo: el radón es el principal, aunque pueden producirse también infiltraciones de contaminantes procedentes de usos anteriores del suelo y plaguicidas (Toress, 2000).

Individuos: olor corporal, cosméticos, incremento de dióxido de carbono.

Aire contaminado procedente del exterior: introduce partículas, humos, polvo, gases procedentes de contaminantes industriales y vehículos, además de los naturales como polen, ácaros, y esporas fúngicas (Toress, 2000).

Fuentes secundarias

Son los procesos químicos que transforman los contaminantes emitidos por fuentes primarias dando lugar a otros nuevos (WHO, 2006), que son conocidos como contaminantes secundarios (productos de oxidación, partículas, etc.). Esta “química interior” puede darse tanto en la fase gaseosa o sobre superficies (Mitchell et al., 2007) y son un sumidero para los contaminantes interiores y a la vez una fuente de nuevos contaminantes.

2.4.1.2 Diagnóstico y la evaluación de la calidad ambiental en interiores

Normas utilizadas para el diagnóstico y la evaluación de la calidad ambiental en interiores:

Norma UNE 171330-1 (2008), Calidad ambiental en interiores. Parte 1: Diagnóstico de calidad ambiental interior.

Esta norma UNE (Acrónimo de “Una Norma Española”) tiene como objeto describir una metodología para la elaboración de un diagnóstico inicial de la calidad y salud ambiental en interiores. Dicho diagnóstico tiene implicaciones en la prevención de riesgos ambientales para la salud en general, y en concreto para la salud pública en edificios e instalaciones. El campo de aplicación de la norma son los ambientes interiores de todo tipo de recintos, instalaciones y edificaciones.

La metodología de la Normas UNE 171330-1, sugiere que se debe realizar un estudio documental con la visita “*in situ*”, de los siguientes aspectos más importantes:

- Ubicación del edificio
- Usos, actividades y distribución del edificio
- Materiales de construcción
- Instalación del edificio:

- Instalaciones de acondicionamiento de aire
- Instalaciones de agua
- Instalaciones de salubridad
- Instalación de transporte vertical y comunicación entre plantas
- Instalación de electricidad y de telecomunicaciones
- Almacenes y salas de usos especiales
- Mantenimiento del edificio
- Remodelación del edificio

Dentro de estos parámetros se debe realizar una identificación o un inventario de aspectos o elementos que interaccionan con la calidad ambiental de interiores, es decir este será un parámetro crítico, el cual se debe valorar detalladamente. Para la decisión de su valoración la Norma UNE 171330-1 sugiere se procede a la decisión con la “Matriz de evaluación de riesgo potenciales asociados a los aspectos ambientales en interiores”.

Para ello se aplicará la metodología basada en la relación “*probabilidad/efecto*”; que es, la probabilidad de que un determinado aspecto afecte negativamente a la calidad ambiental interior y los efectos que implicaría. En la Tabla 1, se indica la matriz para la determinación de la relación “*probabilidad/efecto*”, según la Norma UNE 171330-1, aplicado al diagnóstico de riesgo potenciales asociados a los aspectos ambientales en interiores.

Tabla 1. Matriz para la determinación de la relación “*probabilidad/efecto*”

Probabilidad	Baja	Media	Alta	Muy alta
Efecto				
Ligeros	No significativo	Re-evaluar periódicamente	Re-evaluar periódicamente	Valorar
Considerables	Re-evaluar periódicamente	Re-evaluar periódicamente	Valorar	Valorar
Graves	Valorar	Valorar	Valorar	Valorar

Nota: La determinación de la probabilidad de que un determinado aspecto afecte negativamente se basa en datos históricos, datos de las instalaciones y de las actividades llevadas a cabo, datos ambientales previos, tanto interior como exteriores, y por supuesto, la propia experiencia del equipo inspector. . Adaptado de AENOR, UNE 171330-1, 2008 por el investigador UTA 2018.

b) *Norma UNE 171330-2 (2014)*, Calidad ambiental en interiores. Parte 2: Procedimientos de inspección de calidad ambiental interior: Esta norma tiene como objeto describir la metodología a seguir para la realización de una inspección de la calidad ambiental interior de las instalaciones. Así como también establece los criterios de valoración para la evaluación de calidad ambiental interior. Los parámetros mínimos que hay que medir o valorar en la inspección de la calidad ambiental interior, según la norma son:

- 1) Evaluación higiénica de los sistemas de climatización.
- 2) Temperatura y humedad relativa.
- 3) Dióxido de carbono.
- 4) Monóxido de carbono.
- 5) Partículas en suspensión por gravimetría (PM 2,5).
- 6) Conteo de partículas en suspensión (0,5 μm y 5 μm).

Cabe recalcar que se debe valorar los parámetros críticos, hallados previamente en el diagnóstico de la calidad ambiental interior, según la norma mencionado anteriormente. La Norma UNE 171330-2, sirve no sólo para proteger la salud de los usuarios sino también su bienestar y confort, por lo que la estructura del modo de valoración de resultados se basa en dos criterios:

Criterio confort: es un valor muy restrictivo cuyo objetivo es asegurar que el ambiente interior no resultará molesto para la mayoría de los ocupantes.

Criterio Valor límite: Representa una concentración o valor absoluto que no debe sobrepasarse nunca y que en caso de superarse una sola vez y para un único parámetro supondría una “No Conformidad” total del edificio o instalación estudiada.

En la Tabla 2 se indica los métodos de análisis y criterios de valoración para los parámetros mínimos que hay que medir o valorar en la inspección de la calidad ambiental interior según la Norma UNE 171330-2.

Tabla 2. Métodos y criterios de evaluación

Parámetro	Método	Criterio de valoración		
		Criterio Confort. (Se acepta hasta un 25% de superaciones)	Criterio valor límite máximo	Norma/Reglamento de referencia
Temperatura y humedad relativa. ^a	Equipos de medición directa	Temperatura Primavera-Verano: 23-25°C 30-70% Otoño-Invierno: 21-23°C 30-70%	Valores límites máximos solo para temperatura (todo el año) 17-27°C	RITE (Real Decreto 1027/2007), de 20 de julio, Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios). ^b Valores límite Real Decreto 486/1997. ^c
Dióxido de carbono	Medición directa mediante sonda infrarrojos	Interior-exterior < 500 ppm	Valor límite máximo: 2500 ppm	UNE-EN 13779:2005. Valor límite 50% VLA del INSHT.
Monóxido de carbono	Célula electroquímica	< 5 ppm	Valor límite máximo: 09 ppm	Real Decreto 102/2011. Valor límite 75% VLA del INSHT.
Partículas en suspensión (PM 2,5)	Gravimetría NIOSH. Medición directa. Equipo de difracción de rayos láser.	< 20 ug/m ³ Clase ISO 9 < 35 200 000 part de 0,5 micras/m ³	Valor límite máximo: 20 ug/m ³ No aplica	Real Decreto 102/2011. Valor límite 10% VLA del INSHT. UNE-EN ISO 14644-1:2000. Clasificación de la limpieza del aire
Conteo de partículas		< 293 000 part de 5 micras/m ³		

^a Para entornos con tasa de actividad metabólica 1,2 met, grado de vestimenta de 0,5 clo en verano y 1 clo en invierno dando un PPD del 10% al 15%.

^b Para entornos que no cumplan estas condiciones aplicar la Norma UNE-EN ISO 7730.

^c La valoración de la HR puede variar cuando el edificio es de construcción posterior a la entrada en vigor del Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, y en función del criterio del técnico que realiza la inspección en edificios con riesgos especiales, por ejemplo, de hipotrofia. Adaptado de AENOR, UNE 171330-2, 2014 por el investigador, UTA 2018.

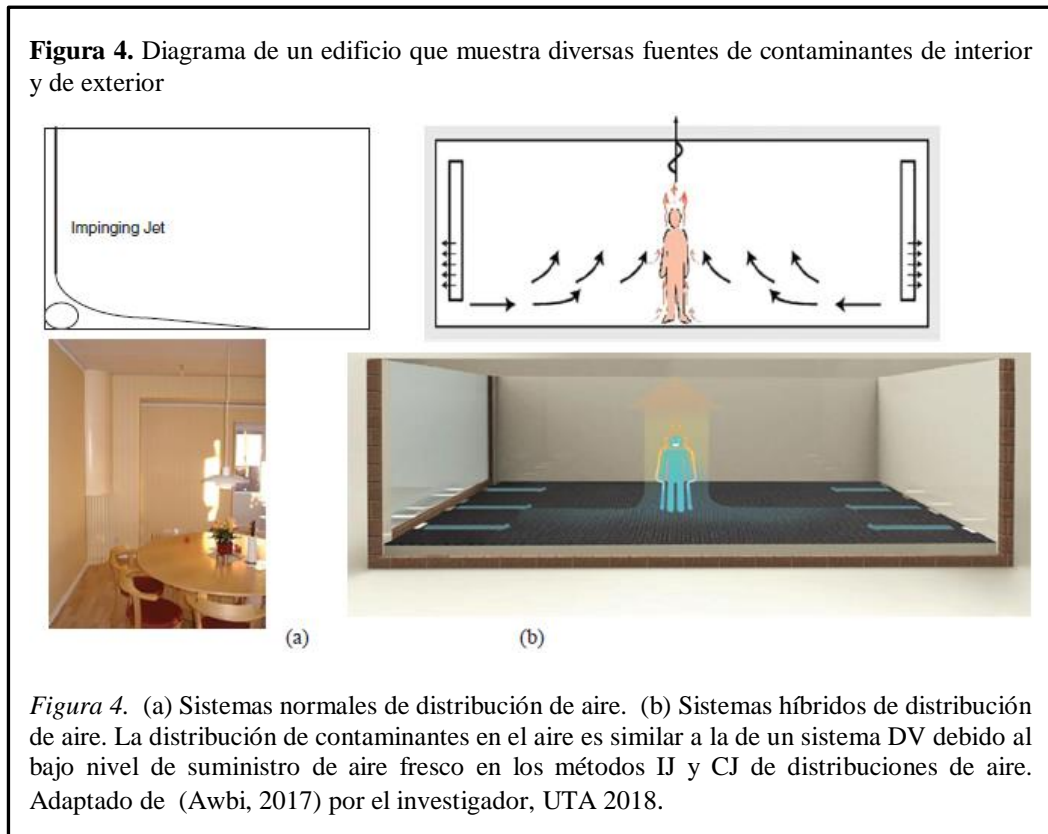
2.4.1.3 Contaminantes Químicos

En el ámbito de las condiciones de trabajo tiene cada vez mayor incidencia el aspecto relacionado con la calidad del aire en locales dedicados a oficinas y servicios generales, es decir, en los que no se realizan actividades de tipo industrial. La sintomatología presentada por los afectados no suele ser severa y, al no ocasionar un exceso de bajas por enfermedad, se tiende a menudo a minimizar los efectos que, sin embargo, se traducen en una situación general de disconfort. En la práctica estos efectos son capaces de alterar tanto la salud física como la mental del trabajador, provocando un mayor estrés y con ello una disminución del rendimiento laboral. Para describir estas situaciones, cuando los síntomas llegan a afectar a más del 20%

de los ocupantes de un edificio, se habla del "Síndrome del Edificio Enfermo" (Berenguer-Subils & Martí Solé, 1989).

Confort térmico y ventilación

El mayor número de quejas referentes a la calidad del aire del interior de un edificio entran dentro del apartado de confort térmico y ventilación. Según el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), en más del 50% de estudios realizados en edificios, los problemas eran causados por una inadecuada ventilación. El confort térmico se basa en un equilibrio entre la actividad física y la ropa que se utiliza, por un lado, y la humedad relativa, la temperatura y velocidad del aire y la temperatura radiante media, por otro. La American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) ha desarrollado estándares, aplicables a espacios cerrados, que deben garantizar una situación de confort al 90% de la población.



En general, el margen de valores considerados aceptables es relativamente estrecho, dada la relación que existe entre unas y otras variables. Un ligero aumento en la velocidad del aire, por ejemplo, puede desencadenar una serie de quejas aunque la temperatura se mantenga dentro de los límites aceptables. Paralelamente, cuando la ventilación es incorrecta como consecuencia de un aporte insuficiente de aire fresco exterior, puede haber una acumulación de contaminantes de origen vario hasta unos niveles que resulten molestos para sus ocupantes. El aporte de aire exterior ha de ser suficiente para diluir los contaminantes hasta niveles que estén por debajo de la percepción humana y, evidentemente, de los considerados perjudiciales para la salud (Berenguer-Subils & Martí Solé, 1989).

Tipos de contaminantes y fuentes de contaminación

Los ocupantes de un edificio son en sí una fuente de contaminación, ya que el ser humano produce de modo natural dióxido de carbono, vapor de agua, partículas y aerosoles biológicos. Por otro lado, hay una serie importante de contaminantes que pueden ser generados por el propio edificio, por su contenido o pueden incluso depender de su ubicación. Otro grupo tiene su origen en combustiones que se producen en el interior. También el uso de productos de limpieza, mantenimiento y embellecimiento genera la presencia de contaminantes en el interior del edificio.

Algunas de estas fuentes producen mezclas complejas, como puede ser el humo de tabaco, los aerosoles y humos generados en la preparación de comidas, los aerosoles biológicos infecciosos y alérgenos generados en los circuitos de refrigeración y los propios del cuerpo humano. Un tratamiento cuantitativo preciso de estos contaminantes puede ser difícil, siendo la evaluación en muchos casos subjetiva.

Aunque el problema es difícil de abordar, se intenta sistematizar a partir de una clasificación de los contaminantes que se expone brevemente (Berenguer-Subils & Martí Solé, 1989). Se han llevado a cabo estudios para confirmar las causas de los problemas de calidad del aire y sus posibles soluciones. Los estudios realizados en últimos 20 años han demostrado que la presencia de contaminantes en muchos ambientes de interior es superior a la y, además, se han identificado contaminantes diferentes a los presentes en el aire exterior (Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía; 2672).

En la Tabla 3 se presentan los contaminantes químicos más frecuentes en el aire interior de los edificios, clasificados en función de su posible procedencia.

Tabla 3. Contaminantes químicos en el aire interior de edificios

Productos de combustión	Materiales de construcción	Productos de consumo	Varios
NO ₂	Fibra de vidrio.	Pinturas	O ₃
NO	Asbestos.	Barnices	Pb
CO	Compuestos orgánicos:	Plásticos	Fe
CO ₂		Colas y pegamentos	Mn
BAP	• Disolventes.	Disolventes	Complejos
SO ₂	• Formaldehído.	Productos de sellado	Al ₂ O ₃
Orgánicos quemada.	madera	Fibras textiles	Radón
Humo de tabaco.		Papeles de pared y colas de empapelado	
• Aldehídos.		Pesticidas	
• HCN		Repelentes de insectos	
• Cetonas.		Productos de limpieza	
• Nitrilos			
• Nitrosaminas			
• Nicotina			
• Arsénico			
• Cadmio			

Nota: CO: Dióxido de carbono; SO₂: Dióxido de azufre; BAP: Benzoapireno; Pb: Plomo; MPR: Material particulado respirable; Al₂O₃: Óxido de aluminio. Adaptado de (Berenguer-Subils & Martí Solé, 1989)b por el investigador, UTA 2018.

La presencia de cierto número de contaminantes químicos en el interior de un edificio es debida a productos procedentes de combustiones. La utilización de cocinas, estufas, secadoras, refrigeradores y quemadores de fuel-oil facilita la presencia de óxidos (CO, CO₂, NO, NO₂ y SO₂) en el aire. Alguno de estos contaminantes puede llegar al aire a partir de fuentes exteriores debido a tomas de aire inadecuadas (Berenguer-Subils & Martí Solé, 1989). Entre todos ellos destacan por su frecuencia los siguientes:

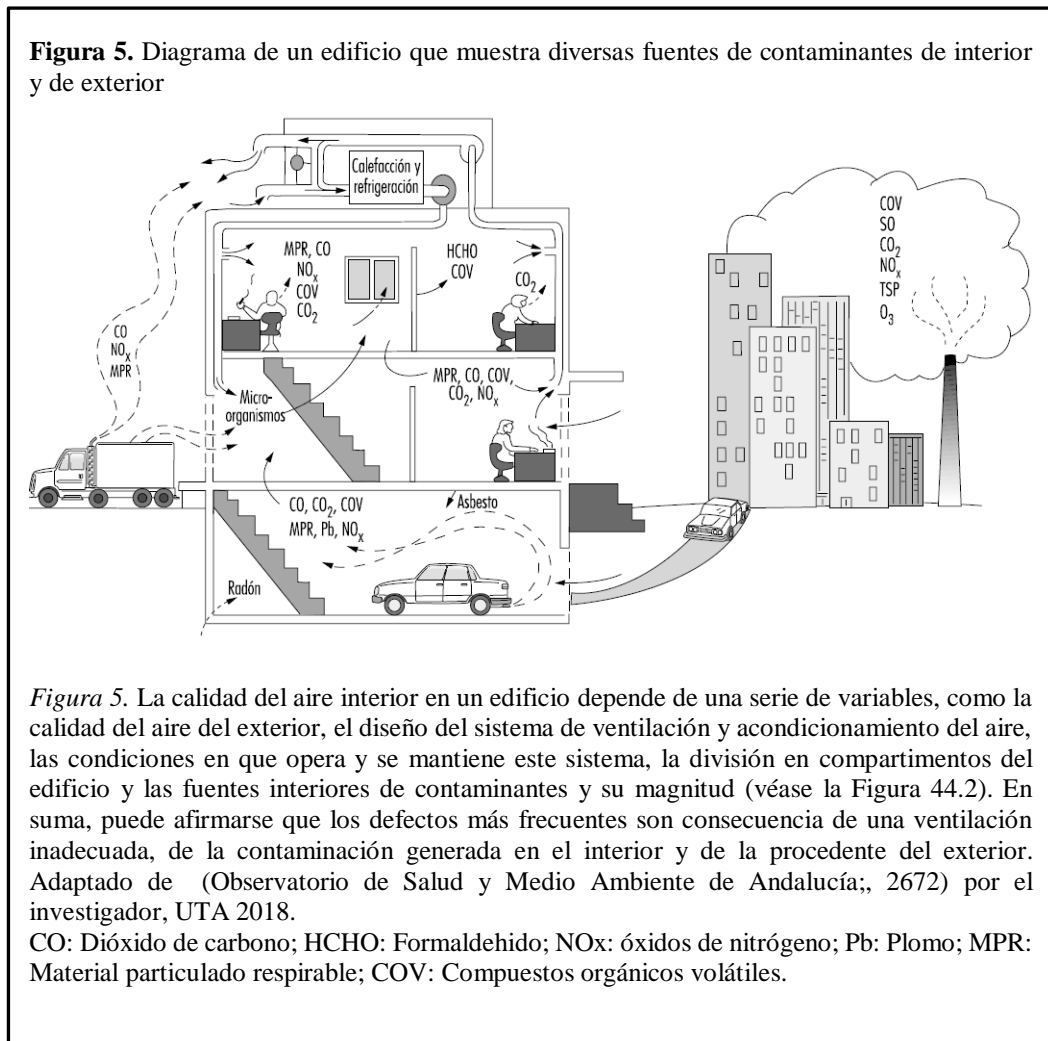
Dióxido de carbono

El dióxido de carbono es un gas que se forma por combustión de sustancias que contienen carbono. En locales no industriales la principal fuente está en la respiración humana y el fumar. Es un asfixiante simple cuya presencia a

concentraciones altas provoca falta de oxígeno (Berenguer-Subils & Martí Solé, 1989).

Monóxido de carbono

El monóxido de carbono se forma por combustión incompleta de sustancias que contienen carbono. Su presencia en medios no industriales es debida a la emisión por motores de combustión interna en garajes dentro del edificio, la toma inadecuada de aire fresco exterior y el fumar. Tiene un efecto asfixiante al unirse a la hemoglobina de la sangre (formando carboxihemoglobina) y disminuir la capacidad de aporte de oxígeno hasta los tejidos (Berenguer-Subils & Martí Solé, 1989).



Humo de tabaco

El hecho de fumar representa la liberación en el aire de una mezcla compleja de productos químicos (más de 3000 contaminantes conocidos). Además de monóxido de carbono, dióxido de carbono y partículas, se producen óxidos de nitrógeno y una amplia variedad de otros gases y compuestos orgánicos entre los que destacan aldehídos, tales como formaldehído y acroleína, hidrocarburos aromáticos policíclicos, incluido benzoapireno (BAP), nicotina, nitrosaminas, cianuro de hidrógeno, cetonas y nitrilos, así como cantidades apreciables de arsénico y cadmio. Las partículas del humo de tabaco se hallan, en aproximadamente un 95%, dentro del intervalo respirable (diámetro ≤ 7 μm). En este sentido, su presencia en el aire del interior de un edificio es un problema que afecta tanto a fumadores como a no fumadores (Berenguer-Subils & Martí Solé, 1989).

Materiales de construcción

Entre los materiales de construcción se hallan los empleados en aislamiento tanto general del edificio como térmico de las instalaciones de aire acondicionado. De entre ellos cabe destacar las fibras, principalmente la de vidrio y los asbestos, y distintos tipos de compuestos orgánicos volátiles.

Fibras

La fibra de vidrio y los asbestos son dos tipos de fibras que presentan un riesgo potencial de contaminación, tanto si se generan en un ambiente industrial como en uno no industrial. La fibra de vidrio está formada por material amorfo vídrioso. Se usa como refuerzo en plásticos, cauchos, papel y tejidos y como aislante térmico en los sistemas de aire acondicionado. El término asbestos abarca distintas formas de silicatos minerales empleados normalmente en materiales de aislamiento. Aunque su utilización está prohibida o muy limitada en los edificios de nueva construcción, aún es frecuente en edificios antiguos, pudiendo ser fuente de contaminación durante la realización de trabajos de mantenimiento y remodelación, así como consecuencia de la degradación de los materiales que los contienen (Berenguer-Subils & Martí Solé, 1989).

Compuestos orgánicos volátiles

Formaldehído: El formaldehído se emplea extensamente en la formulación de plásticos, especialmente en las resinas de melamina-formaldehído, urea-formaldehído y fenol-formaldehído usadas como aislantes térmicos y barnices. Una inadecuada formulación, un mal curado, así como la degradación producida con el paso del tiempo, son las causas de la emisión de este compuesto al aire ambiente. El formaldehído puede ocasionar irritación en las vías respiratorias y alergias y está considerado como una sustancia sospechosa de inducir procesos cancerígenos.

Disolventes: Otros materiales de construcción que pueden ser fuente de contaminación por generación de compuestos químicos en el aire del interior de un edificio son los muebles y elementos de decoración de madera y caucho, los agentes sellantes, colas, barnices, y materiales textiles. Entre los disolventes detectados con una mayor frecuencia se hallan: tolueno, xilenos, etilbenceno, trimetilbencenos, propilbencenos, n-nonano, n-decano, n-undecano e hidrocarburos clorados, entre ellos freones y 1,2-dicloroetano.

Productos de consumo

Los productos de consumo llegan continuamente a través del propio usuario. Incluyen productos utilizados ya en la construcción, tales como pinturas, de base acuosa (pueden contener mercurio como fungicida) y de aceite (hidrocarburos), barnices, plásticos, colas, disolventes, productos para sellado (muchos contienen anhídrido acético) y recubrimiento, fibras textiles, papel de pared y colas para empapelar, así como otros nuevos como pesticidas y repelentes (incluido el vehiculizante), productos de limpieza en general (incluyendo quitamanchas, limpia hornos y jabones para muebles y alfombras) y siliconas abrillantadoras, cosméticos, desodorantes, lacas para polo, etc. Aparte de los compuestos orgánicos ya citados en materiales de construcción, entre los productos de consumo destacan los que pueden agruparse como partículas y los pesticidas.

Partículas

Las partículas respirables pueden ser irritantes respiratorios, especialmente para asmáticos. En los ambientes no industriales la principal fuente de partículas finas (2-3 μm) es el humo de cigarrillo y los aerosoles procedentes de distintos tipos de pulverizadores. Los aerosoles de partículas de mayor tamaño (3 - 10 μm) incluyen fibras desprendidas de alfombras, escamas de piel humana, suciedad transportada desde el exterior, etc. A menudo la exposición a partículas en el interior de un edificio es superior a la existente en el exterior.

Pesticidas

En este grupo se incluye una gran variedad de dicumarinas, organofosforados, carbamatos o hidrocarburos clorados que se usan contra insectos, roedores y el crecimiento microbiológico. Mientras algunos son volátiles y tienen un tiempo de residencia limitado, otros pueden acumularse en el polvo y redistribuirse. Se desconocen los efectos para la salud asociados a exposiciones prolongadas a bajas concentraciones de muchos pesticidas y sus subproductos.

Otros contaminantes de interés

Ozono

Es un oxidante que en determinadas condiciones está presente en el aire exterior. En el aire interior se genera principalmente a partir de las máquinas fotocopiadoras, lámparas de descarga de altas frecuencias, lámparas ultravioletas y descargas de arco eléctrico. La utilización de ozonizadores para desodorizar el aire es, obviamente, otra fuente de generación.

Metales y compuestos metálicos

La presencia de plomo es debida generalmente a fuentes exteriores. También se ha detectado la presencia de hierro y manganeso sin poder justificar su origen. Por su parte, el sistema de aire acondicionado libera polvos conteniendo Al_2O_3 . H_2O , Al_2O_3 . HCl y Al_2O_3 . CO_2 procedentes de la corrosión del metal del que está construido parte del mismo.

Radón

Algunos contaminantes presentes en los suelos que rodean los edificios pueden también infiltrarse en el mismo a través de grietas en los cimientos, como es el caso del radón. El radón es un elemento gaseoso radioactivo procedente de la desintegración del radio y perteneciente a la familia de los gases nobles que emite partículas alfa. La exposición a esta emisión se ha relacionado con deterioro de tejidos e incluso con cáncer. El radón y sus productos de desintegración se encuentran en las zonas graníticas y en yacimientos de fosfatos. En algunos casos pueden también formar parte de los materiales de construcción.

Constelación de ideas de la variable dependiente

Figura 6. Constelación de ideas - variable dependiente

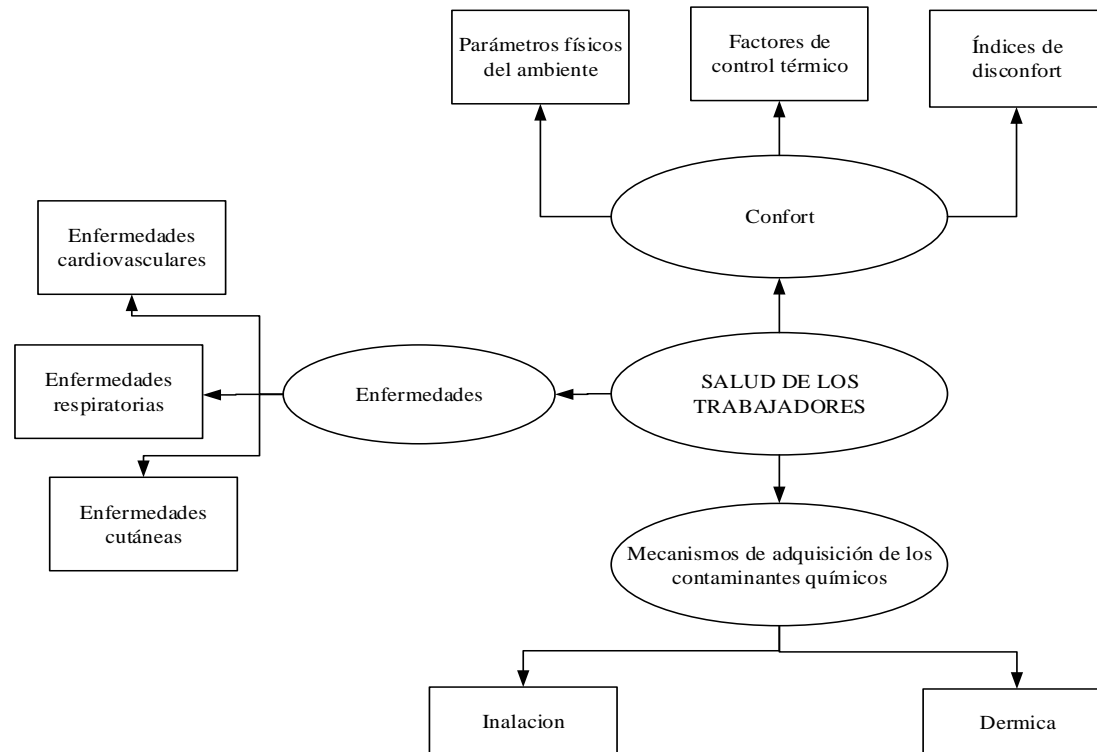


Figura 6. Es una representación gráfica que divide y subdivide una categoría en sus elementos esenciales.

2.4.2.1 Enfermedades

Enfermedades alérgicas asociadas con la contaminación interior del aire.

Los alérgenos del aire interior se han relacionado con las siguientes manifestaciones alérgicas (Franchi et al., 2006):

- Rinitis con síntomas de fiebre del heno: congestión nasal, goteo nasal, estornudos, conjuntivitis y lagrimeo.
- Asma con dificultades para respirar, opresión torácica y falta de aliento.
- Alveolitis alérgica extrínseca con brotes agudos de fiebre, tos, rigidez del pecho e infiltraciones en los pulmones o desarrollo crónico de tos, falta de aliento e infiltraciones de los pulmones.
- Fiebre, escalofríos, dolor muscular y malestar, pero sin efectos respiratorios obvios.

Efectos sobre la salud

Entre diciembre del 2006 y Junio del 2007, Fuentes-Leonarte (Fuentes-Leonarte, Tenas, & Ballester, 2009) y colaboradores, realizaron una revisión sobre los riesgos ambientales y la salud respiratoria de los niños. Realizaron búsqueda de la literatura disponible en las principales fuentes de información biomédica entre 1996 y 2006, recopilando 640 documentos de los cuales el 23% provenían de los EEUU.

Informaron que más del 50% de las publicaciones trataban sobre contaminación del aire, de ellos el 50% se refería a contaminación del aire exterior y el 40 % a la contaminación del aire en interiores. El asma fue la enfermedad más estudiada con el 75% de la literatura dedicada, mientras que una tercera parte de esta cantidad provenía de estudios de registros hospitalarios y el 20% de estudios de encuestas, y el principal criterio diagnóstico fue el clínico.

Partiendo de toda esta evidencia actualmente se puede asegurar que existe una relación directa entre la contaminación en interiores y la salud.

Los efectos adversos que se pueden atribuir a la contaminación del aire en interiores pueden ir desde dolencias leves y localizadas, hasta enfermedades más complejas propiciadas por alteraciones en la homeostasis hormonal y que finalmente producen enfermedades relacionadas con alteraciones casi a todos los niveles del sistema

endocrino, principalmente cuando las exposiciones alteran en diversos niveles de los ejes reproductivo, adrenal y metabólico(Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía;, 2672) .

Así entre otros efectos asociados con el metabolismo por la exposición a la contaminación del aire en interiores se han referido deshidratación, cianosis, incremento de la concentración de carboxihemoglobina, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, bajo peso al nacer, baja talla, reducción en la esperanza de vida, estrés por calor, golpe de calor, falta de aliento, fatiga, reducción de la capacidad pulmonar, fluido en el oído medio inmunodepresión y afecciones de oído en la infancia, infiltraciones de los pulmones, lesiones en la pleura, lesiones en pulmón, y carcinogénesis en varios órganos o sistemas. Se han referido también algunas alteraciones en la capacidad reproductiva de hombres y mujeres, malformación en sus sistemas reproductores y cambios en los niveles hormonales que regulan diversos procesos metabólicos atribuidos a las exposiciones ambientales a contaminantes químicos (Andalucia & De, 2011).

Relación contaminación-enfermedad

Todo lo que respiramos, aparte de concentraciones aceptables de oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono, puede ser considerado un contaminante. Pero no todos los gases inhalados accidentalmente o partículas de polvo son considerados relevantes para la salud. La enfermedad o condiciones insalubres resultantes de exposiciones nocivas incluyen diferentes enfermedades relacionadas con edificios, afecciones alérgicas, síndrome del edificio enfermo, síndrome de sensibilidad química múltiple, y efectos sólo vistos por personas con una sensibilidad incrementada a la contaminación del aire interior (Franchi et al., 2006).

En algunos casos, la relación causal entre contaminante y enfermedad es inmediatamente evidente, debido al corto período de incubación de la enfermedad (legionella, SARS). En esos casos, la concienciación es generalmente alta y las medidas para contener la enfermedad se toman por los políticos, gestores al menos para la mayor parte de la población. Desafortunadamente, los sectores más susceptibles de la sociedad, jóvenes, ancianos, embarazadas e inmunodeprimidos, se clasifican como personas con necesidades especiales, junto a gente con una

condición crónica, como asma o enfermedad pulmonar obstructiva crónica, en vez de ser considerados como parte de la variación natural de la sociedad. Esta discriminación de personas susceptibles es incluso mayor en el caso de afecciones crónicas relacionadas con edificios, tales como alergia a los ácaros del polvo. En el caso de que el tiempo de incubación de una enfermedad o condición se incremente, o los efectos sobre la salud sean causados por una exposición prolongada, tal como ocurre con el asma o la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, los efectos a largo plazo que conducen a estas condiciones tienden a ser ignorados por los que toman las decisiones y el público general.

Estas condiciones tienden a ser clasificadas como “normales en nuestra región” o “intrínsecamente relacionadas con la edad”, etc. El hecho de que la mayoría de las regiones europeas tengan niveles demasiado altos de ácaros del polvo se considera simplemente una variación climática, aunque en todas las áreas, las intervenciones en edificios puede disminuir las poblaciones de ácaros a niveles higiénicos para la sensibilización y el desarrollo de síntomas, por ello incrementando en gran medida la actual baja calidad del aire (Franchi et al., 2006).

2.4.2.3 Condiciones de la salud

En la base de datos MEDLINE sólo para el tema de la contaminación del aire interior (de acuerdo al descriptor temático MeSH por su sigla en inglés “Medical Subject Headings”) se encuentran más de 6 700 artículos. De ellos 874 se refieren al tema de asma, y 1176 se relacionaron con factores microbiológicos. Cabe destacar que 202 de los documentos publicados trataron de intervenciones. Al realizar una búsqueda sobre las enfermedades y efectos adversos originadas o relacionadas a la contaminación del aire en interiores en seres humanos y citados en este informe, restringiendo sólo a publicaciones en inglés, alemán, francés, italiano, portugués y español se encontraron más de 2090 trabajos, de los cuales más de 410 son publicaciones de revisiones sistemáticas y meta-análisis, y más de 140 corresponden a ensayos clínicos y controlados (Andalucía & De, 2011).

Interacciones y exposiciones múltiples

Los efectos sobre la salud están a menudo relacionados con múltiples exposiciones y múltiples contaminantes y pueden tener lugar de manera puntual en el tiempo o a lo largo de la vida, por lo que es de la mayor importancia su prevención en las ventanas críticas del desarrollo y maduración de los seres vivos. Por ejemplo, hay estudios que muestran las interacciones entre partículas y otros contaminantes como el ozono que pueden potenciar los efectos sobre la salud de exposiciones simultáneas. Ello constituye un beneficio adicional de las intervenciones destinadas a reducir las exposiciones acumulativas a varios contaminantes, comparadas con aquellas que se centran en una única exposición (Wu, Jacobs, Mitchell, Miller, & Karol, 2007).

Síndrome de sensibilidad química múltiple

Un pequeño porcentaje de la población puede ser sensible a productos químicos (incluso a muy bajas concentraciones) en el aire interior. Esta condición, conocida como “sensibilidad química múltiple” es un asunto de controversia. No es reconocida por las organizaciones médicas principales pero la opinión médica está dividida y se necesita más investigación (Franchi et al., 2006). No se puede descartar la ausencia de efectos en otros grupos de menor sensibilidad expuestos también a esos niveles bajos de exposiciones combinadas (Fernandez, Aguilar-Garduño, Molina-Molina, Arrebola, & Olea, 2008).

Susceptibilidad a la contaminación interior

Los sujetos que pueden ser particularmente susceptibles a los contaminantes del aire interior incluyen, pero no están limitados, a personas con alergia o asma, con enfermedades respiratorias, con el sistema inmune deprimido, y usuarios de lentes de contacto. Otros sujetos pueden ser particularmente vulnerables a ciertos contaminantes o mezclas de contaminantes, por ejemplo, personas con enfermedades del corazón pueden ser más afectados por la exposición a bajos niveles de monóxido de carbono que individuos sanos (Franchi et al., 2006).

Los niños expuestos al humo ambiental de tabaco tienen un mayor riesgo de enfermedades respiratorias y aquellos expuestos a dióxido de nitrógeno tienen un mayor riesgo de infecciones respiratorias. Los síntomas pueden estar limitados a

poca gente cuando el contaminante está confinado a su área o bien ser generalizados. Las reacciones pueden diferenciarse en grado y tipo en personas diferentes (Franchi et al., 2006).

Las personas mayores de 65 años pasan más tiempo en el hogar que las jóvenes, lo que resalta la importancia de una buena calidad del aire interior para el mantenimiento de la salud de este grupo de población.

Entre las personas mayores, la exposición a partículas suspendidas respirables y humo ambiental de tabaco está relacionada con un incremento de la ocurrencia de los síntomas respiratorios agudos y una función pulmonar reducida (Simoni et al., 2004).

El uso de purificadores de aire que producen ozono puede empeorar el aire ambiente en lugar de mejorarlo ya que la efectividad de eliminación de contaminantes en fase gas (dióxido de nitrógeno, formaldehído) es baja. Estos purificadores no deberían usarse en hogares, especialmente si hay alguien con asma (Anderson & Bogdan, 2007).

Los niños son especiales en muchos aspectos. Por ejemplo, a causa de sus mayores demandas metabólicas relativas, que incrementan su necesidad de agua de bebida y aire para respirar y sus interacciones únicas con el medio ambiente a través de su comportamiento mano-boca, los niños merecen vigilancia y protección especial. El crecimiento a lo largo de la infancia no es sólo físico, sino que también incluye el altamente complejo y programado desarrollo del sistema nervioso central, cuyos componentes se comunican entre sí mediante señales químicas.

La exposición a plomo incluso a niveles bajos, proporciona un claro ejemplo de cómo el desarrollo es suave pero irremediablemente interrumpido en una etapa vulnerable de la infancia. Los niños están expuestos a muchos productos químicos de uso doméstico que tienen efectos adversos desconocidos para la salud (Anderson & Bogdan, 2007).

2.4.2.3 Salud de los trabajadores

Se han documentado efectos de toxicidad aguda o crónica, en relación a la exposición a contaminantes del aire interior. Los primeros van desde efectos leves en el tracto respiratorio alto, como la congestión nasal, estornudos, enfermedades respiratorias agudas, dificultades para respirar, y otros efectos como la conjuntivitis, hasta efectos sistémicos como dolor de cabeza, dificultad para concentrarse, etc. Con respecto a los efectos crónicos adversos, se han documentado desde enfermedades respiratorias crónicas, broncoconstricción, bronquiolitis, diagnóstico de asma, dilatación del corazón, disfunción endotelial, reducción de la capacidad pulmonar, hipersensibilidad bronquial, dolor muscular, convulsiones, secreciones del oído medio, asfixia, enfermedades reproductivas, alteraciones endocrinas, ataques cardíacos, coma, desarrollo de varios tipos de tumores, benignos y malignos, entre otras enfermedades hasta incluso la muerte (Andalucía & De, 2011).

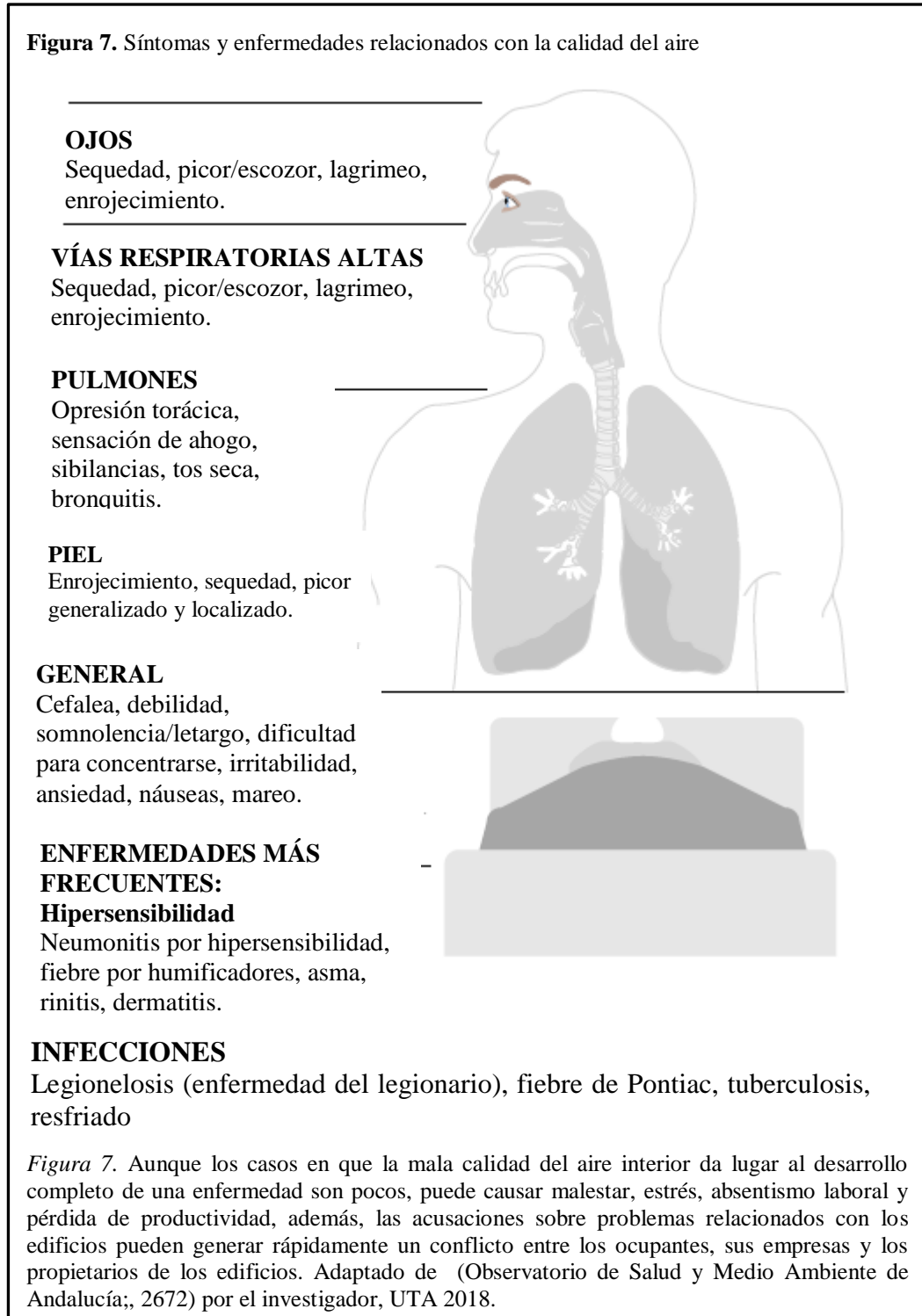
En la Tabla 4 se realiza un resumen de la estimación de la carga de enfermedad según el factor relacionado con el ambiente que la causa, según la Organización Mundial de la Salud.

Tabla 4. Estimación de la carga ambiental de enfermedades respiratorias.

Enfermedad	Carga estimada	Causa
Infecciones del tracto respiratorio inferior	Países desarrollados: 20%	Uso de combustibles fósiles
	Países en vías de desarrollo: 46%	Sólidos en el interior. Humo de tabaco
EPOC (Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica)	36%	Ambientales y ocupacionales (exposición a polvo y sustancias químicas)
	66%	Fumar
Cáncer de pulmón	9%	Ocupacionales
	5%	Contaminación exterior
	1%	Uso de combustibles fósiles sólidos en el interior
	--	Otros (exposición a asbestos, radón y productos químicos)
Asma (desarrollo y exacerbación)	20% prevalencia	Exposición en interiores a humedad, ácaros del polvo, alérgenos fúngicos

Nota: Adaptado de (Corvalán, 2006) por el investigador, UTA 2018.

La Figura 7 indica los Síntomas y enfermedades relacionados con la calidad del aire, los cambios en el estado de salud de una persona debidos a la mala calidad del aire interior pueden manifestarse en diversos síntomas agudos y crónicos así como en forma de diversas enfermedades específicas (Andalucía & De, 2011). Todos ellos se ilustran en la Figura 7.



2.5 Hipótesis

Los contaminantes químicos inciden en la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior.

2.6 Señalamiento de variables de la hipótesis

2.6.1 Variable independiente

Contaminantes químicos.

2.6.2 Variable dependiente

Salud de los trabajadores.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1. Enfoque

El enfoque epistemológico que guía el proyecto es un enfoque cuantitativo, debido a que busca investigar los factores de riesgo en el aire interior de los laboratorios y su relación con la salud de los trabajadores, la información recolectada, así como el análisis estadístico sirven como referencia para un análisis y sustento científico; la investigación se basa en un enfoque cuantitativo pues se realizarán mediciones, cálculos, que permiten formular la hipótesis sobre la interacción entre las variables que intervienen en el problema, a fin de llegar a la comprensión de la temática de esta investigación.

3.2 Modalidad de la investigación

3.2.1 De campo:

La investigación es de campo porque el investigador acude al lugar donde se producen los hechos donde se obtiene información directamente de la realidad sobre la calidad de aire interior y los contaminantes químicos en los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato campus Huachi, permitiendo al investigador cerciorarse de las condiciones reales que servirá de fuente de información para el investigador.

3.2.2 Bibliográfica – documental:

La investigación emplea esta modalidad de investigación debido a que acude a fuentes bibliográficas con información secundaria obtenida en libros, revistas digitales, notas técnicas, publicaciones, folletos, así como fuentes de información primaria obtenidas en documentos válidos y confiables que permiten hacer un diagnóstico y comparación de la situación en el ámbito nacional e internacional referente a la calidad del aire interior, es decir se basa en la información acumulada en documentos.

3.2.3. Modalidades Especiales:

Esta modalidad de investigación es utilizada debido a que se refiere a proyectos creativos con enfoques y objetivos novedosos, como soluciones a problemas de contextos muy específicos o que respondan a necesidades o intereses de tipo socio cultural.

3.3. Nivel o tipo de investigación

3.3.1. Investigación Exploratoria:

Se investiga todo en un contexto determinado, para esto se indaga en cada uno de las variables de análisis generando hipótesis y reconociendo las variables de interés investigativo.

3.3.2. Investigación Descriptivo:

Esta investigación se la realiza describiendo el problema en una circunstancia espacial determinada, identificando propiedades, características que puedan ser sometidos a análisis.

3.3.3. Asociación de variables o estudio relacional:

A través de este estudio cuantitativo-correlacional se determina la dependencia de la variable contaminantes químicos frente a la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior.

3.4 Población y muestra

Población

La presente investigación determina como población a los 288 trabajadores (docentes y auxiliares de laboratorio) que utilizan los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato campus Huachi, estos datos fueron tomados del historial del departamento de Talento Humano.

Muestra

Para determinar el tamaño de la muestra se considera que la misma debe ser representativa en relación a la población que se está estudiando, por lo tanto, se determina aplicando la fórmula para cálculo de la muestra para poblaciones finitas, se establece un nivel de confianza del 95% y error del 5% de la siguiente manera:

Para determinar el tamaño de la muestra se considera que la misma debe ser representativa en relación a la población que se está estudiando, por lo tanto se calcula la muestra de la siguiente manera:

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{\delta^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

n: tamaño muestra

Z: valor correspondiente a la distribución de gauss, $z\alpha = 0.05 = 1.96$

N: tamaño de la población

p: prevalencia esperada del parámetro a evaluar 0.5

q: $q = p$

δ = es el error que por lo general es del 10% que es igual al 0.1.

$$n = \frac{(1,96)^2 * 288 * 0,5 * 0,5}{(0,1)^2 * (288 - 1) + (1,96)^2 * 0,5 * 0,5}$$

$$\mathbf{n = 72,21 unidades}$$

3.5. Operacionalización de variables.

3.5.1. Variable Independiente: Contaminantes químicos

Tabla 5. Operacionalización de la variable Independiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
<p>Los contaminantes químicos afectan la calidad del aire interior, que en niveles que superen los límites permitidos pueden influir en la salud y el bienestar de las personas.</p> <p>Estos pueden tener como origen al propio individuo, al trabajo, a la utilización de productos o gases de combustión o la contaminación cruzada y su incidencia en la afectación depende del tiempo de exposición.</p>	Contaminantes que afecten a la calidad del aire	<p>Presencia de: dióxido de carbono, material particulado, VOC, monóxido de carbono</p> <p>Concentraciones de: dióxido de carbono, material particulado, VOC, monóxido de carbono</p>	<p>¿Los laboratorios cumplen con parámetros de dióxido de carbono requerido por la normativa?</p> <p>¿Se ha identificado las concentraciones de dióxido de carbono, monóxido de carbono, partículas en suspensión (PM10), compuestos Orgánicos Temperatura y humedad y su influencia en la calidad del aire interior?</p> <p>¿Cuánto tiempo permanecen expuestos los trabajadores de los laboratorios a los contaminantes?</p>	<p>Observación</p> <p>Lista de chequeo</p> <p>Equipos de medición de calidad de aire Norma UNE 171330-1,2.</p> <p>Observación</p> <p>Lista de chequeo</p> <p>Equipos de medición de calidad de aire Norma UNE 171330-1,2</p> <p>Observación</p> <p>Lista de chequeo</p> <p>Equipos de medición de calidad de aire</p>
	Límites permisibles	Tiempo de exposición	Tiempo de exposición de los usuarios a los contaminantes en el aire interior	

Nota: La operacionalización de la variable independiente es un proceso metodológico que consiste en descomponer deductivamente las variables independientes que componen el problema de investigación, partiendo de lo más general hasta el más específico. Adaptado de formato de UTA por el investigador.

3.4.2. Variable Dependiente: Salud de los trabajadores.

Tabla 6. Operacionalización de la Variable Dependiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
<p>Se entiende por salud al estado de completo bienestar físico, mental y social.</p> <p>La calidad de aire interior está valorada por los efectos del ambiente sobre la salud humana donde la calidad de aire interior, bajo la cuantificación de las variables que afectan y describen las características y propiedades del aire en el ambiente interior influyendo en la salud de los ocupantes.</p>	<p>Afecciones en la salud de los trabajadores por contaminantes químicos en el ambiente interior.</p>	<p>Dolor de cabeza Alergias Mareo Cansancio Nauseas Bronquitis Enfermedad pulmonar</p>	<p>Se ha identificado las afecciones y los porcentajes presentan los trabajadores de los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato, campus Huachi.</p>	<p>Observación Cuestionario NTP 421 Norma UNE 171330-1</p>

Nota: La operacionalización de la variable dependiente es proceso metodológico que consiste en descomponer deductivamente la variable dependiente que componen el problema de investigación, partiendo de lo más general hasta el más específico.

3.6. Recolección de información

La presente investigación tiene por objeto consolidar la metodología requerida por los objetivos e hipótesis de investigación en concordancia con el punto de vista de información a través de una metodología

Tabla 7. Plan de recolección de la información

Preguntas básicas	Explicación
1. ¿Para qué?	Para alcanzar los objetivos de la Investigación.
2. ¿De qué personas u objetos, ítems?	Laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato y los trabajadores de los mismos.
3. ¿Sobre qué aspectos?	Indicadores (Matriz de operacionalización de variables)
4. ¿Quién, ¿quiénes?	Investigador
5. ¿Cuándo?	La investigación estar comprendida entre el 2016 – 2017
6. ¿Dónde?	Laboratorios de la Universidad técnica de Ambato, campus Huachi.
7. ¿Cuántas veces?	Tres mediciones puntuales de laboratorio
8. ¿Qué técnicas de recolección?	Observación Evaluación por Equipos.
9. ¿Con qué?	Registro de evaluación de los factores físico químico respecto a la calidad de aire en el interior de los laboratorios educativos. Equipo para medición de aire, ficha de recolección de aire
10. ¿En qué situación?	Jornada de estudios, horas en la que los laboratorios sean ocupados por estudiantes.

Nota: Las preguntas recolectan la información sobre los datos para saber sobre la situación existente

3.7. Procesamiento y análisis de la información

3.7.1 Plan de Procesamiento de la Información

Los datos obtenidos con las técnicas, instrumentos y métodos utilizados, se clasifican y tabulan siguiendo procedimientos para asegurar la calidad y confiabilidad de los resultados.

Los procedimientos a seguir son:

- En la primera etapa se realiza un listado de los contaminantes en el ambiente interior existentes.
- En la fase del procesamiento se realiza una revisión crítica de la información recogida comprendida en tres fases: identificar, evaluar y valorar, es decir, una limpieza de la información defectuosa: contradictoria, incompleta y no pertinente en la investigación; y en caso de ser necesario se repetirá la recolección individual, para corregir fallas de contestación.
- Repetición de la recolección de la información en caso que la muestra sea obsoleta para la validación.
- Tabulación de la información obtenida, en base a los criterios de las variables de la hipótesis.
- Presentación de resultados utilizando estadística descriptiva.

3.7.2 Plan de Análisis e Interpretación de Resultados

Análisis de los resultados mediante inferencia estadística, resaltando tendencias o relaciones basándonos en los objetivos planteados e hipótesis.

Interpretación de los resultados para su posterior evaluación mediante los criterios de aceptación y rechazo provistas en las normas de ensayo de calidad de aire interior.

Finalmente se desarrolla un estudio estadístico de los datos obtenidos para la valoración, de esta manera se busca cuantificar el efecto potencial negativo de los diferentes aspectos sobre la calidad ambiental en interiores y presentación de los resultados apoyados en el marco teórico para verificar la hipótesis para establecer las conclusiones y recomendaciones.

La metodología se describe en el siguiente flujo:

Figura 8. Metodología de evaluación

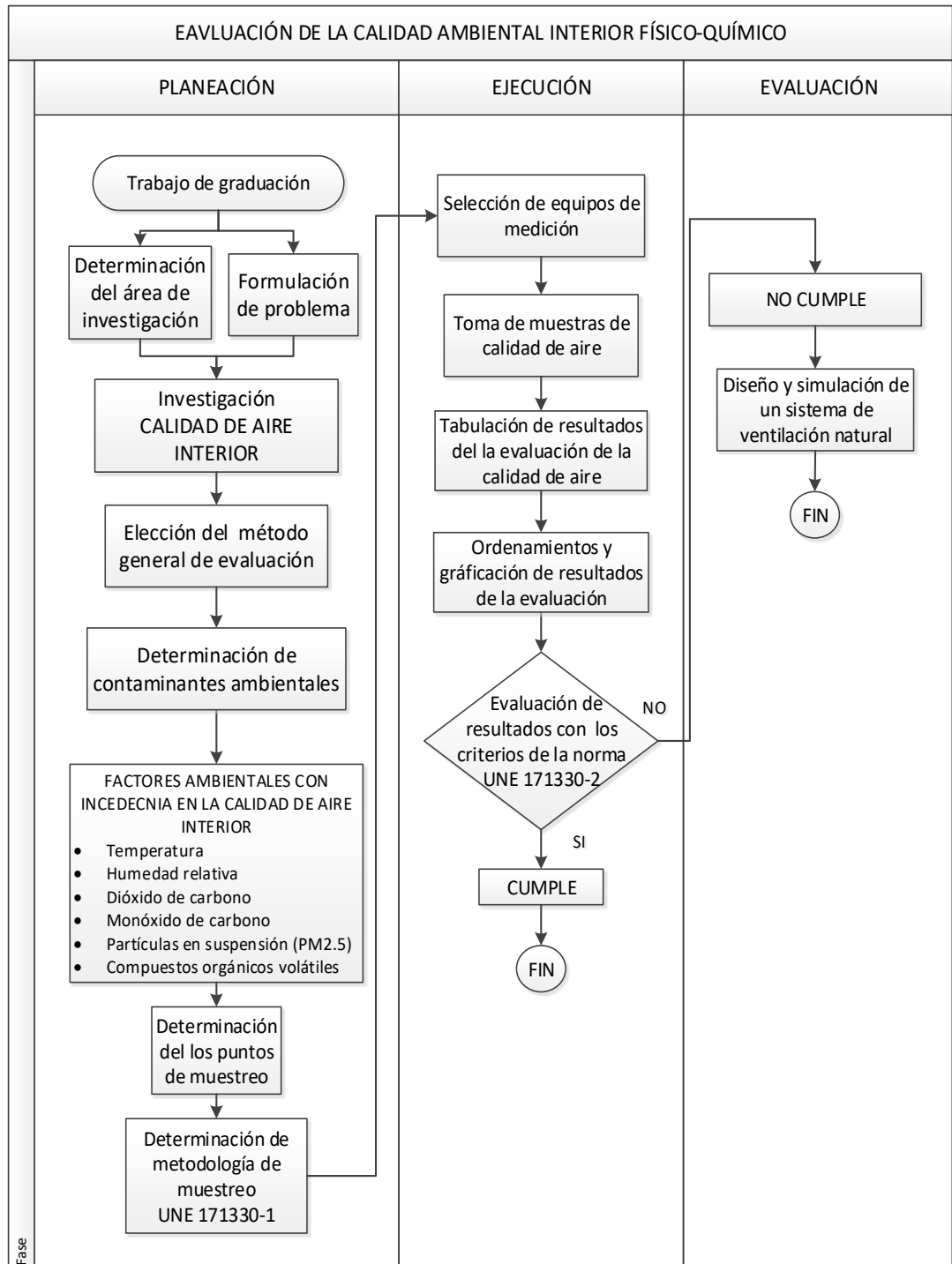


Figura 8. Describe la metodología desde el diagnóstico inicial de la calidad de aire hasta la elaboración de un plan de control en ambientes interiores.

CAPÍTULO IV

ÁNÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 Análisis de resultados

En función de las hipótesis y objetivos planteados se realiza el diseño experimental tendiente a desarrollar e implementar un enfoque integrado para la evaluación del impacto del aire en ambientes de educación superior.

4.1.1 Desarrollo de experimental

Para las evaluaciones del diagnóstico de la calidad interior de aire se toma como referencia la metodología de la norma UNE 171330-1:2008 y la norma EN 689:1995, donde establecen las directrices para evaluación de la exposición de agentes químicos en las atmósferas.

4.1.1.1 Identificación de exposiciones potenciales

Es esencial identificar las exposiciones potenciales peligrosas, en la siguiente lista se detalla los agentes químicos que se estudian en el lugar de trabajo:

Tabla 8. Tabla cruzada para el monóxido de carbono

Agente químico	Materia
Dióxido de carbono	Ambiente interior
Monóxido de carbono	Ambiente interior
Material particulado	Ambiente interior
VOC	Ambiente interior
Temperatura	Ambiente interior
Humedad Relativa	Ambiente interior

Nota: Identificación de agentes químicos presentes en los laboratorios

4.1.2 Diagnostico de factores de la calidad de aire interior en los laboratorios

La revisión de la calidad ambiental en interiores de edificios se la realiza acorde a la metodología de la UNE 171330-1:2008, tomando en consideración que las instalaciones se encuentran en uso en un régimen normal de funcionamiento y ocupación eligiendo las épocas más críticas de utilización, se describen las actividades realizadas con el fin de determinar la calidad del aire en la población en estudio.

Se realiza un estudio exploratorio determinando los posibles aspectos ambientales que tengan influencia en la calidad de aire en interiores, así:

- Ubicación,
- Actividades y distribución del edificio,
- Materiales de construcción,
- Instalaciones de equipos de los edificios,
- Mantenimientos del edificio.

4.1.3 Ubicación, Descripción y localización de la institución

La Universidad Técnica de Ambato se encuentra a 3.7 kilómetros de la ciudad de Ambato provincia de Tungurahua, este último se encuentra en la zona céntrica de Ecuador, la ciudad se encuentra a una elevación de 2580 metros sobre el nivel del mar.

Las precipitaciones y la temperatura en la ciudad son variables, el clima de la región es templado la temperatura media de la ciudad de Ambato va desde 14°C a 15°C con, temperatura que se encuentra en el rango de los 10 °C a los 25 °C, por lo que está considerado como un clima templado" (INAMI, 2014).

El campus Huachi de la universidad posee 10 facultades entre las cuales recibe a sus estudiantes en dos horarios y algunas facultades hasta en tres jornadas por lo cual hace que esta universidad sea reconocida académicamente a nivel de la zona central del país (Ver Anexo 1)

4.1.4 Determinación de aspectos y probabilidades de riesgo

La valoración de aspectos estima la probabilidad de aspectos de que haya problemas asociados y que puedan ser considerados GRAVES, la norma UNE 171330-1:2008 establece una matriz de riesgos potenciales asociados a los aspectos ambientales en interiores, misma que es utilizada en las fichas de aspectos ambientales.

Tabla 9. Aspectos y probabilidades de riesgo

Probabilidad \ Efectos	Baja	Media	Alta	Muy alta
Ligero	No significativo	Re-evaluar periódicamente	Re-evaluar periódicamente	Valorar
Considerables	Re-evaluar periódicamente	Re-evaluar periódicamente	Valorar	Valorar
Graves	Valorar	Valorar	Valorar	Valorar

Nota: Aspectos y probabilidades que interaccionan con la calidad de aire interior Norma UNE 171330-1:2008.

Previo a la aplicación de la matriz de riesgo es necesario conocer y realizar un inventario de aspectos y características propias de manera general de los edificios y su entorno, así como el manejo del mismo y elementos que puedan afectar a la calidad de aire interior. Como se identifican en la tabla 10.

De los aspectos o elementos analizados se ha determinado que los siguientes son los más significativos son:

Tabla 10. Evaluación de aspectos que interaccionan con la calidad de aire interior

Aspecto o elemento	Evaluación	
	SI	NO
• Usos, actividades y distribución del edificio	✓	
• Instalaciones de edificio	✓	
✚ Instalaciones de acondicionamiento de aire	✓	
✚ Depósitos de combustibles	✓	
• Mantenimiento del edificio	✓	

Nota: Aspectos y Elementos que interaccionan con la calidad de aire interior

La metodología establecida por la norma UNE 171330-1 establece que una vez identificado los aspectos o elementos que deben ser evaluarlos, así como los riesgos potenciales sobre la CAI (Calidad interior). Ver tabla 12.

Tabla 11. Identificación de aspectos que interaccionan con la calidad del aire interior.





 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRONICA E INDUSTRIAL MAESTRIA DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y AMBIENTAL 		I.A.E. Nº: 001																																							
IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS Y ELEMENTOS QUE INTERACCIONAN CON LA CALIDAD DE AIRE INTERIOR																																									
DATOS INFORMATIVOS																																									
Tipo de estudio:	Inspección visual	Fecha de elaboración:	10/05/2017																																						
Lugar de estudios y análisis:	Laboratorios educativos – U.T.A. Campus Huachi																																								
Realizado por:	Ing. Oscar F. Tene S.	Supervisado por:	Ing. Mg. Manolo Córdova.																																						
PARÁMETROS METODOLÓGICOS DE INVESTIGACIÓN																																									
Normas de referencia:	171330-1, 689	Designación:	UNE																																						
Parámetro identificado		Inventario de aspectos o elementos																																							
Método	Visual																																								
RESULTADOS																																									
<p>Tabla cruzada para el monóxido de carbono.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="text-align: center;">Aspecto o elemento</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">Evaluación</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">SI</th> <th style="text-align: center;">NO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>• Ubicación del edificio</td> <td></td> <td style="text-align: center;">✓</td> </tr> <tr> <td>• Usos, actividades y distribución del edificio</td> <td style="text-align: center;">✓</td> <td></td> </tr> <tr> <td>• Materiales de construcción</td> <td></td> <td style="text-align: center;">✓</td> </tr> <tr> <td>• Instalaciones de edificio</td> <td style="text-align: center;">✓</td> <td></td> </tr> <tr> <td>✚ Instalaciones de acondicionamiento de aire</td> <td style="text-align: center;">✓</td> <td></td> </tr> <tr> <td>✚ Instalaciones de agua</td> <td></td> <td style="text-align: center;">✓</td> </tr> <tr> <td>✚ Zonas de aparcamiento</td> <td></td> <td style="text-align: center;">✓</td> </tr> <tr> <td>✚ Depósitos de combustibles</td> <td style="text-align: center;">✓</td> <td></td> </tr> <tr> <td>• Almacenes y salas de usos especiales</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>• Mantenimiento del edificio</td> <td style="text-align: center;">✓</td> <td></td> </tr> <tr> <td>• Remodelación del edificio</td> <td></td> <td style="text-align: center;">✓</td> </tr> </tbody> </table>				Aspecto o elemento	Evaluación		SI	NO	• Ubicación del edificio		✓	• Usos, actividades y distribución del edificio	✓		• Materiales de construcción		✓	• Instalaciones de edificio	✓		✚ Instalaciones de acondicionamiento de aire	✓		✚ Instalaciones de agua		✓	✚ Zonas de aparcamiento		✓	✚ Depósitos de combustibles	✓		• Almacenes y salas de usos especiales			• Mantenimiento del edificio	✓		• Remodelación del edificio		✓
Aspecto o elemento	Evaluación																																								
	SI	NO																																							
• Ubicación del edificio		✓																																							
• Usos, actividades y distribución del edificio	✓																																								
• Materiales de construcción		✓																																							
• Instalaciones de edificio	✓																																								
✚ Instalaciones de acondicionamiento de aire	✓																																								
✚ Instalaciones de agua		✓																																							
✚ Zonas de aparcamiento		✓																																							
✚ Depósitos de combustibles	✓																																								
• Almacenes y salas de usos especiales																																									
• Mantenimiento del edificio	✓																																								
• Remodelación del edificio		✓																																							
<p><i>Nota:</i> Aspectos y Elementos que interaccionan con la calidad de aire interior</p>																																									
ANÁLISIS DE LA INSPECCIÓN																																									
<p>Mediante un enfoque estructurado y tras un análisis visual se estima los aspectos más importantes que tienen relación con la calidad de aire interior, por consiguiente, se determina 5 aspectos que pueden interaccionar con la calidad de aire interior, los mismos que serán parte de la presente investigación mediante un análisis dentro de los contaminantes químicos.</p>																																									
OBSERVACIONES																																									
<p>Mediante una inspección visual con una visita “<i>in situ</i>”, se toma en consideración los aspectos más importantes.</p>																																									

Tabla 12. Identificación de aspectos y elementos relacionados con el edificio

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRONICA E INDUSTRIAL MAESTRIA DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y AMBIENTAL 			
FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS Y ELEMENTOS RELACIONADOS CON EL EDIFICIO			I.A.E. Nº: 002
INFORMACION GENERAL			
Institución educativa	Universidad Técnica de Ambato	Campus	Huachi
Tipo de estudio:	Inspección visual	Fecha de elaboración:	10/05/2017
Edificio:	Ciencias humanas y de la educación – U.T.A. Campus Huachi		
Realizado por:	Ing. Oscar F. Tene S.	Supervisado por:	Ing. Mg. Manolo Córdova.
UBICACIÓN DEL EDIFICIO		CARACTERISTICAS DEL EDIFICIO	
Rural	-	Año de construcción	
Industrial	-	Actividad inicial	EDUCACIÓN
Urbano	X	Actividad actual	EDUCACIÓN
UBICACIÓN DEL GARAJE		Número de plantas	
Sótano	NO	1.2.1. MATERIALES DE CONSTRUCCION	
Alrededores	SI	Amianto	NO
Zona alejada	SI	Fibra mineral	SI
Sin zonas de garaje	NO	Granito	SI
INSTALACION Y MANTENIMIENTO			
1.3.1. TIPOS DE VENILACION AL EDIFICIO		1.3.2. TIPOS DE MANTENIMIENTO	
General mediante equipo	NO	Desinfección y limpieza	SI
Renovación aire exterior	SI	Desratización y desinsectación	NO
Sin renovación aire exterior	NO	Limpieza de iluminación	NO
Autónomo cada laboratorio	SI	Limpieza y mantenimiento de instalaciones de agua sanitaria	SI
1.3.3. PLANES DE PREVENCION		1.3.4. INSTALACIÓN DE EQUIPOS	
Proliferación de legionela	NO	Aire acondicionado	SI
Proliferación de contaminantes biológicos	NO	Condensadores	NO
desinsectaciones y desratizaciones,	NO	Instalación de sistemas de riego de agua contra incendio	NO
2.1. ASPECTOS DE LA ZONA DE ESTUDIO			
2.1.1. CARECTERICAS DE LA ZONA		2.1.2. CALIDAD DE AIRE Y VENTILACION	
Área cerrada	NO	El ambiente se percibe seco	NO
Área abierta	SI	Las salidas de aire están limpias	NO
Áreas separadas por mamparas	NO	Sistema de aire adecuado en cuanto a diseño y dimensionamiento	SI
OBSERVACIONES			
Ninguna.			

La evaluación mediante la matriz de riesgos (probabilidad/efecto) y potenciales asociados a los aspectos ambientales se las realiza mediante una inspección visual en la visita a los laboratorios los cuales son objetos de estudio.

Mediante la matriz antes expuesta en la tabla 9, se determinó la probabilidad de que un determinado aspecto afecte negativamente a la calidad de aire interior y los efectos que incidirían en la calidad de aire interior.

La evaluación de la calidad ambiental en interiores de edificios se la realiza utilizando la metodología de la UNE 1171330-1, tomando en consideración que las instalaciones se encuentran en uso en un régimen normal, así como su funcionamiento y ocupación eligiendo los periodos más críticos de utilización, se describen las actividades realizadas con el fin de determinar la calidad del aire en la población en estudio. Ver tabla 13.

Tabla 13. Ficha de aspectos ambientales en interiores (USOS, ACTIVIDADES Y DISTRIBUCION DEL EDIFICIO)



 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRONICA E INDUSTRIAL MAESTRIA DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y AMBIENTAL 				
MATRIZ DE RIESGO. PROBABILIDAD/EFECTO				Nº: 001
DATOS INFORMATIVOS				
Tipo de estudio:	Inspección visual		Fecha de elaboración:	10/05/2017
Lugar de estudios y análisis:	Laboratorios educativos – U.T.A. Campus Huachi			
Realizado por:	Ing. Oscar F. Tene S.	Supervisado por:	Ing. Mg. Manolo Córdova.	
PARÁMETROS METODOLOGICOS DE INVESTIGACIÓN				
Normas de referencia:	171330-1, 689	Designación:	UNE	
Parámetro identificado	Inventario de aspectos o elementos			
Método	Visual	Aspecto:	Usos, Actividades y Distribución Del Edificio	
VALORACION:				
Esta valoración de usos y actividades considera las actividades de que se realizan en los laboratorios, partiendo que son actividades de enseñanza con un régimen normal de funcionamiento la ocupación se la realiza por periodos durante la jornada laboral en algunos casos son periodos fluctuantes entre horas en el día.				
MATRIZ:				
Probabilidad Efectos	Baja	Media	Alta	Muy alta
Ligero	No significativo	Re-evaluar periódicamente	Re-evaluar periódicamente	Valorar
Considerables	Re-evaluar periódicamente	Re-evaluar periódicamente	Valorar	Valorar
Graves	Valorar	Valorar	Valorar	Valorar
ANÁLISIS DE INSPECCIÓN				
Agente fisicoquímico	Probabilidad	Efecto	Riesgo	
Dióxido de carbono	ALTA	CONSIDERABLE	®®®	
Monóxido de carbono	BAJA	CONSIDERABLE	®	
Material Particulado	ALTA	CONSIDERABLE	®®®	
VOC	BAJA	CONSIDERABLE	®®	
Temperatura	MUY ALTA	GRAVE	®®®	
Humedad Relativa	MEDIA	LIGERO	®®	
No significativo ®	Re-evaluar periódicamente ®®		Valorar ®®®	
CONCLUSION				
La aplicación cualitativa de la matriz de probabilidad/ efecto indica que agentes más influyentes que deben ser valorados en consideración son el dióxido de carbono, el material particulado, y la temperatura, asociados con las actividades estos pueden influenciar en la calidad de aire interior de los laboratorios.				

Tabla 14. Ficha de aspectos ambientales en interiores (INSTALACION DEL EDIFICIO)





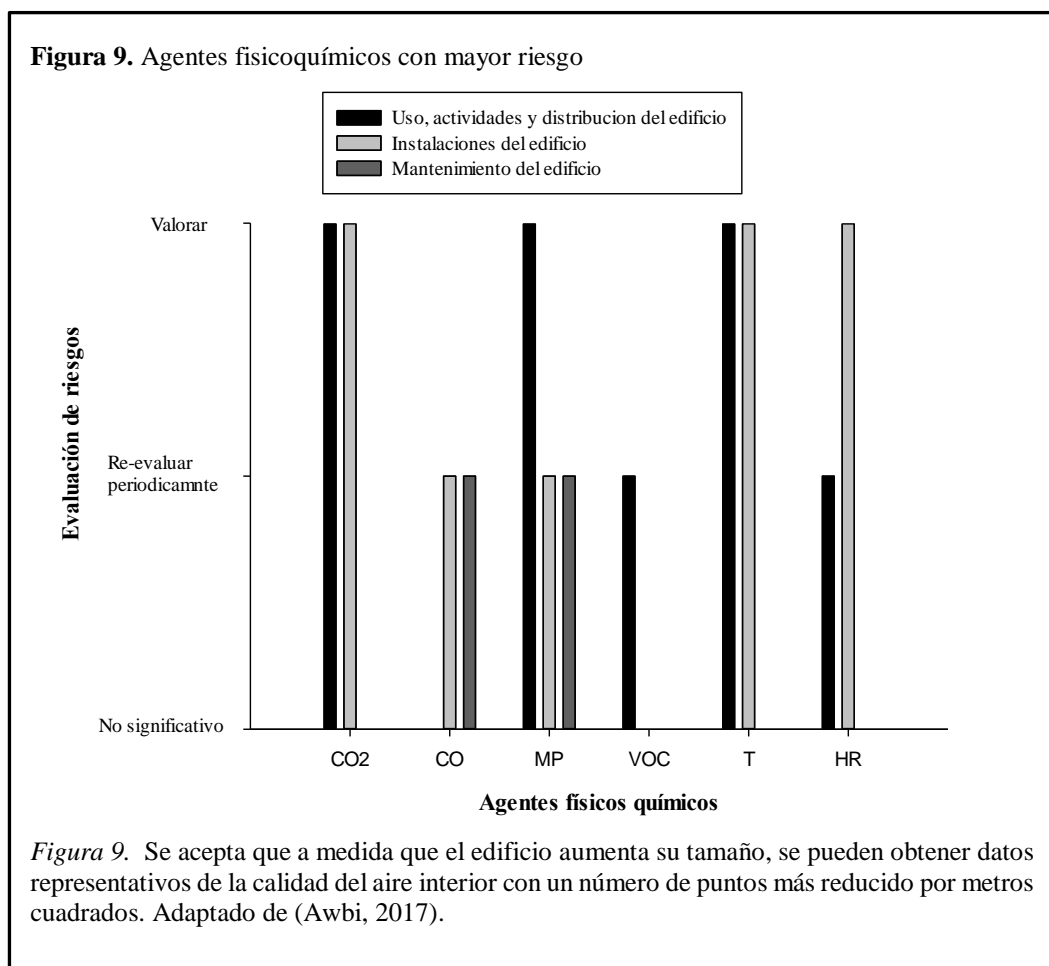
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRONICA E INDUSTRIAL MAESTRIA DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y AMBIENTAL 				
MATRIZ DE RIESGO. PROBABILIDAD/EFECTO				Nº: 001
DATOS INFORMATIVOS				
Tipo de estudio:	Inspección visual	Fecha de elaboración:	10/05/2017	
Lugar de estudios y análisis:	Laboratorios educativos – U.T.A. Campus Huachi			
Realizado por:	Ing. Oscar F. Tene S.	Supervisado por:	Ing. Mg. Manolo Córdova.	
PARÁMETROS METODOLÓGICOS DE INVESTIGACIÓN				
Normas de referencia:	171330-1, 689	Designación:	UNE	
Parámetro identificado	Inventario de aspectos o elementos			
Método	Visual	Aspecto:	Instalaciones del edificio	
VALORACION:				
La valoración de instalaciones del edificio considera las instalaciones de aire acondicionado, depósitos de combustible que afecten y produzcan efectos en el aire interior de los laboratorios mediante los agentes fisicoquímico.				
MATRIZ:				
Probabilidad Efectos	Baja	Media	Alta	Muy alta
Ligero	No significativo	Re-evaluar periódicamente	Re-evaluar periódicamente	Valorar
Considerables	Re-evaluar periódicamente	Re-evaluar periódicamente	Valorar	Valorar
Graves	Valorar	Valorar	Valorar	Valorar
ANÁLISIS DE INSPECCIÓN				
Agente fisicoquímico	Probabilidad	Efecto	Riesgo	
Dióxido de carbono	ALTA	CONSIDERABLE	®®®	
Monóxido de carbono	BAJA	CONSIDERABLE	®®	
Material Particulado	MEDIO	LIGERO	®®	
VOC	BAJA	LIGERO	®	
Temperatura	MUY ALTA	CONSIDERABLE	®®®	
Humedad Relativa	MUY ALTA	CONSIDERABLE	®®®	
No significativo ®	Re-evaluar periódicamente ®®		Valorar ®®®	
CONCLUSION				
Tras un análisis de inspección cualitativo de los agentes físicos que deben ser valorados que tienen relación con la calidad de aire interior, los agentes más representativos que requieren ser valorados son el dióxido de carbono, temperatura, humedad, humedad relativa Se debe tomar en consideración que no todos los laboratorios poseen equipos de aire acondicionado, estos equipos se encuentran especialmente instalados en los laboratorios de computación.				

Tabla 15. Ficha de aspectos ambientales en interiores (MANTENIMIENTO DEL EDIFICIO)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRONICA E INDUSTRIAL MAESTRIAS DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y AMBIENTAL 				
MATRIZ DE RIESGO. PROBABILIDAD/EFECTO				Nº: 001
DATOS INFORMATIVOS				
Tipo de estudio:	Inspección visual	Fecha de elaboración:	10/05/2017	
Lugar de estudios y análisis:	Laboratorios educativos – U.T.A. Campus Huachi			
Realizado por:	Ing. Oscar F. Tene S.	Supervisado por:	Ing. Mg. Manolo Córdova.	
PARÁMETROS METODOLÓGICOS DE INVESTIGACIÓN				
Normas de referencia:	171330-1, 689	Designación:	UNE	
Parámetro identificado		Inventario de aspectos o elementos		
Método	Visual	Aspecto:	Mantenimiento del edificio.	
VALORACION:				
La valoración de la actividad del mantenimiento del edificio es considerada de importancia por sus operaciones que puedan contribuir a generar contaminación.				
MATRIZ:				
Probabilidad Efectos	Baja	Media	Alta	Muy alta
Ligero	No significativo	Re-evaluar periódicamente	Re-evaluar periódicamente	Valorar
Considerables	Re-evaluar periódicamente	Re-evaluar periódicamente	Valorar	Valorar
Graves	Valorar	Valorar	Valorar	Valorar
ANÁLISIS DE INSPECCIÓN				
Agente fisicoquímico	Probabilidad	Efecto	Riesgo	
Dióxido de carbono	BAJA	LIGERO	®	
Monóxido de carbono	MEDIO	CONSIDERABLE	®®	
Material Particulado	ALTO	CONSIDERABLE	®®	
VOC	BAJA	LIGERO	®	
Temperatura	BAJA	LIGERO	®	
Humedad Relativa	BAJA	LIGERO	®	
No significativo ®		Re-evaluar periódicamente ®®	Valorar ®®®	
CONCLUSION				
Con un análisis cuantitativo y mediante la aplicación de la matriz probabilidad/ efecto que los agentes fisicoquímicos analizados presentan un riesgo no significativo puesto que el objetivo principal del mantenimiento del edificio es asegurar la calidad ambiental y la calidad higiénica en interiores de los laboratorios, por lo antes expuesto cabe indicar que las actividades de mantenimiento se las realiza fuera de los horarios de utilización de los laboratorios.				

La determinación de que un aspecto afecte negativamente a calidad de aire interior mediante la aplicación de la matriz del riesgo que se ha aplicado, está basada en la experiencia del técnico inmiscuido en el área de estudio; la metodología indica que se deben tomar en consideración los datos históricos del edificio, sin embargo, cabe indicar que no existen dichos datos históricos especialmente de los datos de control de los agentes químicos analizados.

Mediante la aplicación cualitativa de la matriz de riesgo probabilidad efecto se identificó los aspectos ambientales más relevantes en el interior de los laboratorios la figura 9 se muestra los agentes fisicoquímicos con mayor riesgo:



De la gráfica anterior es preciso analizar y realizar las mediciones haciendo énfasis en los agentes físicoquímicos que deben ser analizados a fin de cuantificar las condiciones de riesgo que estas involucran en el aire interior, las concentraciones de CO₂ y la temperatura interior tienen las mayores ponderaciones.

Para la realización de las valoraciones e inspecciones se utiliza la metodología de acuerdo a la norma UNE 171330-2 "Procedimiento de inspección de calidad ambiental interior, utilizando la metodología de inspección de calidad ambiental en interiores".

4.2 Mediciones

4.2.1 Determinación de parámetros a medir y el método

La metodología para realizar las mediciones está basada en la norma UNE 171330-2 donde se han extraído los parámetros considerados bajo la delimitación del problema central de la presente investigación haciendo énfasis en los contaminantes físico – químico así para la presente investigación se han tomado en consideración los siguientes aspectos:

- Temperatura y humedad relativa.
- Dióxido de carbono: determinación de la tasa de ventilación.
- Monóxido de carbono.
- Partículas en suspensión por gravimetría (PM 2,5).
- Conteo de partículas en suspensión (0,5µm y 5 µm).
- Compuestos orgánicos volátiles.

El número de contaminantes que pueden encontrarse en un ambiente interior es elevado, aunque sus niveles suelen ser bajos. En general las metodologías analíticas utilizadas provienen tanto de la higiene industrial como de las utilizadas en aire exterior, aunque son preferibles las primeras por implicar el procesamiento de un volumen de aire menor e instrumentación más pequeña y silenciosa. Aunque en la mayoría de métodos utilizados en higiene industrial se captan las muestras en un

soporte adecuado para su posterior análisis en el laboratorio, existen sistemas de lectura directa que se basan en principios físicos o químicos.

4.2.2 Determinación del número de puntos de muestreo

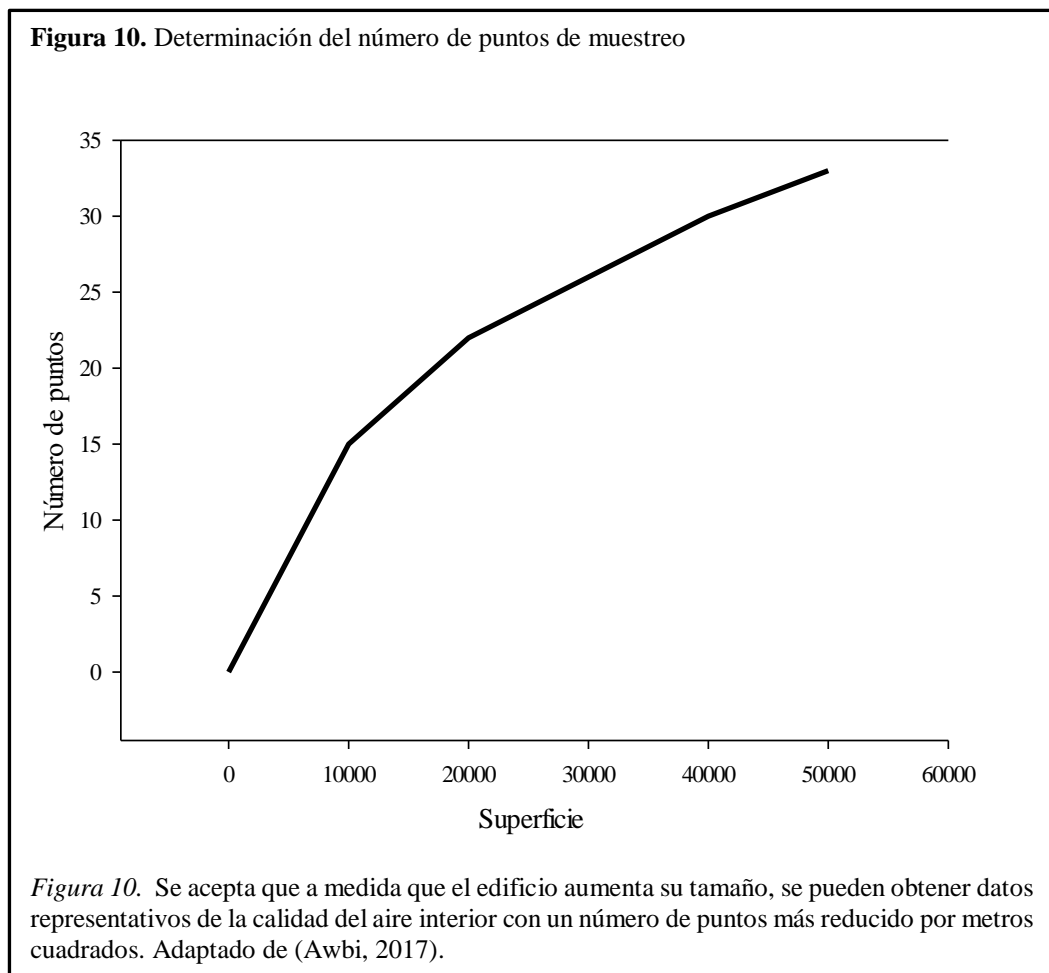
El número de puntos a muestrear en cada laboratorio está determinado por la norma UNE 171330-2, donde el número mínimo de puntos a muestrear depende de la superficie total construida del edificio o del área parcial objeto de estudio y está calculado en acorde a la siguiente fórmula es válida para el muestreo de los parámetros antes mencionados:

$$P = 0,15x\sqrt{S}$$

Donde:

P = N° de puntos

S = Superficie



La determinación de la estrategia de medición debería cubrir todo el tiempo de uso de los laboratorios sin embargo también es aceptable realizar mediciones puntuales a lo largo de la jornada de trabajo las mismas que han sido tomadas en momentos de exposición en un periodo donde el edificio ha alcanzado un régimen de funcionamiento estabilizado.

Utilizando la fórmula antes mencionada se realiza el cálculo de los puntos necesarios según el área, el siguiente cuadro muestra en base a la superficie por cada laboratorio el número de muestras que se deben tomar:

Para la medición de la superficie del área de los laboratorios el equipo que es utilizado es un Medidor laser marca: BOSH, modelo: GLM 80 Profesional, aprobado bajo la norma ISO 16331-1 Óptica e instrumentos ópticos. Procedimientos de laboratorio para probar instrumentos de topografía y construcción. Parte 1: Rendimiento de medidores de distancia láser portátiles, el equipo es el ideal debido a que mide distancias de 0.05 – 80 m, además posee un sensor de inclinación de 360°, capaz de medir 25 000 mediciones por carga gracias a la tecnología de litio, además el equipo se encuentra calibrado por un organismo INEN (Ver tabla 19 y Anexo 6)

Tabla 16. Número de muestras para cada uno de los laboratorios

FACULTAD	NOMBRE DE LABORATORIO	SUPERFICIE (S) m ²	NÚMERO DE PUNTOS A MUESTREAR (P #)
CIENCIAS HUMANAS Y DE LA EDUCACIÓN	Laboratorio 1	56,68	1,1
	Laboratorio 2	53,27	1,1
	Laboratorio 3	66,64	1,2
	Laboratorio 4	74,69	1,3
	Laboratorio 5	54,73	1,1
	Laboratorio 6	54,73	1,1
	Laboratorio 7	64,96	1,2
	Laboratorio 8	64,96	1,2
CONTABILIDAD Y AUDITORIA	Gastronomía	163,63	1,9
	Laboratorio 1	60,32	1,2
	Laboratorio 2	45,36	1,0
	Laboratorio 3	61,74	1,2
	Laboratorio 4	61,38	1,2
	Laboratorio 5	NA	NA

FACULTAD DE CIVIL Y MECANICA	Laboratorio 6	59,96	1,2
	Laboratorio 7	61,38	1,2
	Laboratorio 8	63	1,2
	Tic's mecánica	118,08	1,6
	Tic's civil 1	49,97	1,1
	Tic's civil 2	49,39	1,1
	Automatización	58,18	1,1
	Energía	58,38	1,1
	Taller de soldadura	59,31	1,2
	Mecanizado	79,36	1,3
	Metalografía	56,98	1,1

Tabla 16. Número de muestras para cada uno de los laboratorios (continuación).

JURISPRU- DEN- CIA Y CIENCIAS SOCIALES	Neumática	57,51	1,1
	Procesos de fabricación	45,66	1,0
	Ensayo de materiales civil	56,9	1,1
	Hidráulica	67,2	1,2
	Laboratorio de suelos	61,98	1,2
	Laboratorio de química 1	61,54	1,2
	Laboratorio de química 2	61,54	1,2
	Sala de audiencias	60,78	1,2
	Laboratorio de computación 2	73,55	1,3
	Laboratorio de computación 1	73,55	1,3
	Grabación y radio	63,05	1,2
INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL	Televisión	33,39	0,9
	Arquitectura	48,89	1,0
	CNC	32,99	0,9
	CNC	32,99	0,9
	Industrial 1	41,47	1,0
	Industrial 1*	41,47	1,0
	Industrial 2	55,83	1,1
	Electrónico 1	67,73	1,2
	Electrónico 2	53,63	1,1
	Electrónico 2*	53,63	1,1
	Hidráulica	36,2	0,9
	Laboratorio 1	54,56	1,1
	Laboratorio 2	53,99	1,1
	Laboratorio 3	40,32	1,0
	Laboratorio 3*	40,32	1,0
	Laboratorio 4	39,81	0,9
	Laboratorio 4*	39,81	0,9
Laboratorio 5	35,4	0,9	
Laboratorio 5*	35,4	0,9	

	Laboratorio 6	44,07	1,0
	Laboratorio de maestrías	59,55	1,2
	Maquinas eléctricas	35,15	0,9
	Maquinas eléctricas *	35,15	0,9
	Maquinas eléctricas 2	49,39	1,1
	Maquinas eléctricas 2*	49,39	1,1
	Lab d10	41,18	1,0
	Plc	43,93	1,0
	Redes	54,03	1,1
	Redes*	54,03	1,1
	Robótica	56,54	1,1
DISEÑO, CIENCIAS ARQUITECTURA Y ARTES	Marketing y gestión de negocios 1	101,62	1,5
	Marketing y gestión de negocios 2	49,64	1,1
	Organización empresas 1	50,69	1,1
	Organización empresas 2	49,59	1,1
	Taller de confección	75,39	1,3
	Pc1	46,63	1,0
	Pc2	48,3	1,0
	Pc3	46,74	1,0
	Fotografía	34,86	0,9
	Análisis de bioquímica y alimentos	112,25	1,6
INGENIERIA EN ALIMENTOS	Análisis instrumental		0,0
	Cereales y oleaginosas lab 1.1		0,0
	Física y electricidad	54,33	1,1
	Físico-química y análisis instrumental	117,85	1,6
	Tics 1	56,7	1,1
	Tics 2	54	1,1
	Bioingeniería y microbiología	95,3	1,5
	Procesamiento	105,05	1,5
	Química general	101,55	1,5
	Uoita	144	1,8
	Laconal	136,77	1,8
Centro de investigación de alimentos		0,0	

* Representa los laboratorios que repiten el mismo nombre con ubicación en pisos diferentes.
Nota1: Se indica los laboratorios que se realizan el estudio de la investigación.

4.1.5 Equipos de medición

4.1.5.1 Medición de factor de riesgo químico – material particulado

Equipo AEROCET 831.-

El equipo que se utilizó cuenta con monitor masivo de 5 canales simultáneos que brinda 5 diferentes parámetros para la medición y monitoreo de ambientes con material particulado.

Cuenta con alarmas visuales, monitor LCD de lectura directa, puerto de comunicación IR y software para descarga de distintos sesiones y eventos simultáneos.

Tabla 17. Especificaciones Equipo AEROCET 831

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	Recuentos de partículas individuales mediante luz láser dispersada.
	
RENDIMIENTO	
Gama PM	PM1, PM2, 5, PM4 y PM10
Rango de concentración	0 - 1,000 mg/m ³
Resolución	0.1Mg/m ³ (Mostrar / salida serie)
Sensibilidad	Alto = 0,3 µm, bajo = 0.5 µm
Precisión	± 10%, a aerosoles de calibración
Tasa de Flujo	0.1 cfm (2.83 lpm)
Duración de la muestra	1 minuto
Almacenamiento	2,500 archivos
INTERFAZ	
Mostrar	2-línea por 16 caracteres LCD
Teclado	2 teclado de botones con dial rotatorio

FÍSICA	
TAMAÑO	Altura: 6,25"(15,9 cm) ancho: 3,63" (9,22 cm) de espesor: 2.0"(5,08 cm)
Peso	1.74 lb (28 onzas) (0,79 kg)
DEL MEDIO AMBIENTE	
Temperatura de funcionamiento	0° a + 50°C
Temperatura de almacenamiento	-20° a + 60°C
ACCESORIOS	
Opcional	Estuche (P/N 8517) Bota protectora (P/N 80450) Cero Kit de filtro (P/N 80846) Kit de medidor de flujo (P/N 80530)

Nota: AEROCET 831

4.1.5.2 Medición de factor de riesgo químico – Tipo de gas contaminante.

Equipo Bacharach IEQ Chek.-

IEQ Chek™ es un dispositivo portátil de grabación de información fácil de usar para monitorear tendencias que pertenecen a la calidad del aire interior, funciona con baterías y un instrumento de registro de información (registro de datos) diseñado tanto para operación continua, y su uso previsto es para ambientes interiores.

Con su capacidad de 7 sensores, el nuevo IEQ Chek mide la temperatura, la humedad relativa y hasta 5 sensores 'inteligentes' plug-and-play adicionales, que incluyen dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), oxígeno (O₂), formaldehído (HCHO), compuestos orgánicos volátiles totales (TVOC), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂), amoníaco (NH₃), sulfuro de hidrógeno (H₂S) y gases combustibles.

Disponible con o sin una bomba a bordo para tomar muestras del aire, el medidor de calidad del aire interior IEQ Chek tiene una gran pantalla LCD retroiluminada multilínea con visualización simultánea de todos los sensores instalados, vida útil de la batería, indicador de la bomba y estado de calibración. Sofisticado, pero simple de usar, el IEQ Chek tiene la capacidad de grabar y almacenar más de un millón de puntos de datos en una tarjeta flash SD con la opción de descargar los datos a través de una conexión USB a una PC utilizando el software IQ Chek de Bacharach.

Tabla 18. Equipo Bacharach IEQ Chek

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO	Diagnóstico de calidad de aire
------------------------------------	--------------------------------



RENDIMIENTO						
Gases detectados:	Dióxido de carbono (CO ₂), monóxido de carbono (CO), oxígeno (O ₂), formaldehído (HCHO), compuestos orgánicos volátiles totales (TVOC), Dióxido de nitrógeno (NO ₂), óxido nítrico (NO), dióxido de azufre (SO ₂), amoníaco (NH ₃), sulfuro de hidrógeno (H ₂ S) y gases combustibles Principio de detección: infrarrojo no dispersivo (NDIR), electroquímico, detector de fotoionización (PID)					
RANGO						
GAS:	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂	O ₂
RANGO:	0 - 5,000 ppm	0 - 10,000 ppm	0 - 5% vol.	0 - 20% vol.	0 - 100% vol.	0 - 25% vol.
RESOLUCION:	1 ppm	1 ppm	0.01%	0.01%	1%	0.1%
EXACTITUD:	± 2% sobre el rango a 68 ° F (20 ° C) / 1 bar de presión					±0.1% vol. > rango
TEMPERATURA:	Resolución de 23 ° F a 131 ° F (-5 ° C a 55 ° C) / 0.1 °					
HUMEDAD RELATIVA	0-99.9% sin condensación / 0.1% de resolución					
FISICA						
PESO	20 oz (567 g) incluyendo baterías					
TAMAÑO	7.75" L x 3.87" W x 3.06" D (19.7 cm x 9.8 cm x 7.8 cm)					

Nota: Equipo Bacharach IEQ Chek

Tabla 19. Medidor láser de distancias

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO		Medidor laser de distancias
		
RENDIMIENTO		
Margen de medición:	0,05 – 80,00	
EXACTITUD		
Exactitud de la medición habitual:	± 1,5 mm	
UNIDADES DE MEDIDA		
Unidades	m/cm/mm	
FISICO		
Peso, aprox.	0,14 kg	
ALIMENTACIÓN		
Alimentación de tensión	1 batería de litio de 3,7 V (1250 mAh)	

Nota: Medidor láser de distancias modelo GLM 80.

4.1.6 Métodos de análisis y criterios de valoración

Los métodos de análisis y criterios de valoración se dan en la Tabla 2 del Capítulo II. La calidad de aire en interiores sirve no solo para proteger la salud de los usuarios sino también su bienestar y confort, por ello la estructura del modo de valoración de resultados se basa en dos criterios:

Criterio confort: Es un valor muy restrictivo cuyo objetivo es asegurar que el ambiente interior no resultara molesto para la mayoría de los ocupantes. Admite superaciones puntuales inferiores al límite al 25% de las lecturas realizadas y

siempre que se conozcan las causas y se hayan establecido acciones correctas específicas.

Criterio de valor límite: Representa una concentración o valor absoluto que no debe sobrepasar nunca y que en caso de superarse una sola vez y para un único parámetro supondrá una No conformidad total del edificio o instalación estudiada. Su objetivo incluye la protección de la salud de los usuarios, por ello son indicadores basados en los Valores Límite oficiales de Prevención de Riesgos Laborales.

4.2 Interpretación de resultados

4.2.1 Resultado de mediciones realizadas

Una vez realizadas las mediciones correspondientes en el lugar de estudio se obtienen los siguientes resultados (Tabla 19). Con base en las comparaciones realizadas entre las mediciones hechas en el lugar de estudio y los criterios de confort acorde a la UNE 171330-2, se obtiene los porcentajes de cumplimiento de cada uno de los parámetros analizados.

En la siguiente tabla se presentan los porcentajes de cumplimiento de los 112 laboratorios estudiados respecto a la calidad del aire interior, las concentraciones de dióxido de carbono (CO₂) son uno de los principales parámetros que sobrepasa el límite establecido de 500ppm, seguida de un importante porcentaje respecto a la temperatura y humedad relativa.

Tabla 20. Cumplimiento entre los parámetros de estudio y criterios de la norma UNE 171330-2

PARÁMETRO	CUMPLE (%)	NO CUMPLE (%)	TOTAL (%)
T	66,96	33,04	100
RH	79,46	20,53	100
CO	99,10	0,90	100
CO ₂	13,39	86,61	100
VOC	100	0	100
PM _{2,5}	94,64	5,35	100

Nota: Todos los parámetros medidos se realizaron con métodos normalizados recomendados por la norma.

Tabla 21. Resultados de mediciones de agentes y comparación con los criterios de confort

Laboratorio	T (°C)			HR (%)			CO (ppm)			CO2 (ppm)			VOC (ug/m ³)			PM 2,5 (ug/m ³)								
	Max.	Min.	Prom	N ^a	Max.	Min.	Prom	N ^a	Max.	Min.	Prom	N ^a	Max.	Min.	Prom	N ^a	Max.	Min.	Prom	N ^a				
Laboratorio 1	24,6	24,3	24,43	C	65	63	64	C	0	0	0	C	1260	1178	1215	NC	0	0	0	C	9,6	8,3	8,8	C
Salón de clase	24,1	23,1	23,80	C	72	69	71	NC	0	0	0	C	1220	1115	1200	NC	0	0	0	C	11,9	2,6	7,8	C
Laboratorio 2	26,7	24,1	25,25	NC	72	69	70	NC	0	0	0	C	1325	1100	1253	NC	0	0	0	C	13,3	10,7	12,0	C
Laboratorio 3	25,6	24,7	25,04	NC	71	65	69	C	0	0	0	C	1479	1178	1333	NC	0	0	0	C	12,4	8,4	10,9	C
Laboratorio 4	25,7	24,9	25,31	NC	93	81	89	NC	0	0	0	C	1389	1178	1256	NC	0	0	0	C	9,6	7,1	8,7	C
Oficina	25,7	25,1	25,37	NC	65	63	64	C	0	0	0	C	908	806	855	NC	0	0	0	C	8,7	7,4	8,2	C
Laboratorio 5	26	23	24,88	C	48	40	43	C	0	0	0	C	1023	646	863	NC	0	0	0	C	7,9	2,3	4,2	C
Oficina	24,3	24,1	24,23	C	65	62	64	C	0	0	0	C	908	806	855	NC	0	0	0	C	3,7	2,5	3,0	C
Laboratorio 6	24,7	23,4	24,02	C	72	62	68	C	0	0	0	C	1278	1128	1191	NC	0	0	0	C	4,6	2,6	3,5	C
Oficina	23,6	23	23,20	C	75	72	74	NC	0	0	0	C	904	804	855	NC	0	0	0	C	3,7	2,5	3,0	C
Laboratorio 7	26,7	25,1	25,80	NC	93	81	89	NC	0	0	0	C	1389	1175	1248	NC	0	0	0	C	8,5	6,9	7,7	C
Oficina	24	23	23,47	C	72	66	69	C	0	0	0	C	665	624	642	NC	0	0	0	C	3,5	2,4	3,1	C
Laboratorio 8	26,7	25	25,77	NC	93	81	89	NC	0	0	0	C	1234	1023	1133	NC	0	0	0	C	8,6	7,3	8,1	C
Oficina	24	23	23,47	C	72	68	71	NC	0	0	0	C	736	734	735	NC	0	0	0	C	3,5	2,4	3,1	C
Gastronomía	28,4	27,6	28,18	NC	70	66	68	C	9	7	8	NC	3030	2442	2747	NC	0	0	0	C	15,3	9,7	12,4	C
Laboratorio 1	26,2	26	26,08	NC	59	54	56	C	0	0	0	C	2109	1654	1841	NC	0	0	0	C	9,4	6,1	7,9	C
Laboratorio 2	26,7	26,3	26,50	NC	54	48	51	C	0	0	0	C	1911	1203	1529	NC	0	0	0	C	7,2	4,7	5,8	C
Laboratorio 3	27,5	27,1	27,16	NC	66	63	64	C	0	0	0	C	1851	1531	16662	NC	0	0	0	C	6,8	5,2	6,0	C
Laboratorio 4	26,7	25,6	26,26	NC	74	70	72	NC	0	0	0	C	1992	1660	1796	NC	0	0	0	C	8,5	7,2	7,3	C
Laboratorio 5	24	23	23,47	C	72	68	71	NC	0	0	0	C	736	734	735	NC	0	0	0	C	6,8	5,2	6,0	C
Laboratorio 6	27,8	23,6	26,60	NC	60	47	51	C	0	0	0	C	2567	1777	2282	NC	0	0	0	C	5	3,3	4,3	C
Laboratorio 7	26,7	23,5	25,80	NC	74	70	72	NC	0	0	0	C	1918	1460	1723	NC	0	0	0	C	8,5	6,2	7,3	C
Laboratorio 8	27	25,6	26,56	NC	60	58	59	C	0	0	0	C	3313	1527	2088	NC	0	0	0	C	7,7	5,7	6,5	C
Tics Mecánica	26	25,1	25,68	NC	53	51	52	C	0	0	0	C	987	703	837	NC	0	0	0	C	4,9	4,3	4,6	C
Tics Civil 1	23,8	23,7	23,72	C	59,6	55	57	C	1	0	0	C	1326	1108	1207	NC	0	0	0	C	15,6	11,4	12,7	C
Tics Civil 2	25,7	24,4	25,21	NC	72	64	68	C	0	0	0	C	2004	1925	1975	NC	0	0	0	C	12,8	10,6	11,5	C
Automatiza	21,9	20,2	21,03	C	75	71	73	NC	0	0	0	C	1713	1346	1465	NC	0	0	0	C	5,1	3,5	4,4	C
Energía	19	18,4	18,58	NC	68	63	66	C	0	0	0	C	568	341	478	C	0	0	0	C	19,6	6,3	13,5	C
Taller	24	22,3	23,48	C	79	71	75	NC	0	0	0	C	1456	1346	1371	NC	0	0	0	C	19,6	12,7	16,5	C
Mecanizado	24,6	22,5	23,40	C	93	76	2	NC	0	0	0	C	987	845	907	NC	0	0	0	C	6,5	4,2	5,8	C
Metalografía	17	16,2	16,68	NC	76	73	74	NC	0	0	0	C	756	450	553	NC	0	0	0	C	51,9	1,7	24,2	NC
Neumática	18,1	16,4	17,55	NC	75	69	72	NC	0	0	0	C	690	341	511	NC	0	0	0	C	16,1	10,3	13,7	C
Procesos	23,6	19	21,88	C	63	47	56	C	4	4	4	C	1337	1206	1245	NC	0	0	0	C	38,7	17,4	25,2	NC
Ensayos	20,9	19,8	20,21	NC	71	65	69	C	0	0	0	C	567	446	479	C	0	0	0	C	5,8	2,7	4,1	C
Hidráulica	25,6	23	23,77	C	81	72	76	NC	0	0	0	C	756	333	589	NC	0	0	0	C	8,0	4,2	6,2	C
Lab. Suelos	24,5	20	22,88	C	125	67	98	NC	0	0	0	C	835	559	685	NC	0	0	0	C	187,6	14,5	101,3	NC
Lab. Química	25,4	24	24,57	C	47	46	47	C	0	0	0	C	679	574	638	NC	0	0	0	C	7,4	6,7	7,1	C

Tabla 21. Resultados de mediciones de agentes y comparación con los criterios de confort (continuación)

Laboratorio	T (°C)			HR (%)			CO (ppm)				CO2 (ppm)				VOC (ug/m ³)				PM 2,5 (ug/m ³)					
	Max.	Min.	Prom	N ^a	Max.	Min.	Prom	N ^a	Max.	Min.	Prom	N ^a	Max.	Min.	Prom	N ^a	Max.	Min.	Prom	N ^a	Max	Min	Prom	N ^a
S. Audiencias	24,7	23	23,70	C	65	61	63	C	0	0	0	C	1301	980	1124	NC	0	0	0	C	10,3	5,7	8,5	C
Labor	21,6	19	20,47	NC	75	71	73	NC	0	0	0	C	1406	1009	1238	NC	0	0	0	C	11,5	8,9	10,2	C
L. computaci.	25,4	23	24,30	C	59	57	58	C	0	0	0	C	1381	1125	1234	NC	0	0	0	C	34,6	3,4	8,0	C
G. Radio	22,4	24	63,80	NC	69	66	68	C	0	0	0	C	1305	672	995	NC	0	0	0	C	3,3	3,1	3,2	C
Sala de Radio	24,6	24	24,42	C	69	65	67	C	0	0	0	C	1111	1013	1035	NC	0	0	0	C	5,4	3,2	4,2	C
C. Grabación	24,3	24	24,30	C	55,3	54	55	C	0	0	0	C	1116	559	838	NC	0	0	0	C	3,8	3,2	3,5	C
Televisión	24,6	24	24,40	C	68,2	55	62	C	0	0	0	C	1245	1168	1211	NC	0	0	0	C	10,0	2,5	6,3	C
Set. televisión	25,3	24	24,52	C	69,2	58	63	C	0	0	0	C	1274	812	1108	NC	0	0	0	C	7,5	4,5	5,5	C
Arquitectura	25,7	24	25,21	NC	71	64	70	C	0	0	0	C	672	467	531	NC	0	0	0	C	18,6	13,6	14,9	C
CNC 1	23,1	23	22,77	C	62	57	59	C	0	0	0	C	1190	893	997	NC	0	0	0	C	47,9	15,1	21,9	NC
CNC 2	22,3	21	21,51	C	65	62	64	C	0	0	0	C	446	229	346	C	0	0	0	C	4,9	1,5	3,3	C
Industrial 1	25,6	24	25,16	NC	75	69	72	NC	0	0	0	C	1560	1312	1423	NC	0	0	0	C	18,6	11,6	14,7	C
Industrial 1*	25,6	23	24,53	C	75	69	72	NC	0	0	0	C	1560	1126	1360	NC	0	0	0	C	16,4	13,4	14,5	C
Industrial 2	25,6	23	24,91	C	52	46	48	C	0	0	0	C	1457	1126	1292	NC	0	0	0	C	34,6	3,4	8,6	C
Electrónico 1	25,6	23	24,21	C	58	55	57	C	0	0	0	C	1124	901	1030	NC	0	0	0	C	6,2	4,0	4,8	C
Electrónico 2	26,8	25	25,53	NC	63	59	61	C	0	0	0	C	1181	1012	1075	NC	0	0	0	C	6,2	4,5	5,5	C
Electrónico 2*	25,7	24	24,84	C	66	51	60	C	0	0	0	C	1234	1010	1096	NC	0	0	0	C	5,8	4,5	5,1	C
Hidráulica	21,3	20	20,78	NC	75	66	69	C	0	0	0	C	1270	1115	1212	NC	0	0	0	C	9,0	7,6	8,4	C
Laboratorio 1	24,4	23	24,00	C	56	54	54	C	0	0	0	C	1380	780	984	NC	0	0	0	C	5,7	3,4	4,3	C
Laboratorio 2	26,3	24	25,16	NC	69	65	67	C	0	0	0	C	1401	1013	1261	NC	0	0	0	C	6,6	5,2	5,8	C
Laboratorio 3	23,8	23	23,53	C	59,6	58	59	C	0	0	0	C	578	545	564	NC	0	0	0	C	7,4	2,0	4,7	C
Laboratorio 3*	24	23	23,55	C	60	59	59	C	0	0	0	C	583	545	565	NC	0	0	0	C	9,8	1,3	5,2	C
Laboratorio 4	24,8	23	23,93	C	69	66	68	C	0	0	0	C	1206	563	928	NC	0	0	0	C	5,1	2,5	3,7	C
Laboratorio 4*	24,8	23	24,04	C	69	66	68	C	0	0	0	C	1102	546	879	NC	0	0	0	C	3,9	3,1	3,4	C
Laboratorio 5	23	23	22,79	C	62	61	62	C	0	0	0	C	1115	1009	1053	NC	0	0	0	C	9,8	7,1	8,6	C
Laboratorio 5*	22,7	21	21,79	C	62	61	62	C	0	0	0	C	1127	1009	1097	NC	0	0	0	C	9,8	7,1	8,6	C
Laboratorio 6	23,9	23	23,45	C	59	54	58	C	0	0	0	C	571	334	475	C	0	0	0	C	5,8	1,6	4,3	C
Lab. Maestrías	25	24	24,31	C	62	50	59	C	0	0	0	C	1220	784	961	NC	0	0	0	C	5,6	3,8	4,7	C
M. Eléctricas	21,7	20	21,19	C	62	61	62	C	0	0	0	C	1245	1098	1167	NC	0	0	0	C	9,8	7,1	8,6	C
M. Eléctricas*	21,7	20	21,19	C	62	61	62	C	0	0	0	C	1245	1098	1167	NC	0	0	0	C	9,8	7,1	8,6	C
M. Eléctricas 2	24,4	22	23,62	C	56,7	54	55	C	0	0	0	C	1120	788	922	NC	0	0	0	C	4,7	4,1	4,3	C
M. Eléctricas*	25	23	23,81	C	71	66	69	C	0	0	0	C	1231	1052	2384	NC	0	0	0	C	11,8	5,1	9,8	C
LAB D10	25,6	24	24,38	C	73	71	72	NC	0	0	0	C	1922	1667	1800	NC	0	0	0	C	7,1	3,2	4,1	C
PLC	25,6	23	24,37	C	56,7	51	54	C	0	0	0	C	1356	788	1076	NC	0	0	0	C	4,6	3,8	4,2	C
Redes	22,3	21	21,93	C	74	73	73	NC	0	0	0	C	1243	901	1099	NC	0	0	0	C	7,8	6,1	6,9	C
Redes*	22,6	21	22,00	C	73	73	73	NC	0	0	0	C	1036	829	959	NC	0	0	0	C	9,5	5,3	7,2	C
Robótica	24,6	24	23,85	C	85	81	83	NC	0	0	0	C	678	567	598	NC	0	0	0	C	9,5	6,1	8,2	C

Tabla 21. Resultados de mediciones de agentes y comparación con los criterios de confort (continuación)

Laboratorio	T (°C)				HR (%)				CO (ppm)				CO2 (ppm)				VOC (ug/m ³)				PM 2,5 (ug/m ³)			
	Max.	Min.	Prom	N ^a	Max.	Min.	Prom	N ^a	Max.	Min.	Prom	N ^a	Max.	Min.	Prom	N ^a	Max.	Min.	Prom	N ^a	Max.	Min.	Prom	N ^a
Marketing 1	23	22	22,55	C	63	60	61	C	0	0	0	C	830	672	751	NC	0	0	0	C	6,3	4,9	5,6	C
Marketing 2	23	22	22,55	C	69	60	64	C	0	0	0	C	1109	729	910	NC	0	0	0	C	5,6	4,3	4,7	C
O. Empresa 1	24,2	22	22,95	C	69	65	68	C	0	0	0	C	1109	805	986	NC	0	0	0	C	5,5	3,3	4,7	C
O. Empresa 2	24,8	24	24,04	C	70	48	66	C	0	0	0	C	1016	349	788	NC	0	0	0	C	7,7	1,7	4,7	C
T. Confección	23,9	23	23,46	C	63	58	61	C	0	0	0	C	991	788	8885	NC	0	0	0	C	6,3	2,6	3,9	C
PC1	22,5	22	23,46	C	62	60	61	C	0	0	0	C	1230	908	1111	NC	0	0	0	C	11,5	2,6	5,0	C
PC2	23,1	23	22,86	C	63	59	62	C	0	0	0	C	1200	792	978	NC	0	0	0	C	4,8	3,6	4,1	C
PC3	24,8	22	23,98	C	63	60	62	C	0	0	0	C	1406	683	1176	NC	0	0	0	C	4,5	3,0	3,7	C
Fotografía	23	22	22,67	C	67	65	66	C	0	0	0	C	798	687	741	NC	0	0	0	C	5,5	5,1	5,3	C
Bioquímica	24,3	24	24,30	C	48	48	48	C	1	1	1	C	578	55	399	C	0	0	0	C	6,5	6,2	6,4	C
A Instrumental	24,4	24	24,16	C	65	61	63	C	0	0	0	C	1111	950	1030	NC	0	0	0	C	6,5	3,4	4,4	C
CER	24,6	24	24,36	C	65	59	63	C	0	0	0	C	1118	905	1056	NC	0	0	0	C	6,5	3,4	4,4	C
Física y E	20,6	19	20,12	NC	71	66	69	C	0	0	0	C	345	225	280	C	0	0	0	C	1,7	1,1	1,6	C
F,Q y Análisis	22,9	22	22,49	C	64	63	64	C	2	0	0	C	867	786	803	NC	0	0	0	C	8,7	6,0	7,1	C
TICS 1	23,8	24	23,71	C	59,6	55	58	C	1	0	0	C	1326	1108	1196	NC	0	0	0	C	12,2	11,4	11,7	C
TICS 2	25,7	24	25,14	NC	72	64	68	C	0	0	0	C	2004	1925	1971	NC	0	0	0	C	12,8	10,6	11,5	C
Bioenergía	24,2	24	24,10	C	53	51	52	C	5	3	4	C	800	784	791	NC	0	0	0	C	4,7	3,4	4,0	C
Procesamiento	24,6	23	23,66	C	59	56	58	C	1	0	0	C	587	529	569	NC	0	0	0	C	10,7	9,8	10,3	C
Q. General	24,6	24	24,30	C	50	50	50	C	0	0	0	C	563	521	546	NC	0	0	0	C	5,9	5,7	5,8	C
Lab. principal	24,5	24	24,19	C	56	54	55	C	0	0	0	C	905	765	801	NC	0	0	0	C	17,6	11,7	14,3	C
L. Secundario	23,8	23	23,67	C	61	56	59	C	1	0	0	C	1111	1013	1086	NC	0	0	0	C	25,7	20,9	24,5	NC
UOITA	22,4	22	22,29	C	63	62	62	C	0	0	0	C	354	337	345	C	0	0	0	C	9,3	6,2	7,9	C
Farinografía	22,2	22	22,13	C	63	63	63	C	0	0	0	C	345	341	343	C	0	0	0	C	7,2	7,1	7,1	C
S. de balanzas	22,2	22	22,13	C	67	67	67	C	0	0	0	C	678	605	646	NC	0	0	0	C	5,7	5,3	5,5	C
S. Intermedia	23	21	22,07	C	65	60	63	C	0	0	0	C	446	443	444	C	0	0	0	C	3,3	3,3	3,3	C
Microbiología	21,9	22	21,90	C	61	60	60	C	0	0	0	C	239	221	231	C	0	0	0	C	3,8	3,6	3,7	C
S. 1 principal	22	22	21,81	C	65	62	63	C	0	0	0	C	404	225	278	C	0	0	0	C	7,1	5,4	6,2	C
S. 2 Z. Estéril	24,2	24	24,17	C	54	54	54	C	0	0	0	C	458	450	455	C	0	0	0	C	4,1	2,7	3,3	C
S. 3 Z lavado	23,3	23	23,27	C	59	58	59	C	0	0	0	C	348	334	342	C	0	0	0	C	3,2	3,1	3,1	C
C. I	21,5	22	21,50	C	65	65	65	C	0	0	0	C	236	225	231	C	0	0	0	C	1,7	1,7	1,7	C
Laboratorio	21,9	22	21,70	C	61	58	60	C	0	0	0	C	341	221	280	C	0	0	0	C	3,2	1,7	2,6	C
Cabina	24,4	24	24,40	C	64	64	64	C	0	0	0	C	1759	1509	1639	NC	0	0	0	C	38,4	36,0	37,2	NC
Laboratorio 1	26,2	26	26,08	NC	53	54	56	C	0	0	0	C	2109	1654	1841	NC	0	0	0	C	9,4	6,1	7,9	C
Laboratorio 2	26,7	26,3	26,50	NC	54	48	51	C	0	0	0	C	1911	1203	1529	NC	0	0	0	C	7,2	4,7	5,8	C
Laboratorio 3	27,5	27,1	27,16	NC	66	63	64	C	0	0	0	C	1851	1531	1662	NC	0	0	0	C	6,8	5,2	6,0	C
Laboratorio 4	26,7	25,6	26,26	NC	74	70	72	C	0	0	0	C	1992	1660	1796	NC	0	0	0	C	8,5	6,2	7,3	C
Laboratorio 5																								

Tabla 21. Resultados de mediciones de agentes y comparación con los criterios de confort (continuación)

Laboratorio	T (°C)				HR (%)				CO (ppm)				CO2 (ppm)				VOC (ug/m ³)				PM 2,5 (ug/m ³)			
	Max.	Min.	Prom	N ^a	Max.	Min.	Prom	N ^a	Max.	Min.	Prom	N ^a	Max.	Min.	Prom	N ^a	Max.	Min.	Prom	N ^a	Max.	Min.	Prom	N ^a
Laboratorio 6	27,8	23,6	26,60	NC	60	47	51	C	0	0	0	C	2567	1777	2282	NC	0	0	0	C	5	3,3	4,3	C
Laboratorio 7	26,7	23,5	25,80	NC	74	70	72	C	0	0	0	C	1918	1460	1723	NC	0	0	0	C	8,5	6,2	7,3	C
Laboratorio 8	27	25,6	26,56	NC	60	58	59	C	0	0	0	C	3313	1527	2088	NC	0	0	0	C	7,7	5,7	6,5	C

Nota: Los valores de evaluación para la temperatura, humedad relativa, monóxido de carbono, dióxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles y material particulado 2,5 son tomados de la tabla 2 de la UNE 171330-2. Calidad ambiental en interiores. Parte 2. Procedimientos de inspección de calidad ambiental interior.

^a N: Establece la evaluación de las medidas realizadas en función de la norma UNE 171330-2; Donde: C: cumple y NC: no cumple, además se ha resaltado de color para identificar de mejor forma los incumplimientos en los distintos parámetros.

A continuación se presentan las gráficas de cumplimiento por facultades de cada uno de los parámetros analizados evaluados con UNE 171330-2.

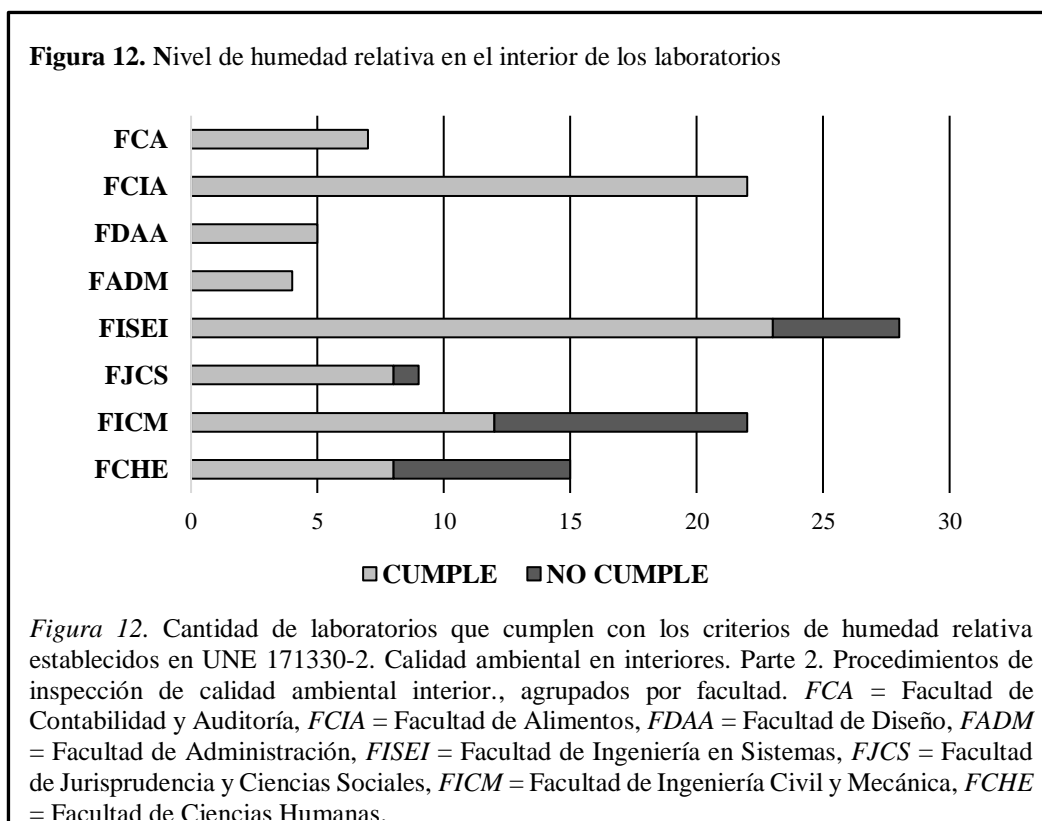
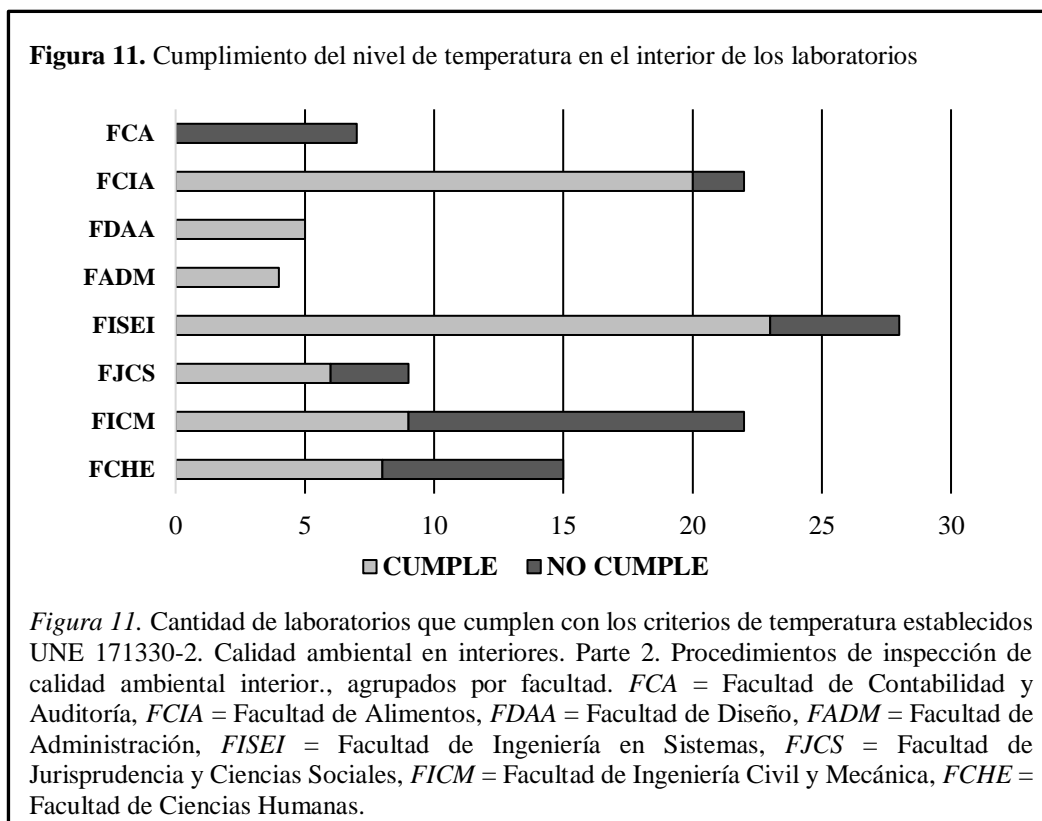


Figura 13. Cumplimiento del nivel de CO en el interior de los laboratorios

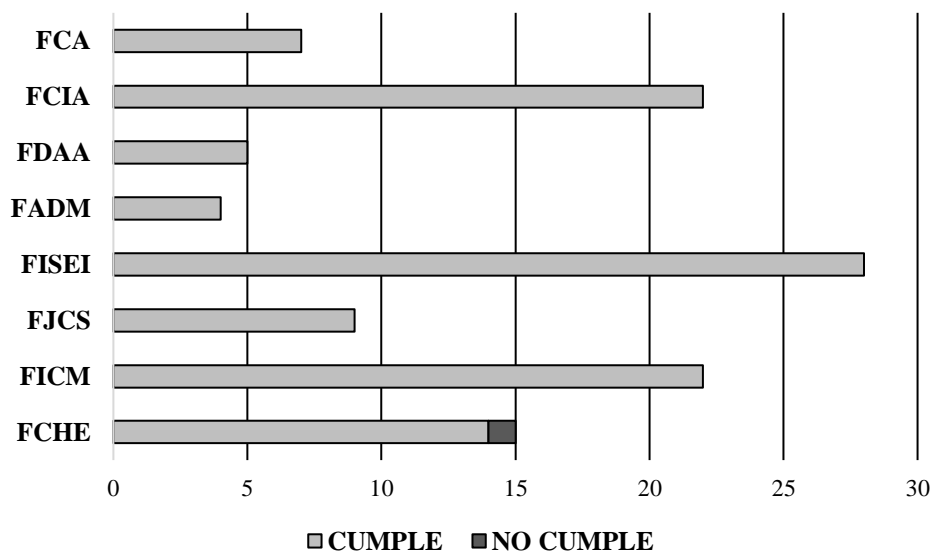


Figura 13. Cantidad de laboratorios que cumplen con los criterios de CO establecidos en UNE 171330-2. Calidad ambiental en interiores. Parte 2. Procedimientos de inspección de calidad ambiental interior., agrupados por facultad. *FCA* = Facultad de Contabilidad y Auditoría, *FCIA* = Facultad de Alimentos, *FDAA* = Facultad de Diseño, *FADM* = Facultad de Administración, *FISEI* = Facultad de Ingeniería en Sistemas, *FJCS* = Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales, *FICM* = Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, *FCHE* = Facultad de Ciencias Humanas.

Figura 14. Cumplimiento del nivel de CO₂ en el interior de los laboratorios

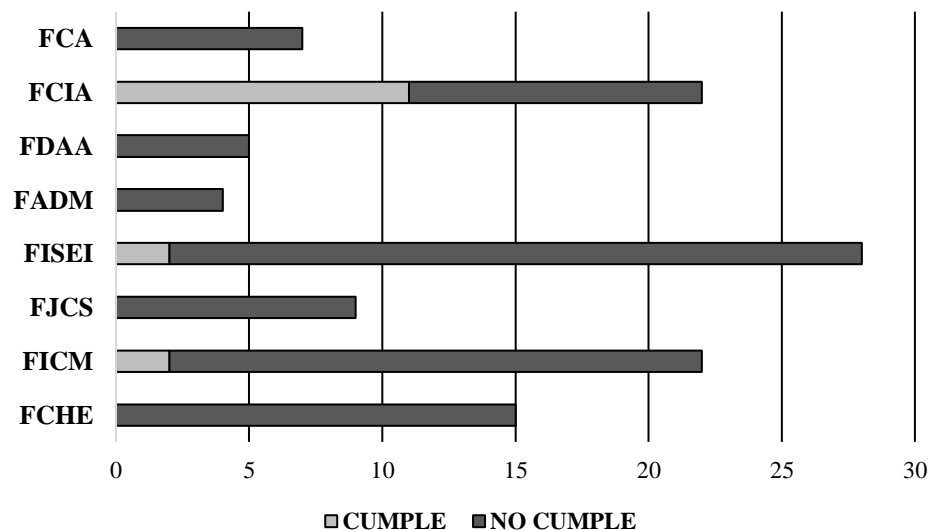


Figura 14. Cantidad de laboratorios que cumplen con los criterios de CO₂ establecido UNE 171330-2. Calidad ambiental en interiores. Parte 2. Procedimientos de inspección de calidad ambiental interior., agrupados por facultad. *FCA* = Facultad de Contabilidad y Auditoría, *FCIA* = Facultad de Alimentos, *FDAA* = Facultad de Diseño, *FADM* = Facultad de Administración, *FISEI* = Facultad de Ingeniería en Sistemas, *FJCS* = Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales, *FICM* = Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, *FCHE* = Facultad de Ciencias Humanas.

Figura 15. Cumplimiento del nivel de VOC en el interior de los laboratorios

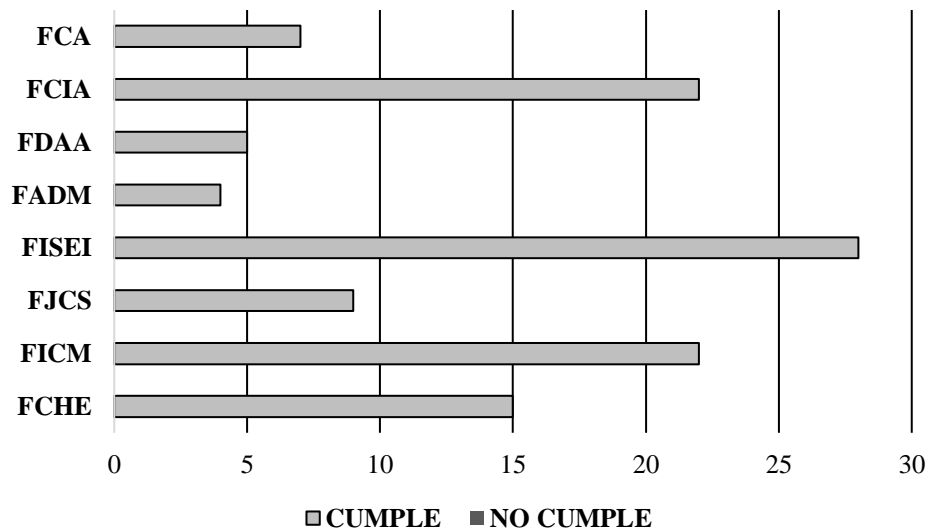


Figura 15. Cantidad de laboratorios que cumplen con los criterios de VOC establecido UNE 171330-2. Calidad ambiental en interiores. Parte 2. Procedimientos de inspección de calidad ambiental interior., agrupados por facultad. *FCA* = Facultad de Contabilidad y Auditoría, *FCIA* = Facultad de Alimentos, *FDAA* = Facultad de Diseño, *FADM* = Facultad de Administración, *FISEI* = Facultad de Ingeniería en Sistemas, *FJCS* = Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales, *FICM* = Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, *FCHE* = Facultad de Ciencias Humanas.

Figura 16. Cumplimiento del nivel de PM 2,5 en el interior de los laboratorios

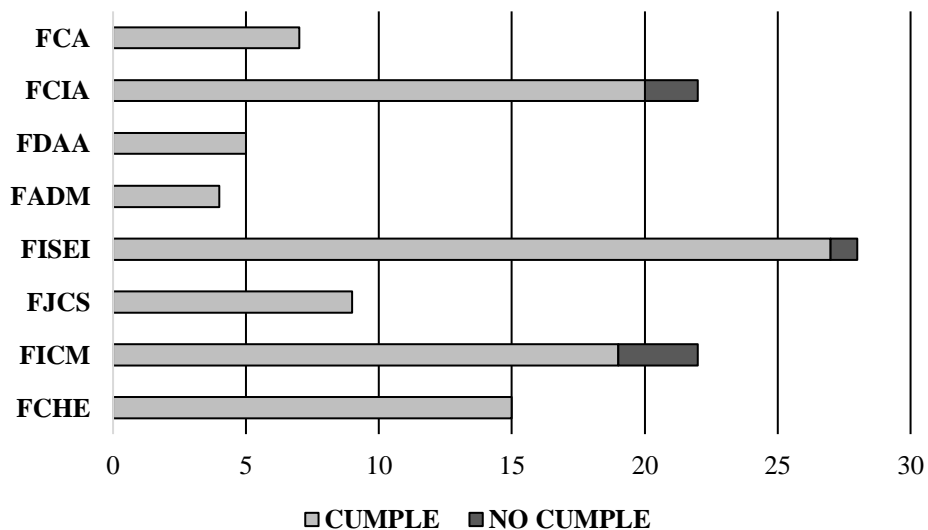


Figura 16. Cantidad de laboratorios que cumplen con los criterios de PM 2,5 establecido UNE 171330-2. Calidad ambiental en interiores. Parte 2. Procedimientos de inspección de calidad ambiental interior., agrupados por facultad. *FCA* = Facultad de Contabilidad y Auditoría, *FCIA* = Facultad de Alimentos, *FDAA* = Facultad de Diseño, *FADM* = Facultad de Administración, *FISEI* = Facultad de Ingeniería en Sistemas, *FJCS* = Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales, *FICM* = Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, *FCHE* = Facultad de Ciencias Humanas.

Figura 17. Resumen de los parámetros en función del cumplimiento por facultad

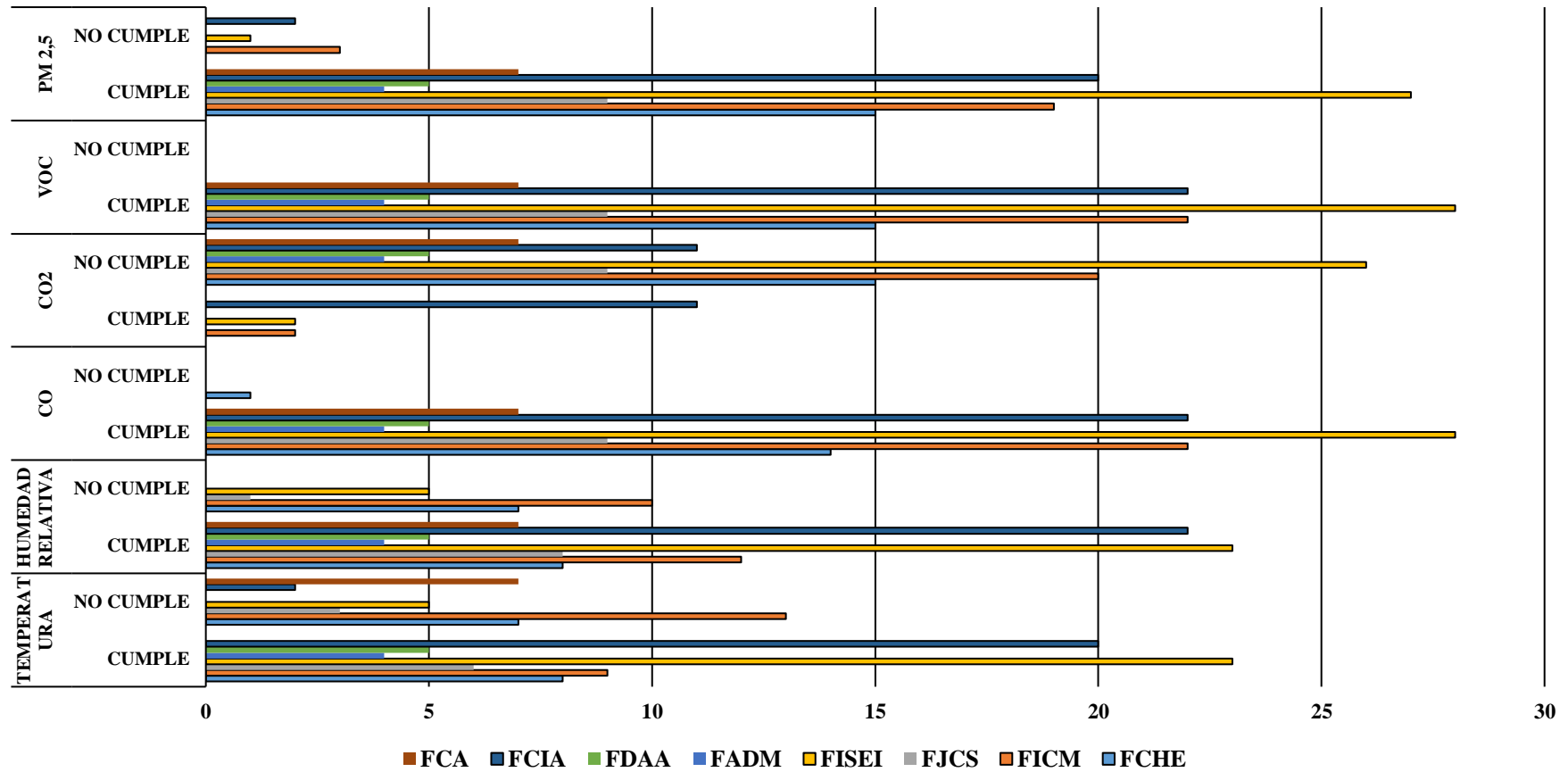


Figura 17. Cantidad de laboratorios que cumplen con los criterios establecidos en UNE 171330-2. Calidad ambiental en interiores. Parte 2. Procedimientos de inspección de calidad ambiental interior., agrupados por facultad. *FCA* = Facultad de Contabilidad y Auditoría, *FCIA* = Facultad de Alimentos, *FDAA* = Facultad de Diseño, *FADM* = Facultad de Administración, *FISEI* = Facultad de Ingeniería en Sistemas, *FJCS* = Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales, *FICM* = Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, *FCHE* = Facultad de Ciencias Humanas.

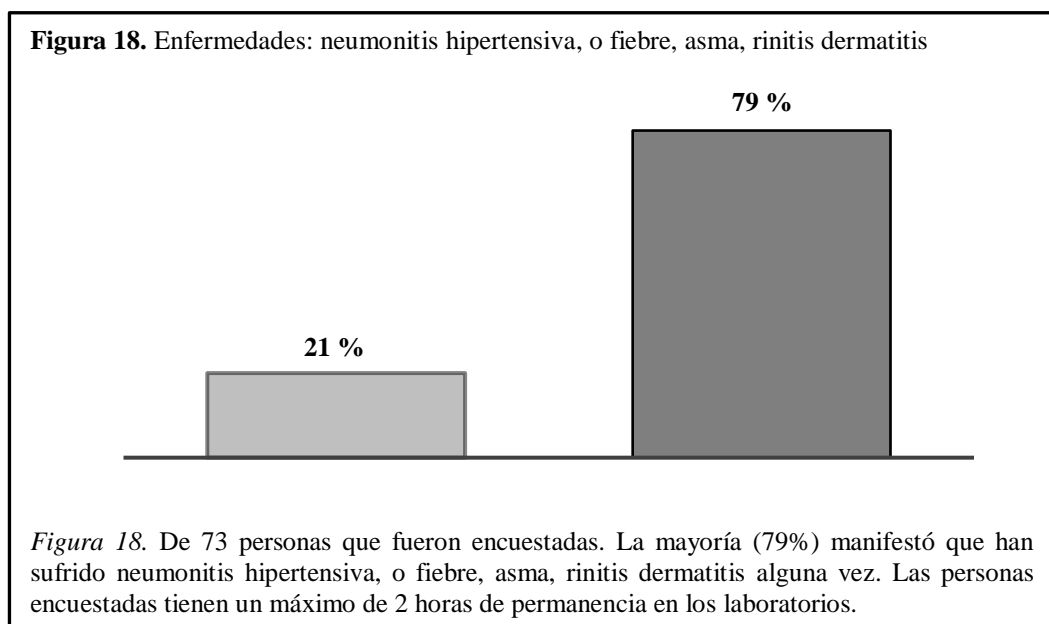
Discusión de resultados

La cuarta parte de los laboratorios de instituciones de educación superior no cumple con los criterios de CO₂, confort respecto a la temperatura y humedad relativa de modo que puede considerarse estos espacios no tienen una ventilación adecuada. Las concentraciones de CO, PM_{2.5} y VOC cuantificadas en los laboratorios de instituciones de educación superior no superan los criterios de referencia por lo que la calidad del aire en general fue buena, exceptuándose los laboratorios destinados al uso de carreras de ingeniería mecánica, industrial y gastronomía los cuales presentan un nivel de PM_{2,5} que sobrepasa los valores límites de confort permitidos.

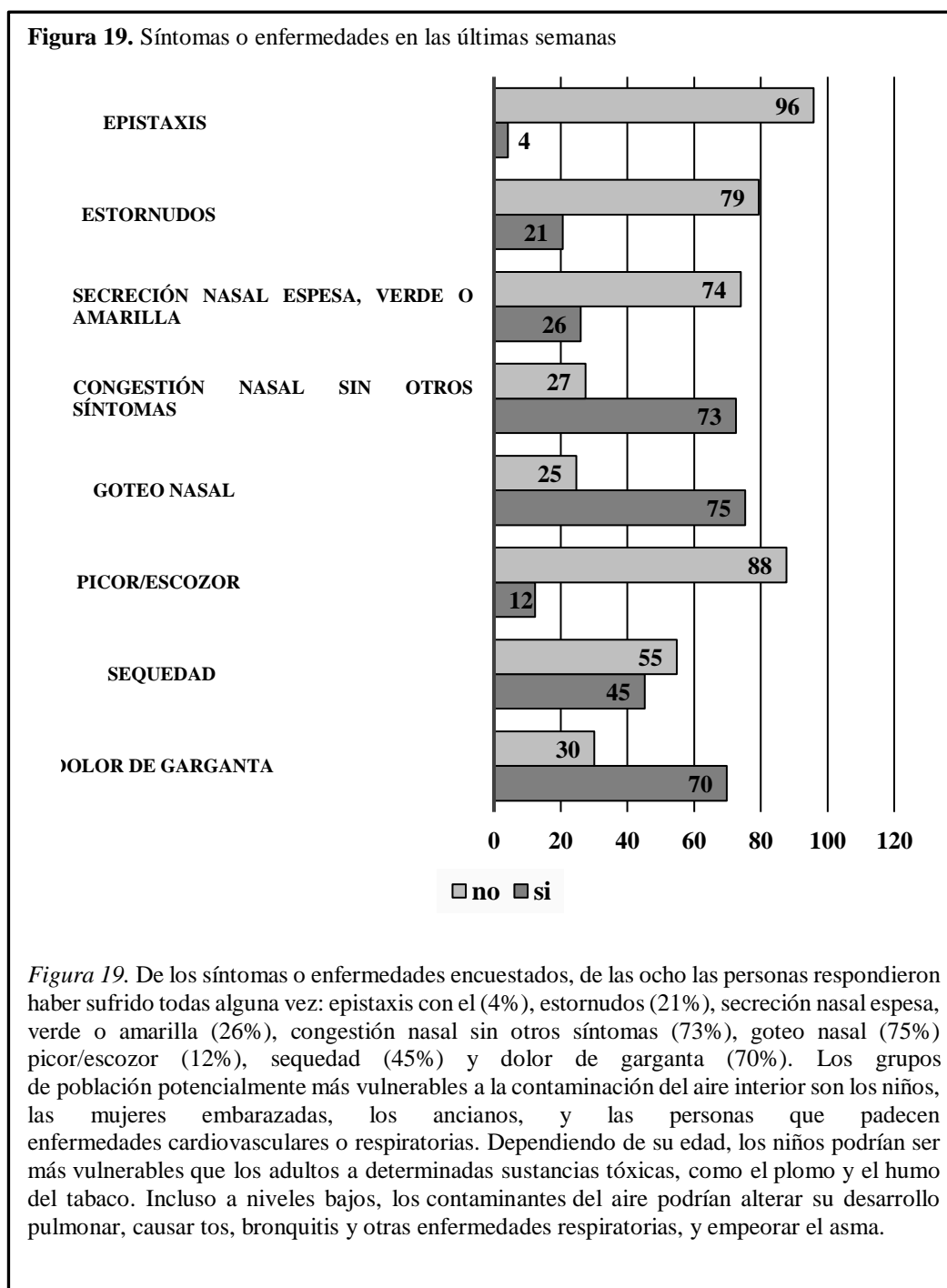
Encuesta

A fin de establecer la relación entre los resultados obtenidos y la percepción y efectos a la salud de la población que ocupa los diferentes laboratorios, a continuación, se presentan los datos obtenidos de la encuesta (Anexo 3) aplicadas en relación al número de la muestra establecida en el capítulo III, las encuestas fueron aplicadas entre los 74 laboratorios del campus Huachi. Para la elaboración de la encuesta se tomó como referencia la guía técnica NTP 421 "Test de salud total" de Langner-Amiel: su aplicación en el contexto laboral

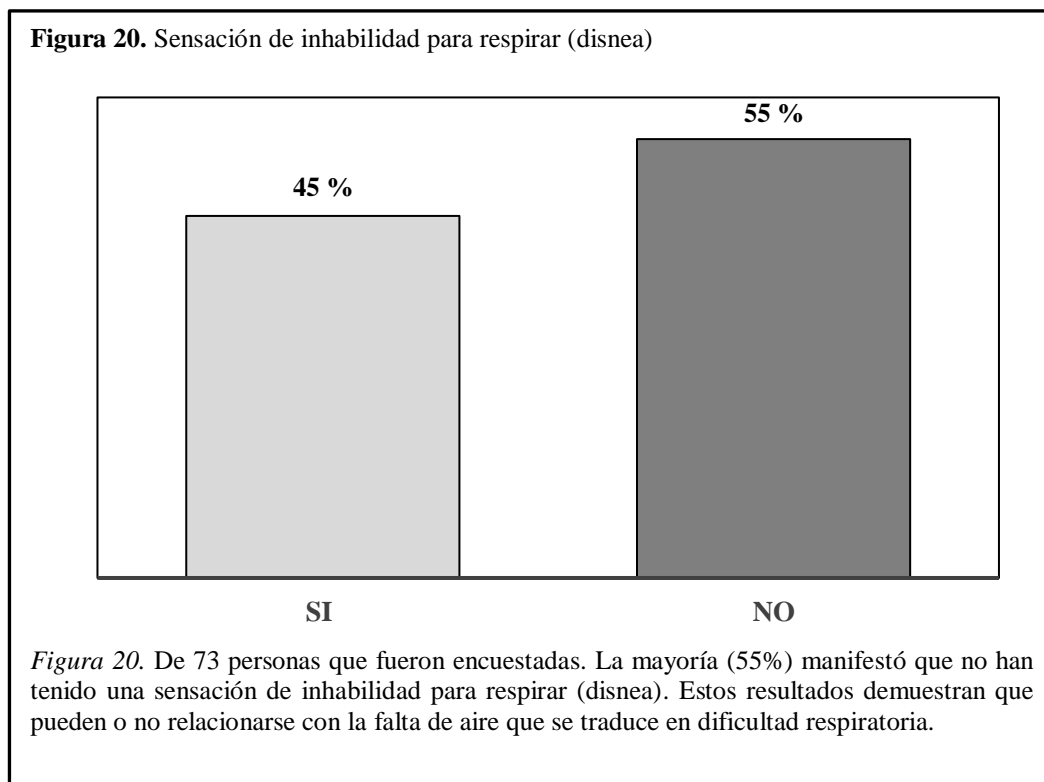
Pregunta 1. ¿Ha tenido usted alguna enfermedad como neumonitis hipertensiva, o fiebre, asma, rinitis dermatitis?



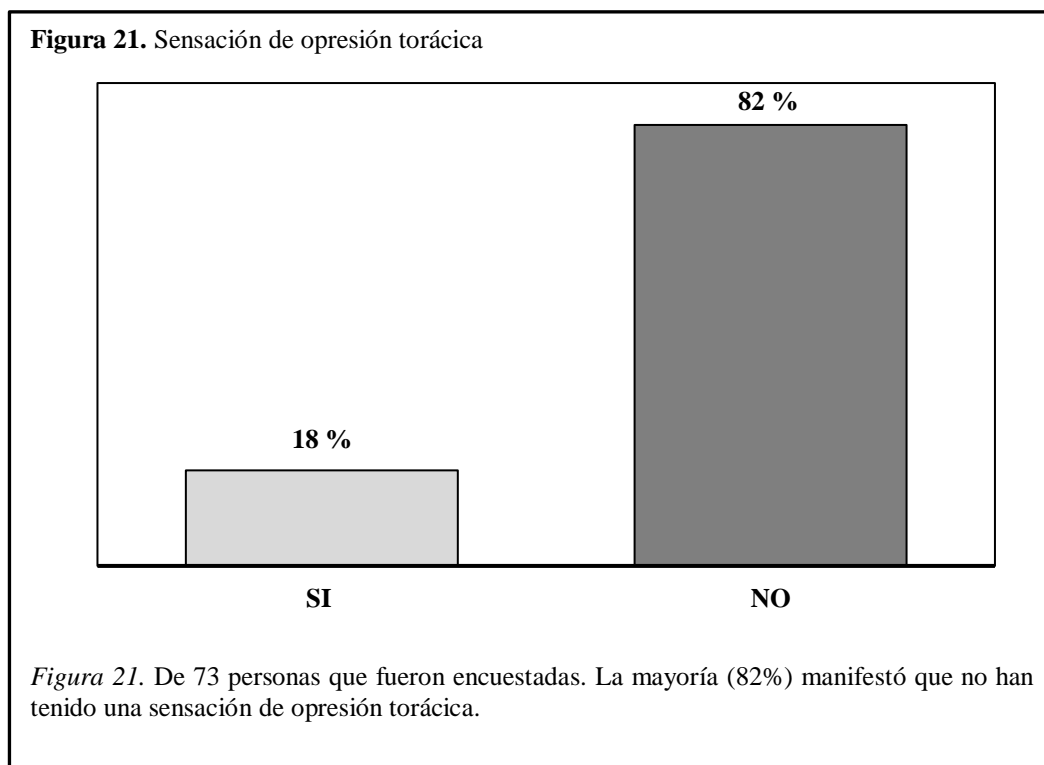
Pregunta 2. ¿Ha tenido usted alguno de los siguientes síntomas o enfermedades en las últimas semanas?



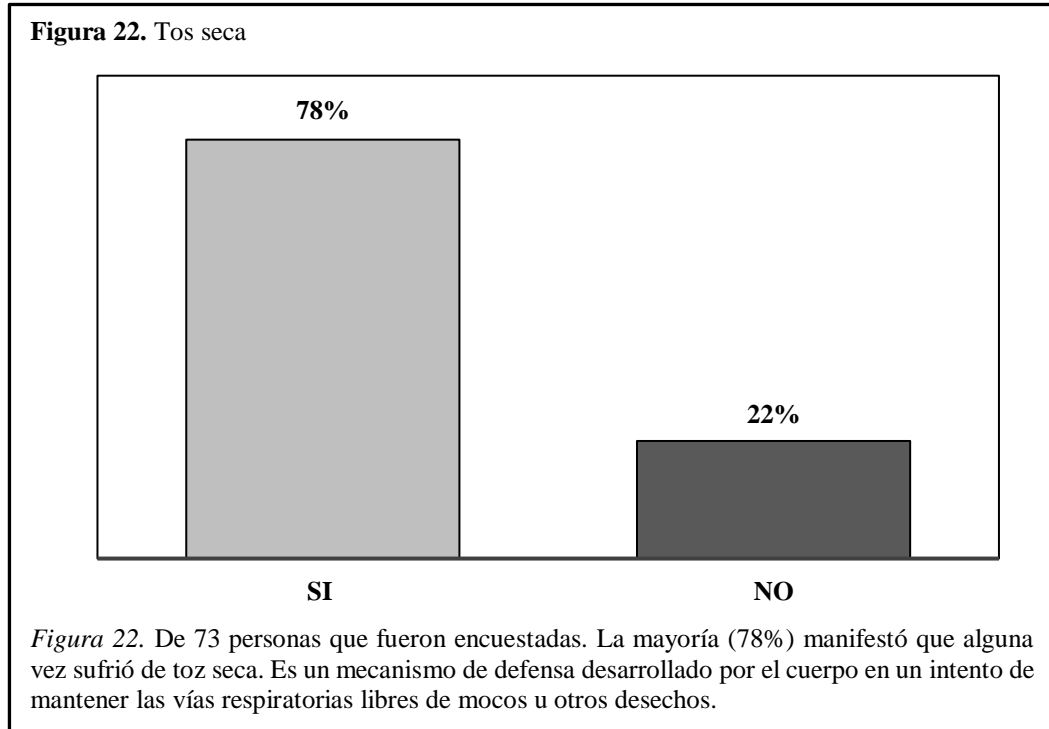
Pregunta 3.- ¿Ha tenido usted una sensación de inhabilidad para respirar (disnea)?



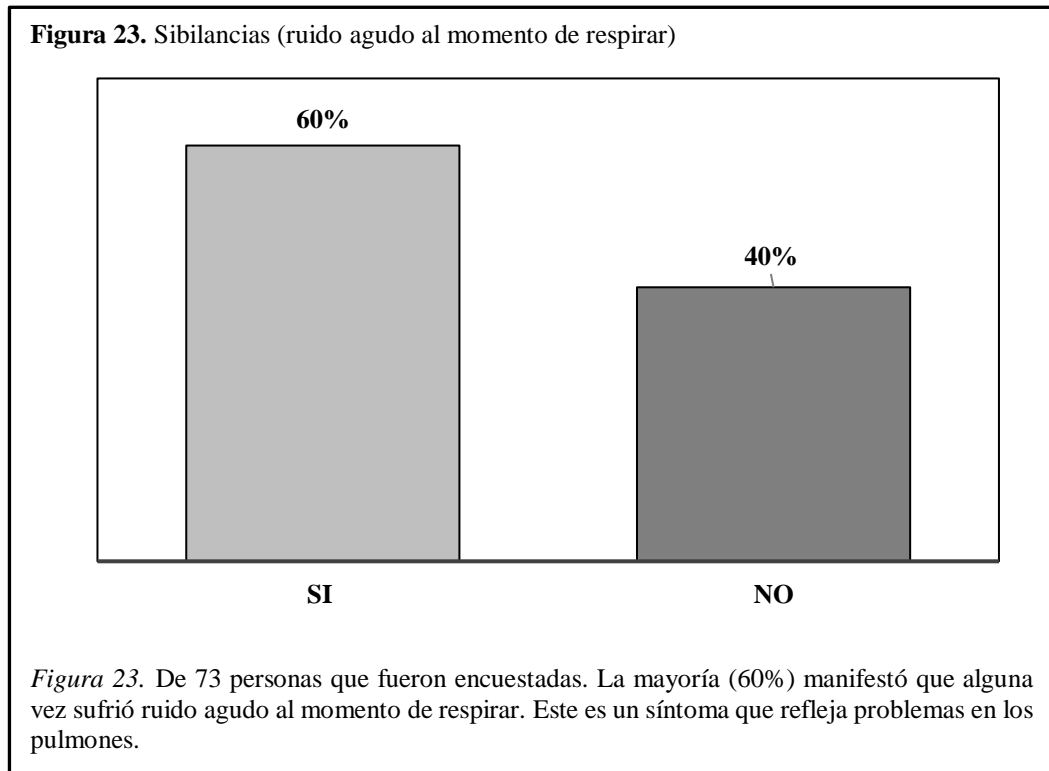
Pregunta 4.- ¿Ha tenido usted la sensación de opresión torácica?



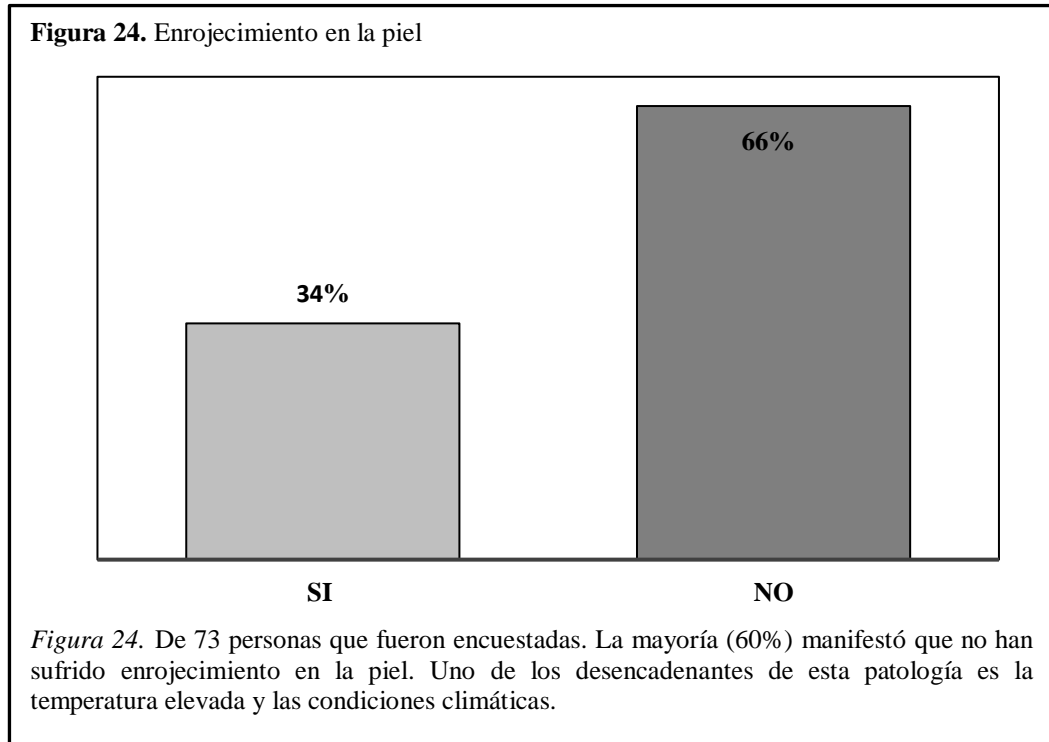
Pregunta 5.- ¿Ha tenido usted tos seca?



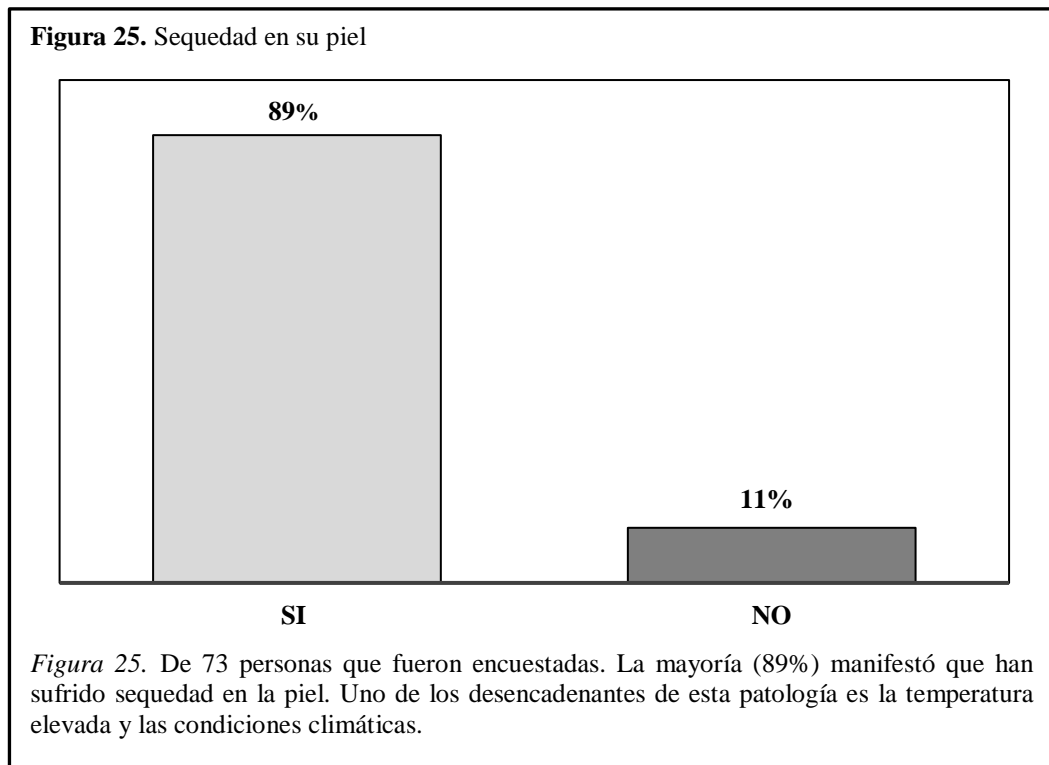
Pregunta 6.- ¿Ha tenido usted sibilancias (ruido agudo al momento de respirar)?



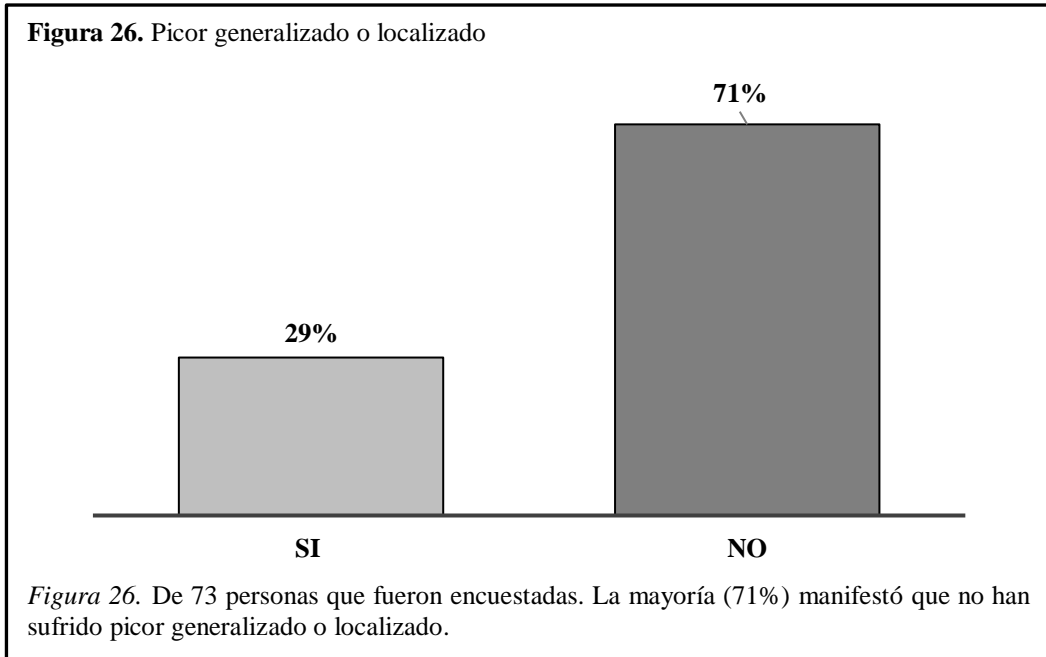
Pregunta 7.- ¿Ha tenido usted enrojecimiento en la piel?



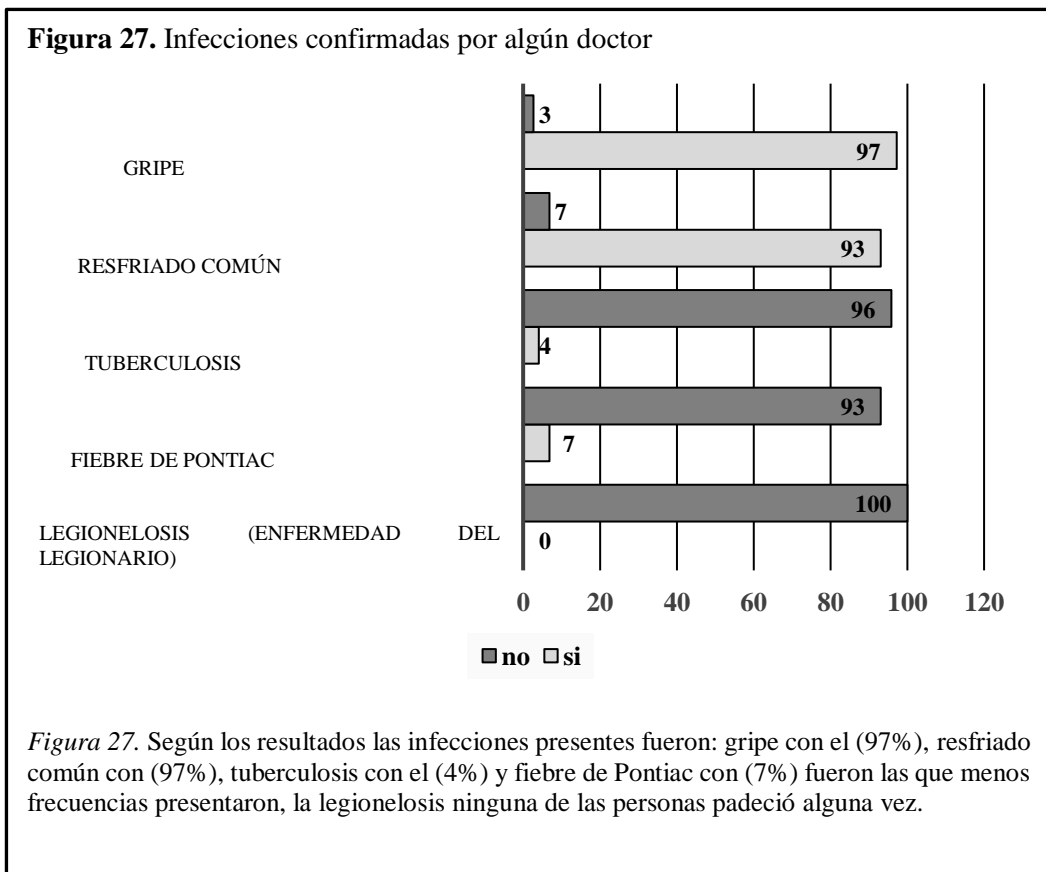
Pregunta 8.- ¿Ha tenido usted sequedad en su piel?



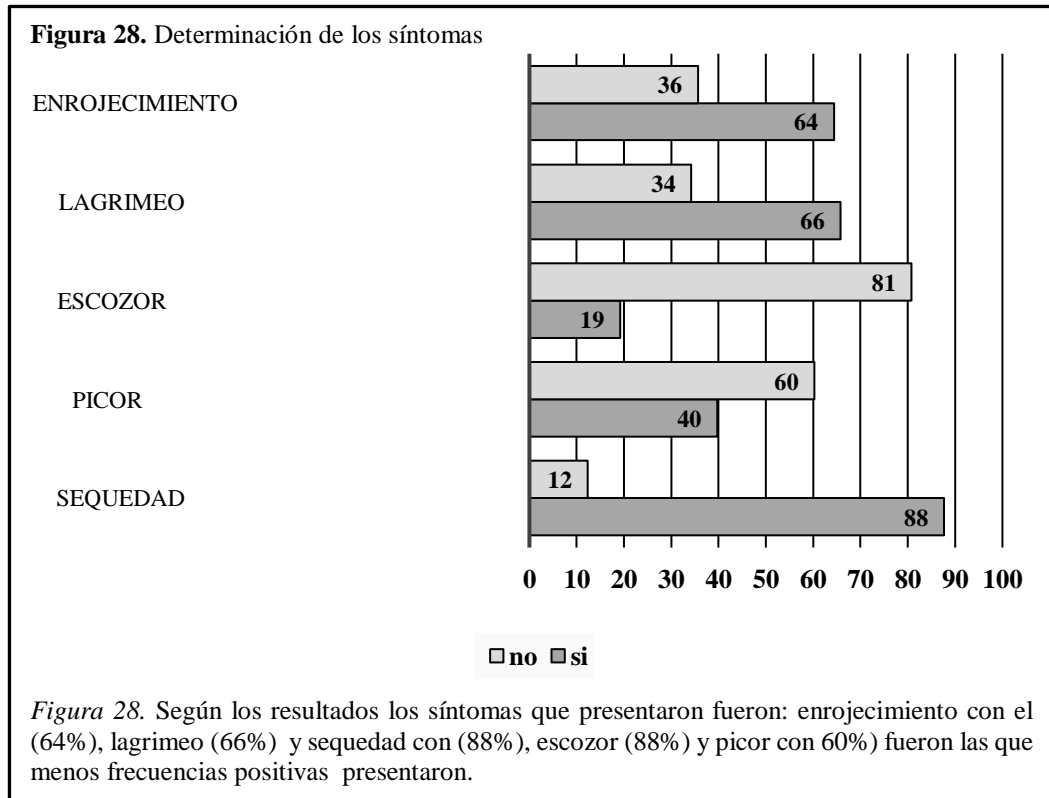
Pregunta 9.- ¿Ha tenido usted picor generalizado o localizado?



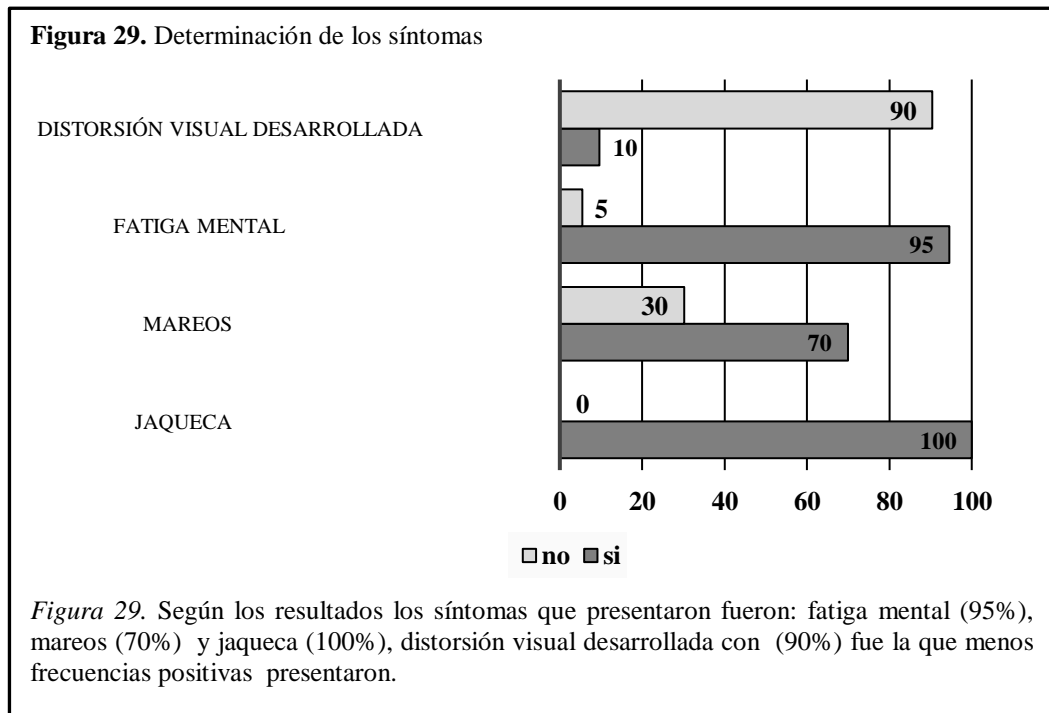
Pregunta 10.- ¿Ha tenido algunas de las siguientes infecciones confirmadas por algún doctor?



Pregunta 11- ¿Ha tenido usted alguno de los siguientes síntomas?



Pregunta 12.- ¿Ha tenido usted algunos de los siguientes síntomas?



De los resultados obtenidos en las interrogantes realizadas a la población en estudio se determina que el 71% de la población ha presentado alguna molestia o afección a su salud relacionadas con la calidad del aire interior, y acorde a la Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo cuando más del 20 % de los ocupantes de un edificio se quejan de la calidad del aire o presentan síntomas claros se puede afirmar que existe el fenómeno conocido como síndrome del edificio enfermo. Se manifiesta en diversos problemas físicos y ambientales asociados a interiores no industriales. Los casos de síndrome del edificio enfermo suelen ir acompañados de las características siguientes: las personas afectadas presentan síntomas indeterminados, similares a los del resfriado común o a los de las enfermedades respiratorias; en edificios donde los ocupantes no pueden controlar la temperatura, la humedad ni la iluminación de su lugar de trabajo.

4.3 Verificación de la hipótesis

4.3.1 Planteamiento de la hipótesis monóxido de carbono

Hipótesis nula: No existe relación entre la contaminación por monóxido de carbono y la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior.

Hipótesis alterna: Existe relación entre la contaminación por monóxido de carbono y la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior.

Tabla 22. Tabla cruzada para el monóxido de carbono

		Enfermedades o molestias a la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior		
		SI	NO	Total
Contaminación por monóxido de carbono ^a	Cumple los criterios acordes a UNE 171330-2	30	41	71
	No cumple los criterios acordes a UNE 171330-2	0	2	2
Total		30	43	73

Nota: En la tabla se ilustra los 73 valores del cuestionario aplicado a la muestra en estudio. En este experimento se controló todas las variables que afectan a los resultados.

^a En la aplicación del diseño experimental se trató de controlar y cuantificar todos los factores externos (variables exógenas) que pueden influir en la variable de respuesta.

En la siguiente tabla se indica la tabla de la aplicación de Chi Cuadrado de Pearson para el diseño experimental que se plantea.

Tabla 23. Pruebas de chi-cuadrado para el monóxido de carbono

	Valor	Df	Significación asintótica (bilateral)	Significación exacta (bilateral)	Significación exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	1,435 ^a	1	0,231		
Corrección de continuidad ^b	0,220	1	0,639		
Razón de verosimilitud	2,156	1	0,142		
Prueba exacta de Fisher				0,509	0,344*
Asociación lineal por lineal	1,415	1	0,234		
N de casos válidos	73				

Nota: Se presentan los estadísticos descriptivos para cada uno de los niveles de la variable independiente, así como para el total de la muestra. Se comprueba que existe diferencia significativa estadística entre el promedio de los grupos. df: Grados de libertad.

^a 2 casillas (50,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 0,82.

^b Sólo se ha calculado para una tabla 2x2

*Se aplica un nivel de significancia = 0,05.

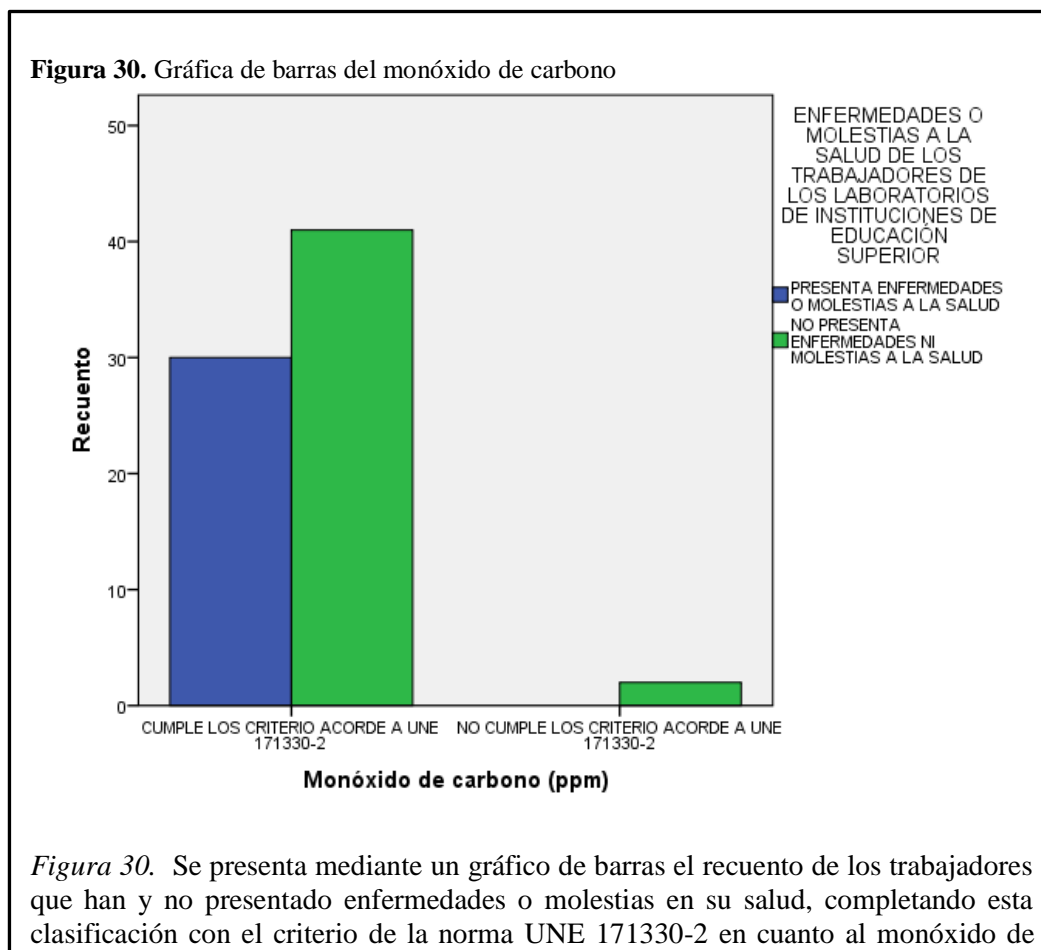


Figura 30. Se presenta mediante un gráfico de barras el recuento de los trabajadores que han y no presentado enfermedades o molestias en su salud, completando esta clasificación con el criterio de la norma UNE 171330-2 en cuanto al monóxido de

Decisión:

En el Chi cuadrado de Pearson el nivel de significancia es 0,344 mayor a 0.05, se acepta la hipótesis alterna **H0 “No existe relación entre la contaminación por monóxido de carbono y la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior.”** y se rechaza la hipótesis alterna H1.

4.3.2 Planteamiento de la hipótesis dióxido de carbono

Hipótesis nula: No existe relación entre la contaminación por dióxido de carbono y la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior.

Hipótesis alterna: Existe relación entre la contaminación por dióxido de carbono y la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior.

Tabla 24. Tabla cruzada para el dióxido de carbono

		Enfermedades o molestias a la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior		
		SI	NO	Total
Contaminación por dióxido de carbono ^a	Cumple los criterios acordados a UNE 171330-2	13	0	13
	No cumple los criterios acordados a UNE 171330-2	17	43	60
Total		30	43	73

Nota: En la tabla se ilustra los 73 valores del cuestionario aplicado a la muestra en estudio. En este experimento se controló todas las variables que afectan a los resultados.

^a En la aplicación del diseño experimental se trató de controlar y cuantificar todos los factores externos (variables exógenas) que pueden influir en la variable de respuesta.

En la siguiente tabla se indica la tabla de la aplicación de Chi Cuadrado de Pearson para el diseño experimental que se plantea.

Tabla 25. Pruebas de chi-cuadrado para el dióxido de carbono

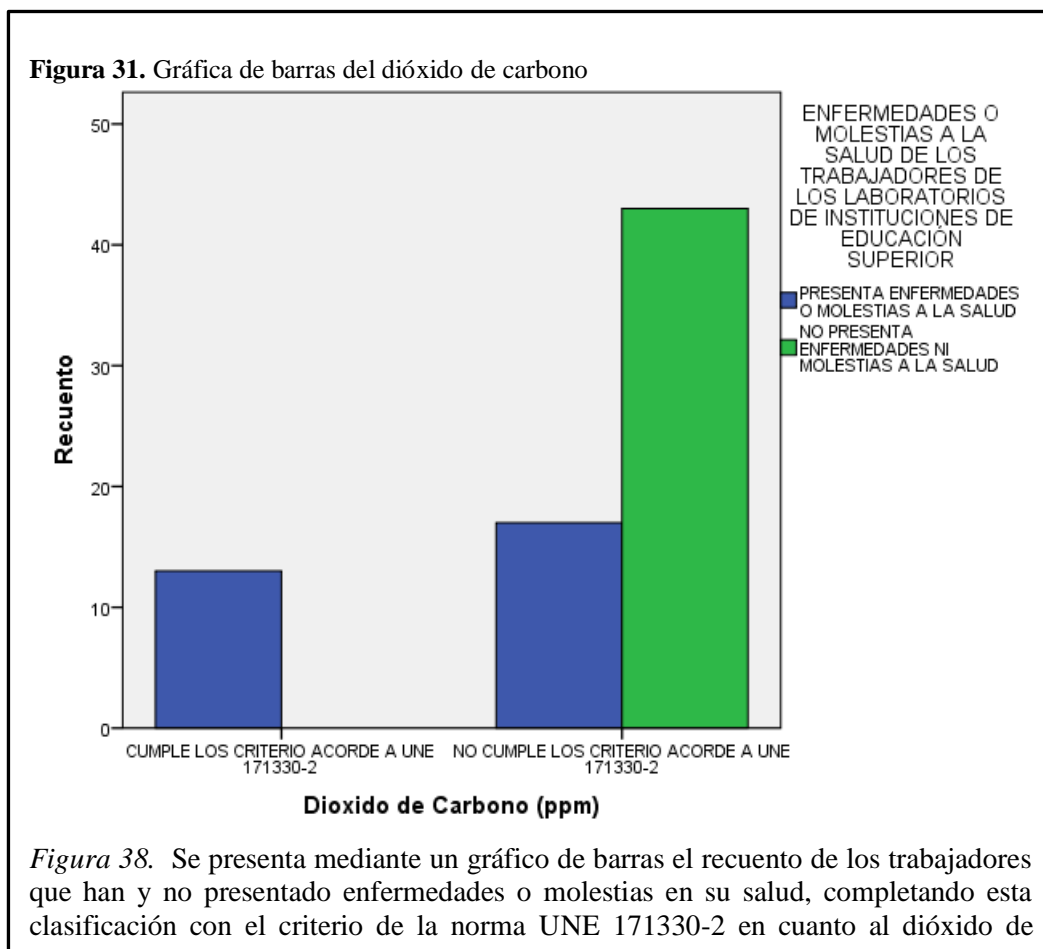
	Valor	Df	Significación asintótica (bilateral)	Significación exacta (bilateral)	Significación exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	22,671 ^a	1	0,000		
Corrección de continuidad ^b	19,807	1	0,000		
Razón de verosimilitud	27,343	1	0,000		
Prueba exacta de Fisher				0,000	0,001*
Asociación lineal por lineal	22,360	1	0,000		
N de casos válidos	73				

Nota: Se presentan los estadísticos descriptivos para cada uno de los niveles de la variable independiente, así como para el total de la muestra. Se comprueba que existe diferencia significativa estadística entre el promedio de los grupos. df: Grados de libertad.

^a 2 casillas (50,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 0,82.

^b Sólo se ha calculado para una tabla 2x2

*Se aplica un nivel de significancia = 0,05.



Decisión:

En el Chi cuadrado de Pearson el nivel de significancia es 0,001 menor a 0.05, se acepta la hipótesis alterna **H1 “Existe relación entre la contaminación por dióxido de carbono y la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior.”** y se rechaza la hipótesis nula H0.

4.3.3 Planteamiento de la hipótesis material particulado PM 2,5

Hipótesis nula: No existe relación entre el material particulado PM 2,5 y la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior.

Hipótesis alterna: Existe relación entre el material particulado PM 2,5 y la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior.

Tabla 26. Tabla cruzada para el material particulado PM 2,5

		Enfermedades o molestias a la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior		
		SI	NO	Total
Contaminación por material particulado PM2,5^a	Cumple los criterios acordes a UNE 171330-2	30	36	66
	No cumple los criterios acordes a UNE 171330-2	0	7	7
Total		30	43	73

Nota: En la tabla se ilustra los 73 valores del cuestionario aplicado a la muestra en estudio. En este experimento se controló todas las variables que afectan a los resultados.

^a En la aplicación del diseño experimental se trató de controlar y cuantificar todos los factores externos (variables exógenas) que pueden influir en la variable de respuesta.

En la siguiente tabla se indica la tabla de la aplicación de Chi Cuadrado de Pearson para el diseño experimental que se plantea.

Tabla 27. Pruebas de chi-cuadrado para el material particulado PM 2,5

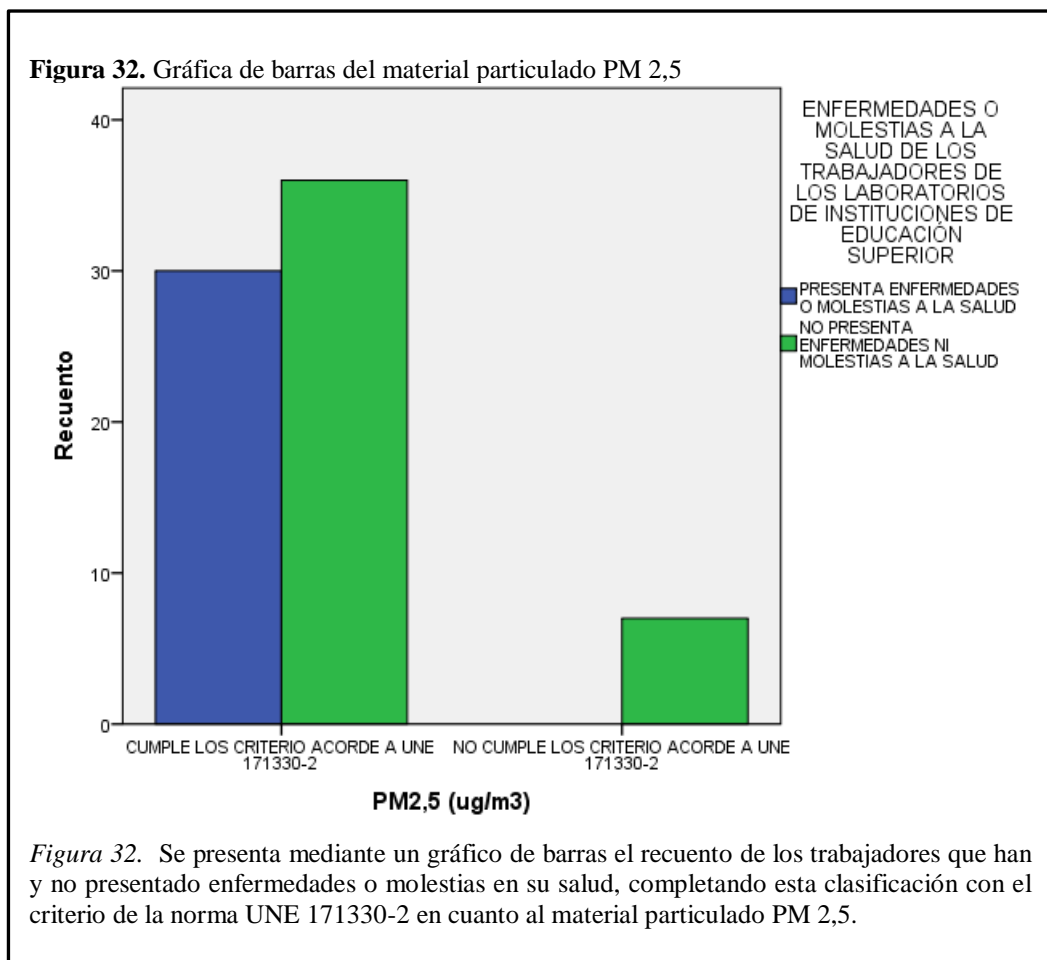
	Valor	Df	Significación asintótica (bilateral)	Significación exacta (bilateral)	Significación exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	5,402 ^a	1	0,020		
Corrección de continuidad ^b	3,687	1	0,055		
Razón de verosimilitud	7,923	1	0,005		
Prueba exacta de Fisher				0,037	0,020*
Asociación lineal por lineal	5,328	1	0,021		
N de casos válidos	73				

Nota: Se presentan los estadísticos descriptivos para cada uno de los niveles de la variable independiente, así como para el total de la muestra. Se comprueba que existe diferencia significativa estadística entre el promedio de los grupos. df: Grados de libertad.

^a 2 casillas (50,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 0,82.

^b Sólo se ha calculado para una tabla 2x2.

*Se aplica un nivel de significancia = 0,05.



Decisión:

En el Chi cuadrado de Pearson el nivel de significancia es 0,020 menor a 0,05, se acepta la hipótesis alterna **H1 “Existe relación el material particulado PM 2,5 y la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior.”** y se rechaza la hipótesis nula H0.

Planteamiento de la hipótesis temperatura interna del laboratorio

Hipótesis nula: No existe relación entre la temperatura interna y la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior.

Hipótesis alterna: Existe relación entre la temperatura interna y la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior.

Tabla 28. Tabla cruzada para la temperatura interna del laboratorio

		Enfermedades o molestias a la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior		
		SI	NO	Total
Temperatura interna del laboratorio ^a	Cumple los criterios acordes a UNE 171330-2	30	23	66
	No cumple los criterios acordes a UNE 171330-2	0	20	7
Total		30	23	73

Nota: En la tabla se ilustra los 73 valores del cuestionario aplicado a la muestra en estudio. En este experimento se controló todas las variables que afectan a los resultados.

^a En la aplicación del diseño experimental se trató de controlar y cuantificar todos los factores externos (variables exógenas) que pueden influir en la variable de respuesta.

En la siguiente tabla se indica la tabla de la aplicación de Chi Cuadrado de Pearson para el diseño experimental que se plantea.

Tabla 29. Pruebas de chi-cuadrado para la temperatura interna de laboratorio.

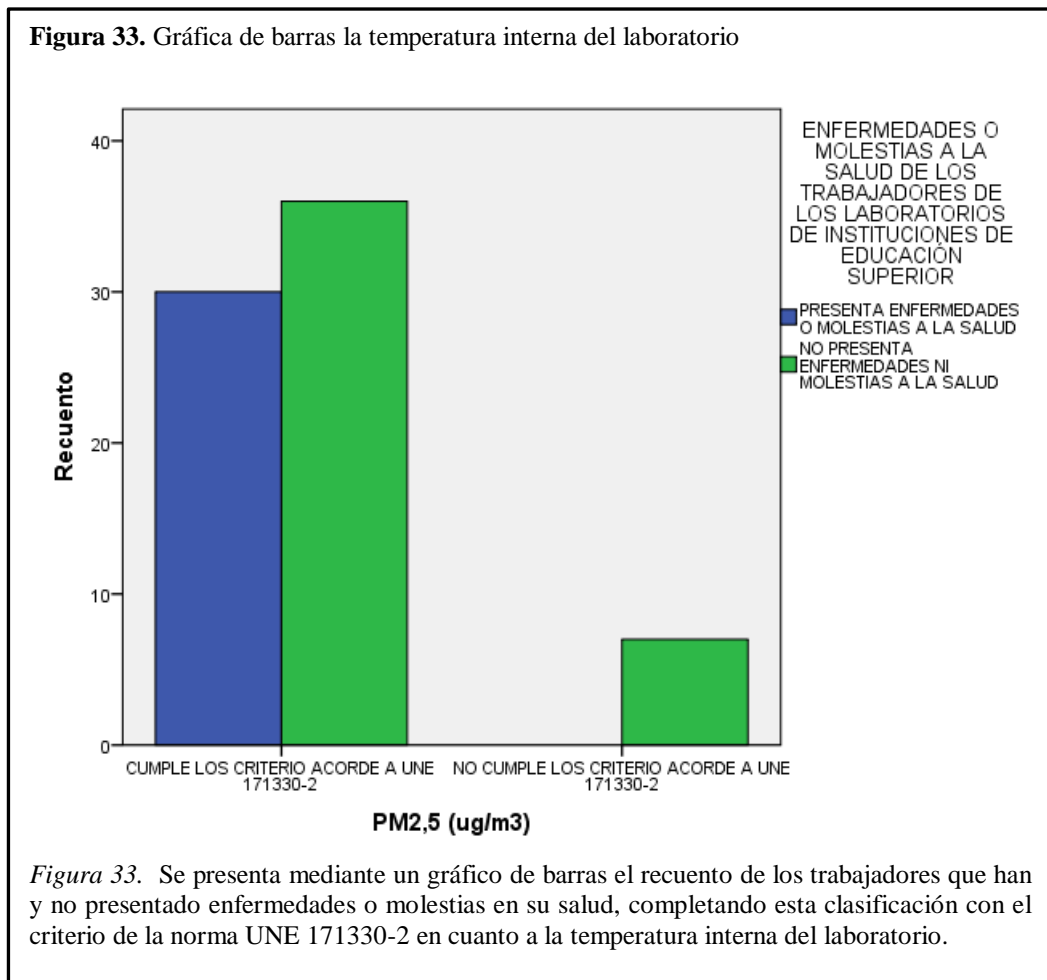
	Valor	Df	Significación asintótica (bilateral)	Significación exacta (bilateral)	Significación exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	19,219 ^a	1	0,000		
Corrección de continuidad ^b	16,952	1	0,000		
Razón de verosimilitud	26,326	1	0,000		
Prueba exacta de Fisher				0,000	0,001*
Asociación lineal por lineal	18,956	1	0,000		
N de casos válidos	73				

Nota: Se presentan los estadísticos descriptivos para cada uno de los niveles de la variable independiente, así como para el total de la muestra. Se comprueba que existe diferencia significativa estadística entre el promedio de los grupos. df: Grados de libertad.

^a 2 casillas (50,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 8,22.

^b Sólo se ha calculado para una tabla 2x2

*Se aplica un nivel de significancia = 0,05.



Decisión:

En el Chi cuadrado de Pearson el nivel de significancia es 0,001 menor a 0,05, se acepta la hipótesis alterna **H1 “Existe relación entre la temperatura interna y la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior”** y se rechaza la hipótesis nula H0.

4.3.4 Hipótesis de la humedad relativa interna

Hipótesis nula: No existe relación entre la humedad interna y la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior.

Hipótesis alterna: Existe relación entre la humedad interna y la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior.

Tabla 30. Tabla cruzada para la humedad relativa del laboratorio

		Enfermedades o molestias a la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior		
		SI	NO	Total
Humedad relativa del laboratorio ^a	Cumple los criterios acordes a UNE 171330-2	30	0	30
	No cumple los criterios acordes a UNE 171330-2	27	16	43
Total		57	16	73

Nota: En la tabla se ilustra los 73 valores del cuestionario aplicado a la muestra en estudio. En este experimento se controló todas las variables que afectan a los resultados.

^a En la aplicación del diseño experimental se trató de controlar y cuantificar todos los factores externos (variables exógenas) que pueden influir en la variable de respuesta.

En la siguiente tabla se indica la tabla de la aplicación de Chi Cuadrado de Pearson para el diseño experimental que se plantea.

Tabla 31. Pruebas de chi-cuadrado para la humedad relativa del laboratorio

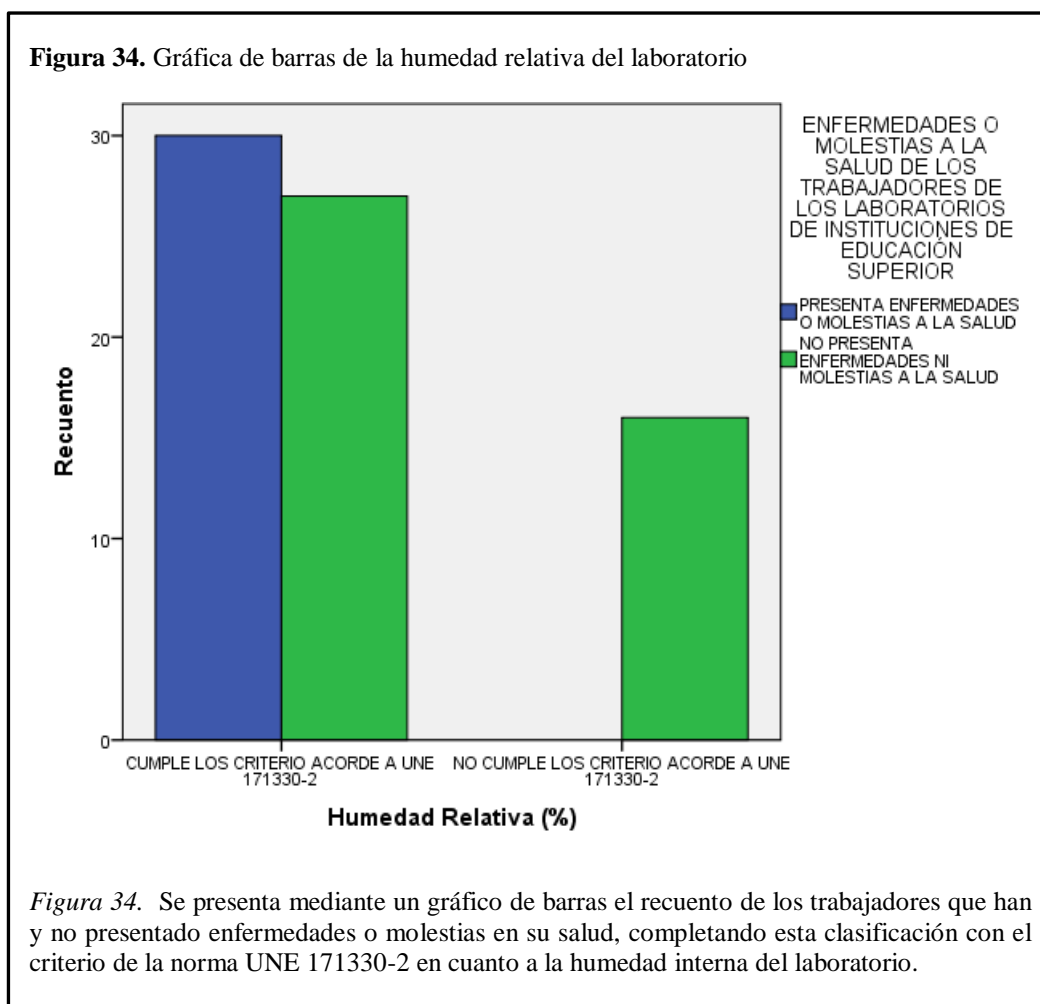
	Valor	Df	Significación asintótica (bilateral)	Significación exacta (bilateral)	Significación exacta (unilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	14,296 ^a	1	0,000		
Corrección de continuidad ^b	12,205	1	0,000		
Razón de verosimilitud	20,011	1	0,000		
Prueba exacta de Fisher				0,000	0,001*
Asociación lineal por lineal	14,100	1	0,000		
N de casos válidos	73				

Nota: Se presentan los estadísticos descriptivos para cada uno de los niveles de la variable independiente, así como para el total de la muestra. Se comprueba que existe diferencia significativa estadística entre el promedio de los grupos. df: Grados de libertad.

^a 2 casillas (50,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 8,22.

^b Sólo se ha calculado para una tabla 2x2

*Se aplica un nivel de significancia = 0,05.



Decisión:

En el Chi cuadrado de Pearson el nivel de significancia es 0,001 menor a 0,05, se acepta la hipótesis alterna **H1 “Existe relación entre la humedad relativa y la salud de los trabajadores de los laboratorios de instituciones de educación superior”** y se rechaza la hipótesis nula H0.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La hipótesis general de la investigación demuestra que existe relación entre la contaminación por dióxido de carbono, material particulado PM 2.5 temperatura y humedad relativa en la salud de los trabajadores de los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato, el único parámetro que no tiene relación directa con salud es el monóxido de carbono.
- En general un alto porcentaje de laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato no cumple con los valores recomendados por la norma UNE 171330-2 para algunos contaminantes químicos y confort térmico en ambientes interiores, (97 de 112) laboratorios no cumple en cuanto a los valores de CO₂, temperatura interior (37 de 112), humedad relativa (23 de 112), material particulado (6 de 112) y (1 de 112) en cuanto al CO; el único valor de cumplimiento es el VOC que en ninguno de los laboratorios sobrepasa el valor de norma.
- Luego de evaluación de los parámetros de calidad del aire interior en los 112 laboratorios de Universidad Técnica de Ambato se concluye que: el 86,61% de los laboratorios no cumplen con los niveles de concentración de CO₂, el 33,04% no cumplen en la temperatura interior, 20,53% en la humedad relativa, el 5,35% en el material particulado PM 2,5 y 0,90% en el monóxido de carbono.
- Luego de analizar los datos primarios del problema se establece la prevalencia que tiene el CO₂ en relación a las otras encontradas, el resultado revelo que en aproximadamente el 86,61% de los laboratorios no cumplen con la norma, siendo importante tener en cuenta este valor para una propuesta en cuanto a un sistema de ventilación.

- Las mediciones de la calidad de aire fueron tomadas en los laboratorios de donde se verificó que 20 de los 112 laboratorios (17.8%) están equipados con unidades de aire acondicionado para renovación de aire en el interior.
- Una vez evaluados los contaminantes químicos en el aire interior de los laboratorios de instituciones de educación superior se establece la existencia de un bajo nivel de calidad del aire interior en estos establecimientos el cual incide en las afectaciones a la salud sus ocupantes.
- De la medición de los laboratorios de instituciones de educación superior la concentración de dióxido de carbono (CO₂), comparada con los límites de umbral establecidos se verificó que sobrepasan el valor límite establecido de confort de 500 ppm, de los laboratorios que sobrepasan se cabe indicar que son los destinados al uso de carreras de ingeniería mecánica, industrial y gastronomía, estos presentan un nivel de CO₂ que no solo sobrepasa el criterio de confort establecido, sino también el valor límite máximo permitido de 2500 ppm.
- Acorde a los resultados cuantificados de las concentraciones de contaminantes químicos que inciden en la calidad del aire interior de los laboratorios en estudio y de las respuestas obtenidas en la encuesta planteada a las personas que ocupan esos espacios, se determina que al tener más del 70% de personas que presentan síntomas claros de molestia o afección a su salud relacionadas con la calidad del aire interior.

5.2 Recomendaciones

- Luego de la identificación, medición y evaluación de los contaminantes químicos presentes en los laboratorios, es necesario desarrollar una propuesta técnica para controlar y eliminar los contaminantes en el aire interior, adicional, las condiciones de temperatura y humedad.
- Al realizar el análisis de las características de las instalaciones en estudio se determina que las altas concentraciones de contaminantes químicos detectadas se deben principalmente a una deficiente e inadecuada ventilación, volumen insuficiente de aire en recirculación, además de ausencia de sistemas de filtración o mal diseños de los mismos, por lo cual se recomienda realizar el diseño de un sistema de ventilación para un laboratorio promedio.
- En los lugares de estudio se ha determinado también que existen sitios de ventilación mal ubicados, esto genera que se tengan zonas sin ventilación, por lo cual, reubicarlos en lugares donde se aumente su eficiencia ayudaría a obtener una ventilación adecuada en el interior.
- Los pocos sistemas de ventilación existentes en los laboratorios deben ser sometidos a un periodo de mantenimiento continuo ya que las altas concentraciones cuantificadas también se deben al nulo o inadecuado mantenimiento de los sistemas de ventilación y filtración, para lo cual se deberá elaborar un plan de mantenimiento para este tipo de dispositivos.
- Evaluar periódicamente el estado de salud de los trabajadores determinado síntomas relacionados con la calidad de aire interior, que ayuden a establecer protocolos en conjunto con un programa de salud planificado ayudando a prevenir efectos en su salud de los trabajadores de los laboratorios de educación superior.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1. Tema

“Diseño y simulación de un sistema de ventilación natural para un laboratorio promedio de instituciones de educación superior”

6.2 Datos informativos

Institución ejecutora: Universidad Técnica de Ambato – Maestría en Seguridad e Higiene Industrial y Ambiental.

Ubicación: Av. de Los Chasquis, Ambato Campus Huachi.

Beneficiarios: Trabajadores de los laboratorios de Universidad Técnica de Ambato.

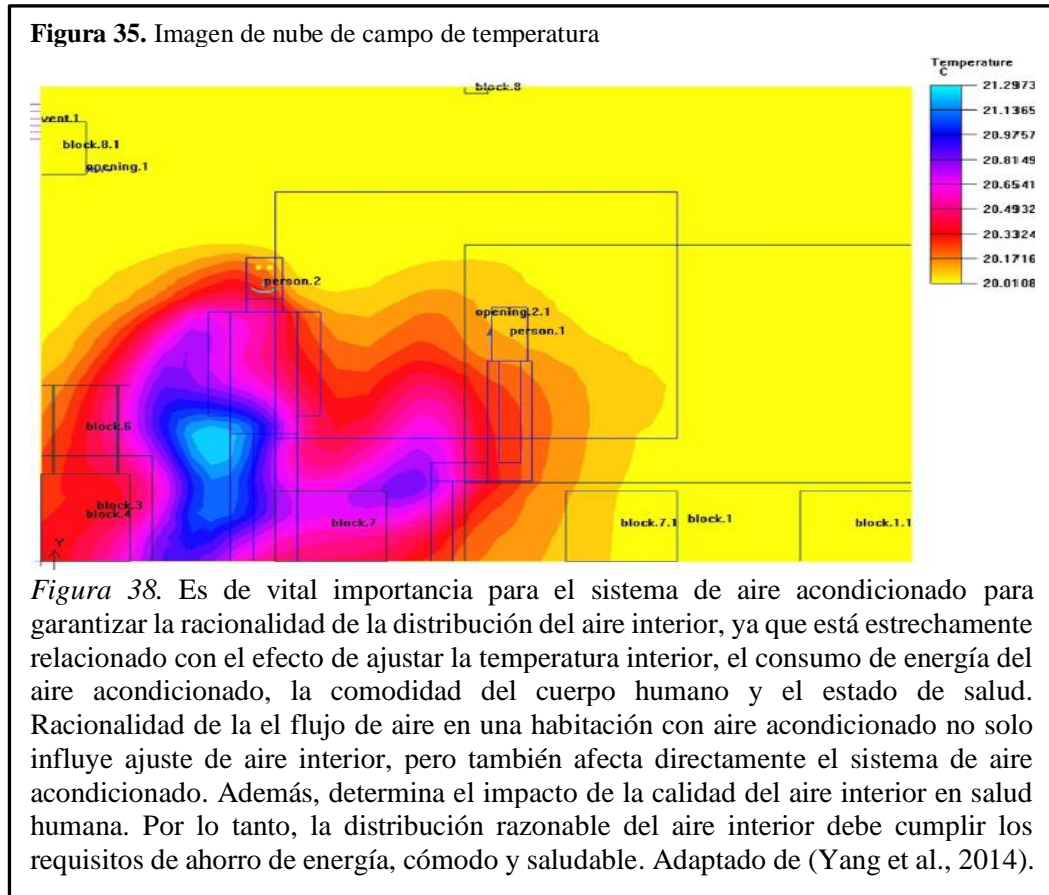
Equipo técnico responsables: Investigador y Tutor.

6.3 Antecedentes de la propuesta

Sistemas de climatización y aire acondicionado (HVAC)

La distribución de la temperatura en ambientes interiores es generada por fuentes de calor tales como sistemas de calefacción ocupantes. Los equipos electrónicos y la radiación solar en las superficies interiores pueden afectar el confort térmico de los ocupantes. Además, en los espacios de construcción más altos la estratificación de la temperatura se puede considerar como uno de los principales problemas para proporcionar confort térmico en los espacios adyacentes inferior y superior. Este fenómeno también afecta la calidad del aire interior que puede evaluarse por la edad del aire local (Sandberg & Sjöberg, 1983).

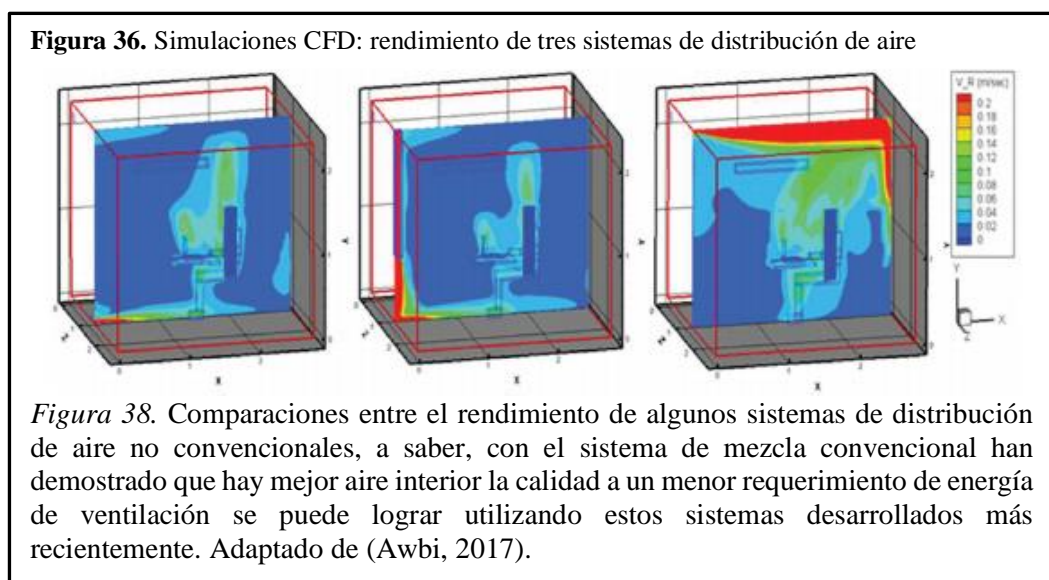
Por lo tanto, el conocimiento de la estratificación de la temperatura en los espacios de construcción es necesario para mejorar el confort térmico de los ocupantes y calidad del aire interior. Este es especialmente el caso cuando la ventilación forzada, llamada ventilación mecánica, es incorporada en el diseño de una edificación. De este modo de ventilación puede purgar eficazmente el exceso de calor y los contaminantes desde espacios interiores (Wang et al., 2014).



Hoy en día las personas dependen excesivamente del aire acondicionado para crear un ambiente interior cómodo, pero podría causar algunos problemas de salud a largo plazo. En este trabajo, campo de velocidad del viento, campo de temperatura y edad del aire campo en un dormitorio con aire acondicionado de pared funcionando en verano se analizan mediante CFD simulación numérica tecnología. Los resultados muestran que el sistema de aire acondicionado colgante puede realizar la carga de calor interior y conducir un buen confort térmico interior. En términos de velocidad del viento, velocidad del aire en el área de actividad, la mayoría de los cuales no pueden sentir el flujo del viento y cumplir con el requisito de confort de verano en

el interior. Sin embargo, para la calidad del aire, hay áreas locales sin ventilación y gases tóxicos que no se descargan a tiempo. Por lo tanto, es necesario tomar medidas efectivas para mejorar la calidad del aire. Comparado con la medición tradicional método, el software CFD tiene muchas ventajas en simular el ambiente interior, por lo que es esperanzador para los humanos cree un entorno de vida más cómodo y saludable mediante CFD en el futuro (Yang, Ye, & he, 2014).

A nivel mundial las nuevas directivas y legislaciones sobre eficiencia energética en Europa y en otros lugares, el componente de ventilación de la energía el uso en edificios ha aumentado en relación con el consumo total de energía. Al mismo tiempo, la calidad del aire en algunos edificios en los últimos años se deterioró a medida que los diseñadores y gerentes de edificios apuntan a diseñar edificios más herméticos y reducir el consumo de energía (Awbi, 2017).



6.4 Justificación

El diagnóstico inicial de la evaluación de los contaminantes químicos presentes en el aire interior en los laboratorios de la UTA mostró que la concentración de dióxido de carbono (CO₂) es uno de los principales parámetros que sobrepasa el límite establecido, seguido de un importante porcentaje respecto a la temperatura y humedad relativa. El **interés** de la aplicación de la propuesta se justifica posterior a identificar los niveles y cuáles son los contaminantes químicos prioritarios en al

aire interior de los laboratorios de instituciones de educación superior, cobra **importancia** nacional debido a que la propuesta de desarrollo de un laboratorio tipo se puede replicar a nivel de cualquiera de las instituciones educativas; el **impacto** que genera la propuesta desarrollada es positivo, debido a que aporta mediante el tratamiento del aire interior a mejorar las condiciones ambientales de los laboratorios; la **factibilidad técnica** es alcanzable debido a que se cuenta con un software opensource (OPENFOAM) de resultados validados para así evitar incurrir en gastos de compra de licencias. Es de importancia, porque se darán las pautas generales para realizar las medidas correctivas que permitan alcanzar niveles de los parámetros de calidad de aire interior. Los principales **beneficiarios** serán las instituciones al contar con un documento referencial como base para tomar decisiones futuras respecto a las especificaciones de ingeniería para el diseño civil y arquitectónico de laboratorios.

6.5 Objetivo

6.5.1 Objetivo General

Diseñar y simular un sistema de ventilación para un laboratorio promedio de instituciones de educación superior.

6.5.2 Objetivo Específico

- Definir los requisitos de ingeniería de acuerdo a la guía técnica NTP 373 para establecer los parámetros de diseño y simulación.
- Establecer la configuración adecuada del sistema de ventilación que permita el cumplimiento de la norma UNE 171330-2.
- Simular un sistema de aire acondicionado con la utilización de la herramienta de acceso libre OpenFoam.

6.6 Análisis de factibilidad

6.6.1 Económica

La factibilidad económica es posible y viable para el proyecto de investigación debido a que se cuenta con la herramienta de simulación libre (OPENFOAM). El principal objetivo es tener agilidad y precisión en el desarrollo de nuevas

configuraciones en el diseño arquitectónico del aula tipo, reducir los tiempos de diseño y evitar tener que fabricar costosos rediseños físicos de todas las nuevas configuraciones, además, mejorar el desempeño del sistema de climatización a largo plazo, con ahorros económicos relacionados con bajo consumo energético.

6.6.2 Técnica

El proyecto es factible técnicamente debido a que se cuenta con un completo conjunto de paquetes de simulación con los que configurar unos entornos virtuales para probar las configuraciones antes de la fabricación. Las herramientas de simulación eliminan la complejidad de la dinámica de fluido computacional para simular rápida y fácilmente flujo de fluidos, transferencia de calor y fuerzas de fluidos fundamentales para el diseño.

6.6.3 Ambiental

La necesidad de mantener el incremento de temperatura de la Tierra en menos de 2°C respecto a los valores pre-industriales pone un desafío de gran envergadura para el sector de la edificación, que contribuye de forma significativa a las emisiones de CO₂. De esta forma, si se analiza el desempeño del sistema de climatización a largo plazo, los ahorros económicos relacionados al bajo consumo energético, hacen que el período de retorno de la inversión resulte rentable.

6.7 Fundamentación

Consideraciones de ingeniería para el diseño del sistema de ventilación - Normas Técnicas de Prevención NTP 373: La Ventilación General en el Laboratorio.

Tres pueden considerarse las funciones básicas del acondicionamiento del aire en un laboratorio: el control y ajuste de las condiciones termohigrométricas, la renovación del aire existente, con la correspondiente dilución y evacuación (únicamente hasta un cierto grado) de los contaminantes presentes en el mismo y, finalmente, el mantenimiento de una situación adecuada de corrientes de aire en el sentido de que éste circule siempre desde el lugar menos contaminado hacia el más contaminado, manteniendo en depresión las zonas más contaminadas así como el

conjunto del laboratorio cuando éste se halle en un edificio compartiendo otras instalaciones. Menores prestaciones se obtienen mediante sistemas de ventilación o renovación de aire, puesto que con ellos no se modifican sustancialmente las condiciones termohigrométricas (Heras, C. & Guardino, 1994).

Acondicionamiento ambiental del laboratorio

El propósito del acondicionamiento del aire es obtener una situación de confort termohigrométrico para el personal ubicado en un área, salvo en aquellas situaciones que requieran determinadas condiciones de temperatura o humedad, en cuyo caso estos parámetros vendrán fijados por criterios diferentes al confort. El ambiente general del laboratorio puede ser acondicionado actuando sobre la temperatura, la humedad relativa, el índice de ventilación y la humedad del aire, teniendo en cuenta los condicionantes propios del laboratorio. En el caso en que el laboratorio se halle integrado en un edificio y comparta con otras instalaciones un sistema general de aire acondicionado, a la propia dificultad de acondicionar adecuadamente el laboratorio, se añaden otros problemas: la propagación de un posible incendio y la dispersión de contaminaciones residuales del laboratorio hacia instalaciones anexas. Por todo ello, la recomendación básica al diseñar un sistema de acondicionamiento para un laboratorio, es que tal sistema sea independiente y exclusivo (Heras, C. & Guardino, 1994).

Por todo ello, la recomendación básica al diseñar un sistema de acondicionamiento para un laboratorio, es que tal sistema sea independiente y exclusivo. Partiendo de esta base, y sin entrar en detalles de cálculo ni constructivos, se comentan algunos aspectos que deben ser tenidos en cuenta en el proyecto.

Características específicas del laboratorio

El proyecto del acondicionamiento ambiental para el laboratorio debe considerar ciertas peculiaridades que han de influir notablemente en el diseño de los sistemas. Las más relevantes en este sentido son las posibles situaciones termohigrométricas generadas por la propia actividad del laboratorio, los focos de calor existentes los sistemas de extracción localizada de contaminantes, la posible contaminación química y la existencia de áreas de actividades específicas.

Situaciones termohigrométricas

En principio, las situaciones más apartadas del confort termohigrométrico que pueden plantearse en los laboratorios vendrán determinadas por las condiciones externas y por determinadas instalaciones propias, tales como focos de calor o instalaciones frigoríficas. Las condiciones más inconfortables suelen presentarse en épocas estivales, durante la realización de ciertas tareas o técnicas que impliquen la utilización de focos de calor directo o indirecto. Estas situaciones provocarán el manifiesto disconfort del operador y una mayor predisposición a los errores. Por otro lado, unas condiciones térmicas sensiblemente apartadas de las «normales» pueden ser el origen de errores metodológicos.

No son frecuentes las situaciones de disconfort creadas por bajas temperaturas en épocas invernales, puesto que, aunque se carezca de sistemas acondicionadores, siempre estarán presentes algunos elementos o aparatos calefactores. En estos casos es necesario llamar la atención sobre los riesgos de incendio, explosión y contactos eléctricos que pueden introducir en el laboratorio las unidades eléctricas de calefacción, desaconsejándolas absolutamente (Berenguer-Subils & Martí Solé, 1989).

Por otra parte, si el laboratorio dispone de recintos frigoríficos para conservar o almacenar muestras o materiales, el personal pasará bruscamente de situaciones termohigrométricas convencionales a otras que pueden alcanzar varios grados por debajo de cero. En tales casos, además del lógico equipamiento mediante prendas de abrigo, es conveniente que el área inmediata al acceso de estas instalaciones frigoríficas, se encuentre en situación de adaptación termohigrométrica.

Focos de calor

El sistema de aire acondicionado deberá ser capaz de disipar eficazmente la energía liberada por los distintos focos de calor existentes en el laboratorio: estufas, autoclaves, muflas, mecheros, placas, baños y mantas calefactoras, motores, etc.,

además de los instrumentos analíticos que trabajen a temperatura elevada, como pueden ser espectrofotómetros de absorción atómica, cromatógrafos de gases, etc.

Sistemas de extracción

Los sistemas de extracción localizada del laboratorio (vitrinas de gases, cabinas de seguridad biológica, campanas), retiran al exterior un considerable volumen de aire, que es sustraído directamente del propio laboratorio. Son muy considerables las pérdidas de energía (calor en invierno y frío en verano) que provocan las mencionadas extracciones, debiéndose prever, en el proyecto del acondicionamiento de aire, los suministros adicionales de aire tratado que compensen tales pérdidas.

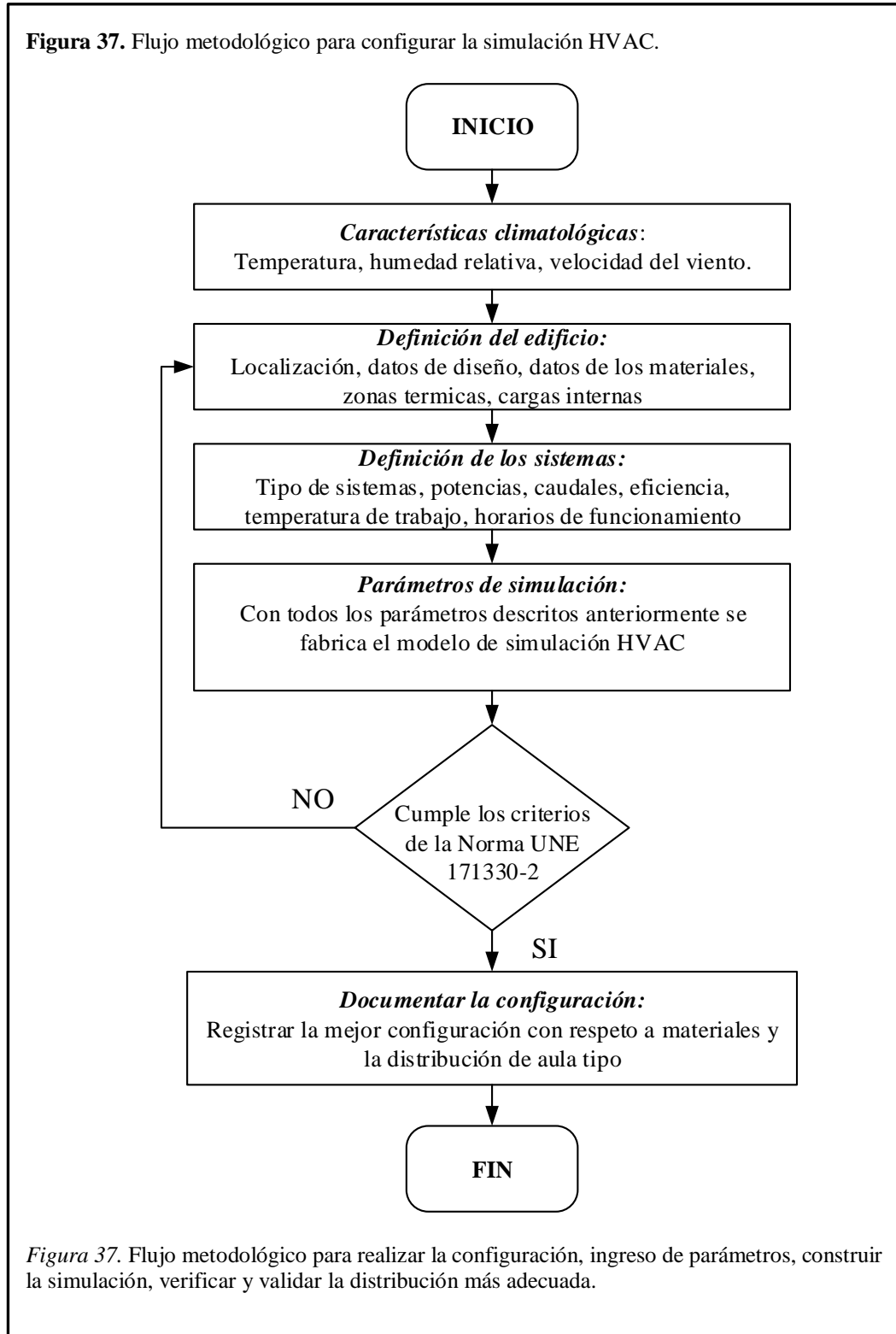
Áreas específicas

Dependiendo del tamaño del laboratorio y de sus líneas de trabajo, es frecuente encontrar distintas zonas o áreas especializadas en diversas actividades: sala de balanzas, de instrumental, zona común, zonas «limpias», almacén, etc. Es obvio que todas estas áreas específicas no requieren las mismas exigencias. Si además se cuenta con zonas específicamente dedicadas a estufas, baños de agua, ataques en caliente, u otras actividades que requieran fuertes aportes energéticos, el acondicionamiento de semejantes áreas deberá presentar especiales características. Los aspectos recién expuestos deberán orientar las especificaciones más rigurosas en el proyecto del sistema acondicionador. Será necesario pues, un conocimiento detallado de todos y cada uno de los aspectos mencionados, además de prever futuras necesidades dentro de un orden razonable (Heras, C. & Guardino, 1994).

6.8 Metodología

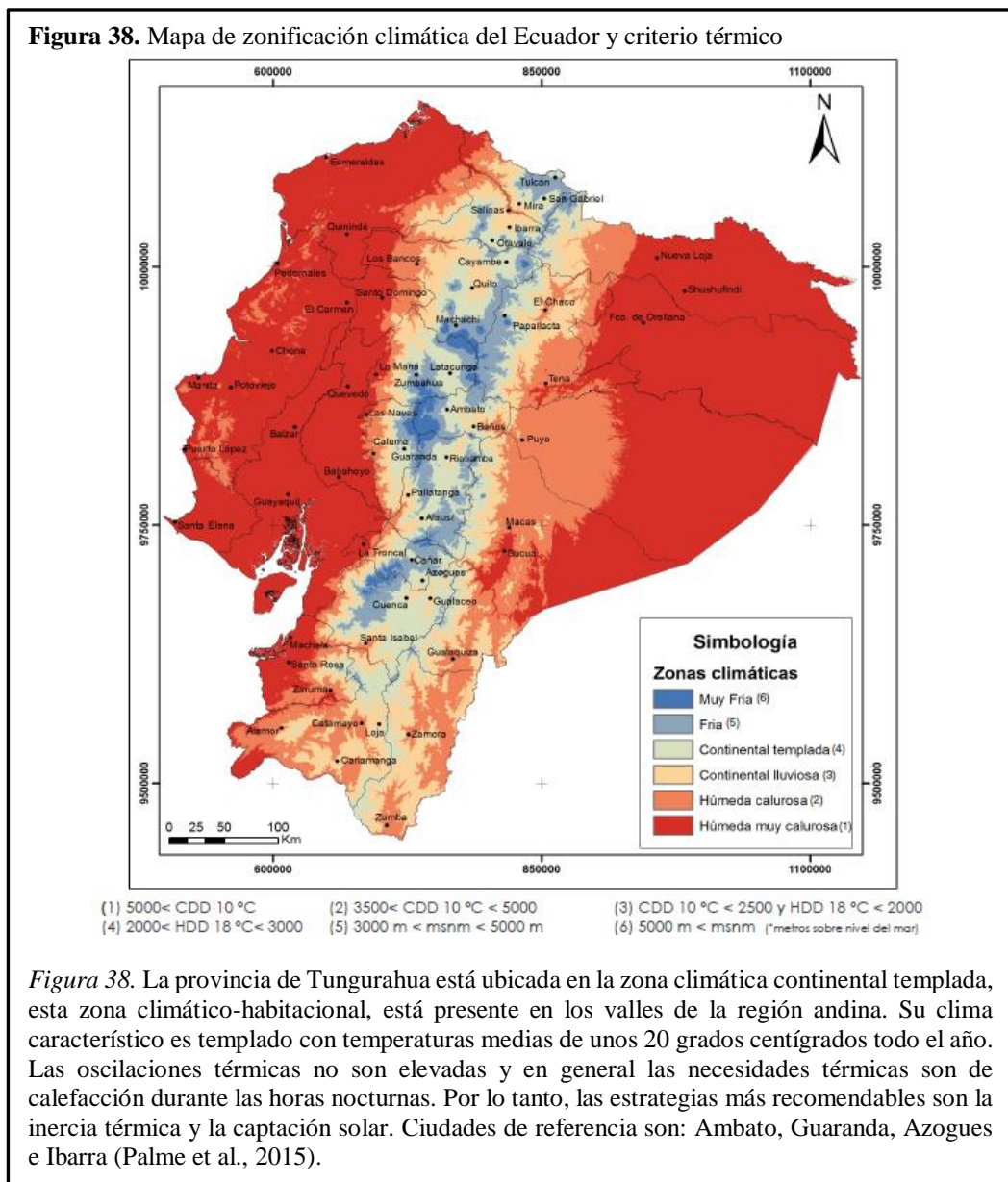
Las simulaciones computacionales desarrolladas se realizan mediante el flujo descrito en la figura siguiente, los parámetros técnicos (materiales, dimensiones, calor emitido por los ocupantes y los equipos) se introducen en el software OPENFOAM, el diseño contempla la realización de un sistema de ventilación natural con las recomendaciones de la nota técnica NTP 373. El software mediante los datos ingresados analiza el comportamiento de los laboratorios en determinados momentos significativos del año, una semana de verano, y otra de invierno. Se

establecen dos escenarios: laboratorio tipo completamente cerrado (condiciones extremas de funcionamiento), y completamente abierto. Se analiza la velocidad del aire y la temperatura operativa en el interior, como de la zona intermedia, adicional los flujos de aire para la extracción de los contaminantes.



6.8.1 Condicionales climáticas del Ecuador.

Las edificaciones a nivel mundial y especialmente en los países de más altos ingresos por habitante, son responsables de un 30% de los consumos energéticos y de las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con la transformación de la energía necesaria. En Ecuador, como en otros países de bajos o medianos ingresos per cápita, los consumos energéticos de la construcción (sobre todo los relativos a la operación de los edificios), son bastante menores hoy en día, pero esta situación está cambiando muy rápidamente (Palme et al., 2015).



Condiciones climáticas de la provincia de Tungurahua

Las condiciones climáticas se ilustran en la siguiente tabla, tomadas de la base datos de la Red la meteorológica del H. Gobierno Provincial de Tungurahua, la estación meteorológica está ubicada en el aeropuerto en la parroquia de Izamba a una altura de 2590 msnm., ubicada aproximadamente a un kilómetro y medio del emplazamiento de estudio. Los parámetros que se registran en esta estación son: Precipitación (mm), Temperatura (°C), Humedad relativa (%), Velocidad del viento (m/s), Dirección del viento (°), Presión atmosférica (HPa).

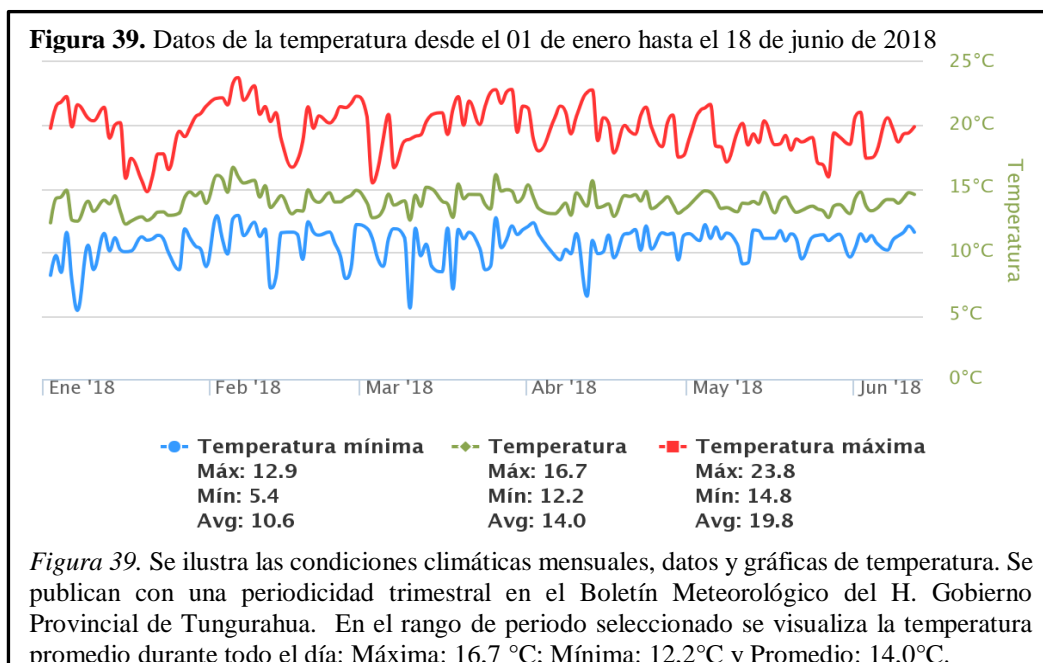
Tabla 32. Tabla resumen de datos climáticos

Parámetro	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Velocidad del viento (m/s)
Máximo	16,7	90,2	2,8
Mínimo	12,2	67,4	1,0
Promedio	14,0	81,7	1,7

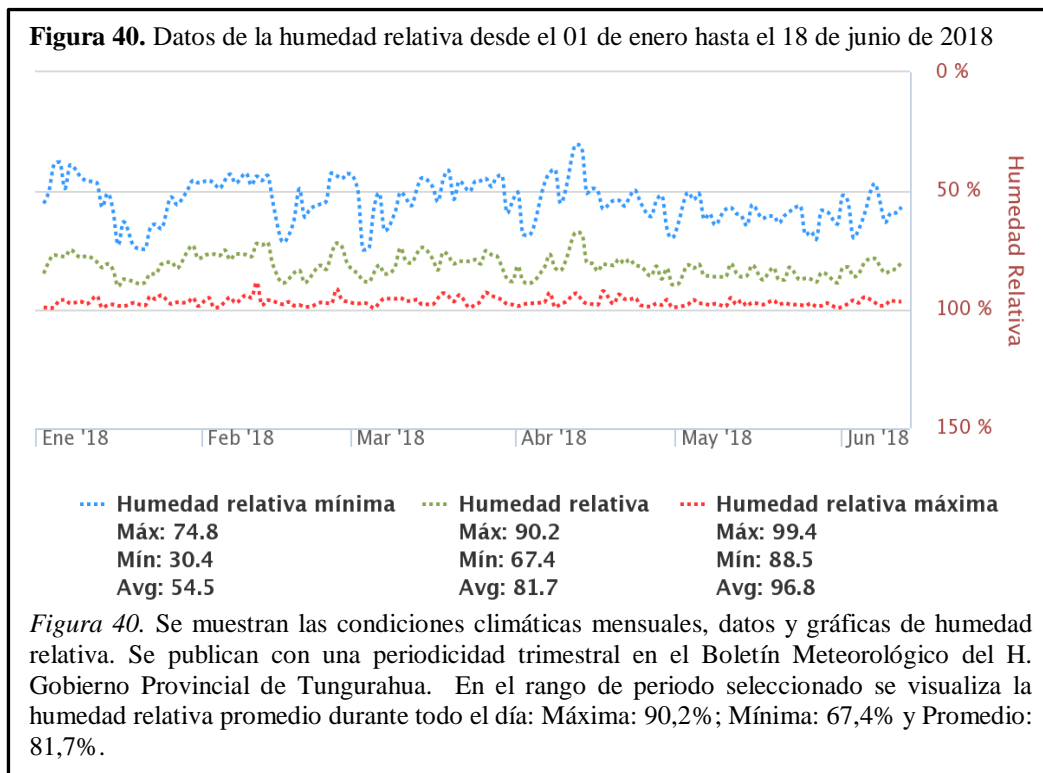
Nota: Se presentan los estadísticos descriptivos para cada uno de los niveles de la variable independiente, así como para el total de la muestra. (estación meteorológica del aeropuerto de Ambato)

Los parámetros descritos anteriormente son importantes para la configuración de las condiciones externas que deben tomarse en cuenta para la simulación. A continuación, se ilustran las gráficas de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento de las cuales se tomaron los parámetros de la tabla 30.

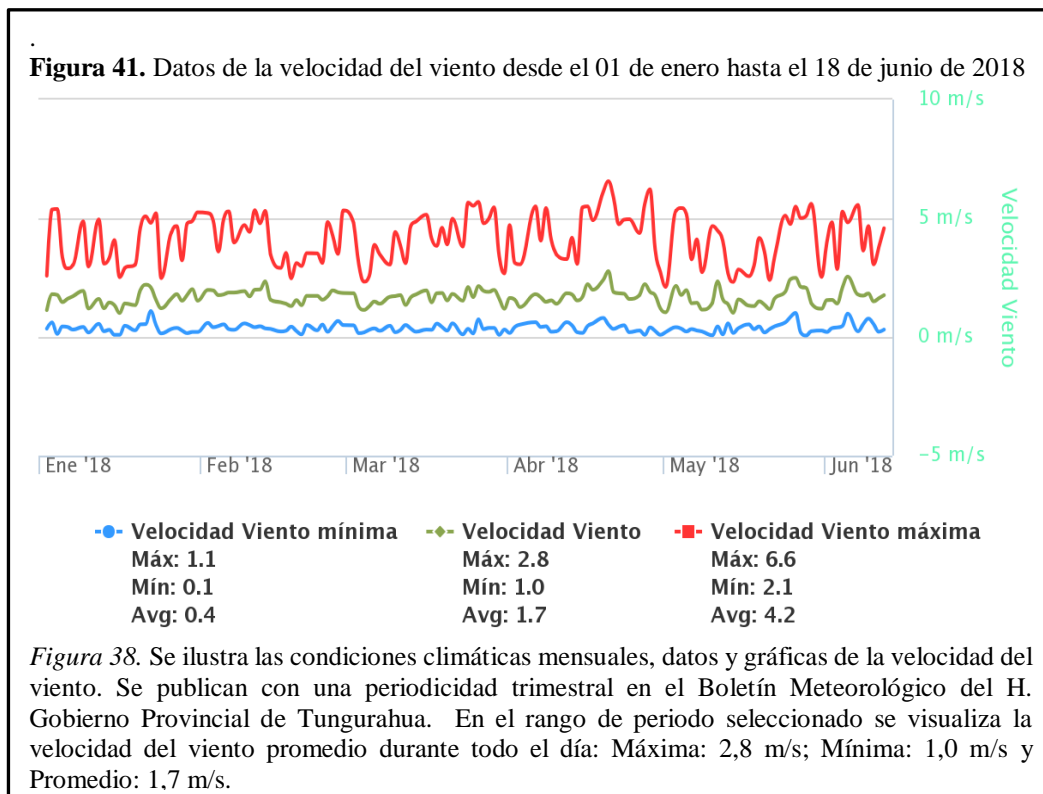
Temperatura



Humedad



Velocidad del viento



6.8.2 Materiales constructivos para los laboratorios

Con el objetivo de evitar perder el calor aprovechado del sol y de las ganancias internas en la edificación, es necesaria una adecuada selección de los materiales a ser usados en la construcción. En climas fríos como los de la región Sierra de Ecuador, es importante almacenar todo el calor recibido y generado durante el día para ser usado por la noche. Materiales como el adobe, ladrillo que tienen elevada masa térmica son adecuados para este fin. Este tipo de materiales tienen la capacidad de almacenar en su interior el calor ganado por el sol durante el día y entregarlo hacia el interior de la vivienda durante la noche. El periodo de tiempo que el material realiza el proceso de carga y descarga de calor está relacionado directamente con el espesor del mismo (Palme et al., 2015).

Tabla 33. Tabla resumen de datos constructivos para los laboratorios tipos de computación y química

Elemento	Composición	U (W/(m ² °K)) ^a
Paredes	Ladrillo de 1 cm; bloque hueco cerámico 14 cm; cámara de aire sin ventilar 1 cm	0,87
Divisiones	2x placa de yeso laminado 1 cm; cámara de aire sin ventilar 1 cm; Bloque hueco cerámico 14 cm; cámara de aire sin ventilar 1 cm; 2x placa de yeso laminado 1 cm	0,97
Vidrios	Vidrio de 6 mm (vidrio simple) Carpintería de aluminio (2 cm) sin rotura de puente térmico Protección por interior opaco de color gris claro	5,8

Nota: Los materiales descritos especifican las características para elementos que se utilizan para la construcción.

^a Los valores de carga térmica se obtienen de la base de datos de programa de simulación.

6.8.3 Herramienta de simulación HVAC (Climatización y aire acondicionado)

Para analizar y estudiar detalladamente el funcionamiento climático del edificio de estudio se ha utilizado una herramienta de simulación energética llamada OpenFoam, es un software CFD de código abierto y gratuito que analiza el comportamiento de los fluidos. Tiene múltiples aplicaciones para resolver problemas relacionados con la dinámica de fluidos, como reacciones químicas, turbulencias, transferencias de calor o HVAC, una de las ventajas es que no posee costo de licencia penFOAM está escrito en C ++ y utiliza un enfoque orientado a objetos que facilita su extensión. El paquete incluye módulos para una amplia gama de aplicaciones entre uno de ellos la de la simulación de fluidos.

Forma y dimensiones de los laboratorios de estudio

El desarrollo de este proyecto complementa al estudio del Ing. Morejón Álvaro realizado para la tesis de maestría denominado "Condiciones de iluminación que inciden en el confort visual de los ocupantes de laboratorios de la universidad técnica de Ambato - campus Huachi", la orientación de la fachada (superficie acristalada) respecto al norte, es determinante en el aprovechamiento de luz natural para la iluminación de espacios interiores, adicional, se reproduce la forma, tipo, distribución y número de personas (20 estudiantes) del proyecto para complementarlo con la adecuación de un sistema de tratamiento de aire interior y climatización de parámetros termo higrométricos.

Procedimiento para la simulación

A continuación, se indican en la tabla los distintos escenarios para llevar a cabo las simulaciones, se considera condiciones cuando los laboratorios estarían cerrados completamente y otras con las ventanas y puerta abiertas.

Tabla 34. Condiciones de laboratorio para llevar a cabo la simulación

Simulación de referencia	Descripción
Escenario A1	Laboratorio cerrado
A1.1	Laboratorio cerrado día (12:00 am)
A1.2	Laboratorio cerrado noche (19:00 pm)
Escenario B1	Laboratorio abierto
A1.1	Laboratorio abierto día (12:00 am)
A1.2	Laboratorio abierto noche (19:00 pm)

Nota: Las simulaciones para ambos casos se llevan en las mismas condiciones y parámetros de materiales y cantidad de personas.

^aLos valores de carga térmica, materiales y condiciones de radiación se obtienen de la base de datos de programa de simulación.

6.8.4 Diseño experimental de la propuesta de investigación

El diseño experimental desarrollado para el análisis de la calidad interior del aire y de las condiciones de confort térmico de los ocupantes.

La ventilación natural puede modelizar que las ventanas se abran en función de una consigna de temperatura de ventilación, permitiendo la modulación de la apertura en función de la temperatura exterior.

Figura 42. Tipología y distribución de laboratorio de computación tipo

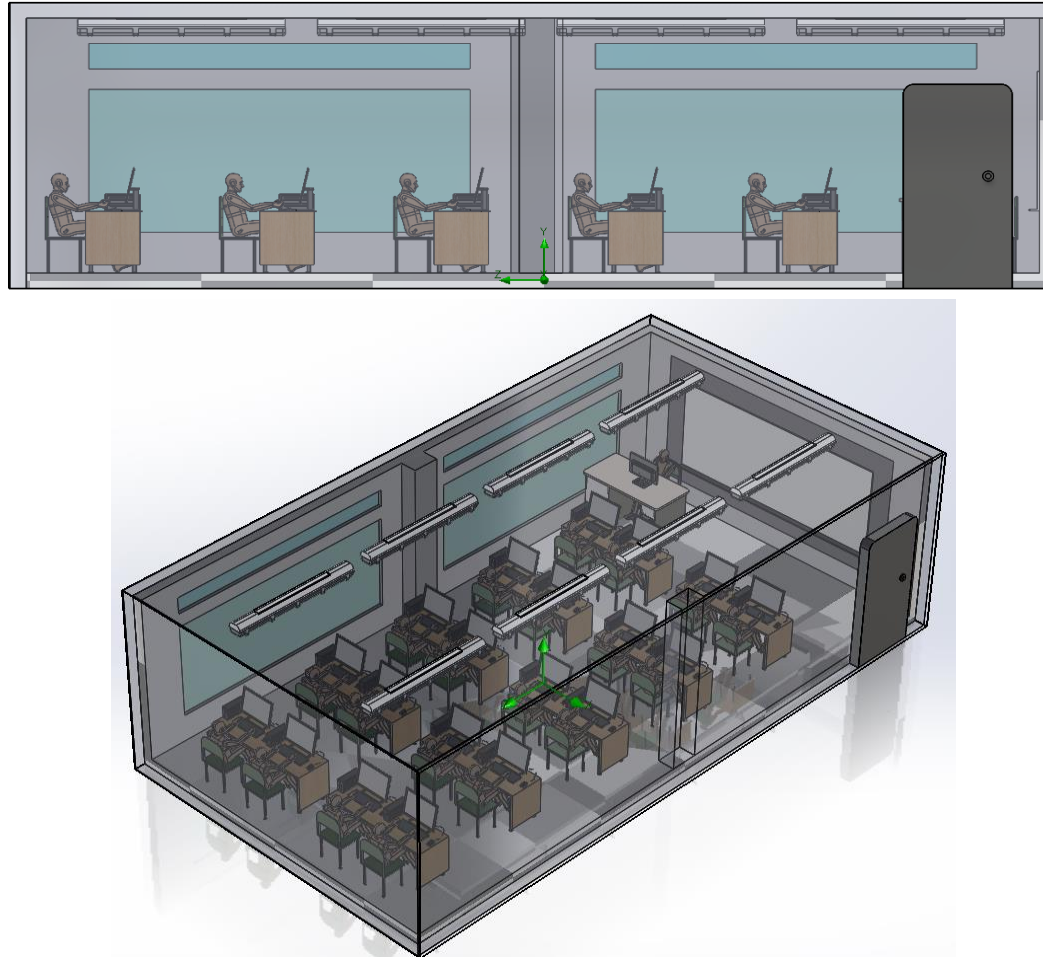


Figura 42. Para configurar el modelo, el programa dispone de 7 parámetros con varias opciones, cada una con varias plantillas para agilizar el proceso de configuración. Estos son: Actividad, Configuración dimensional, Aberturas, Iluminación, HVAC, CFD y opciones de resultados.

Figura 43. Tipología y distribución de laboratorio de química tipo

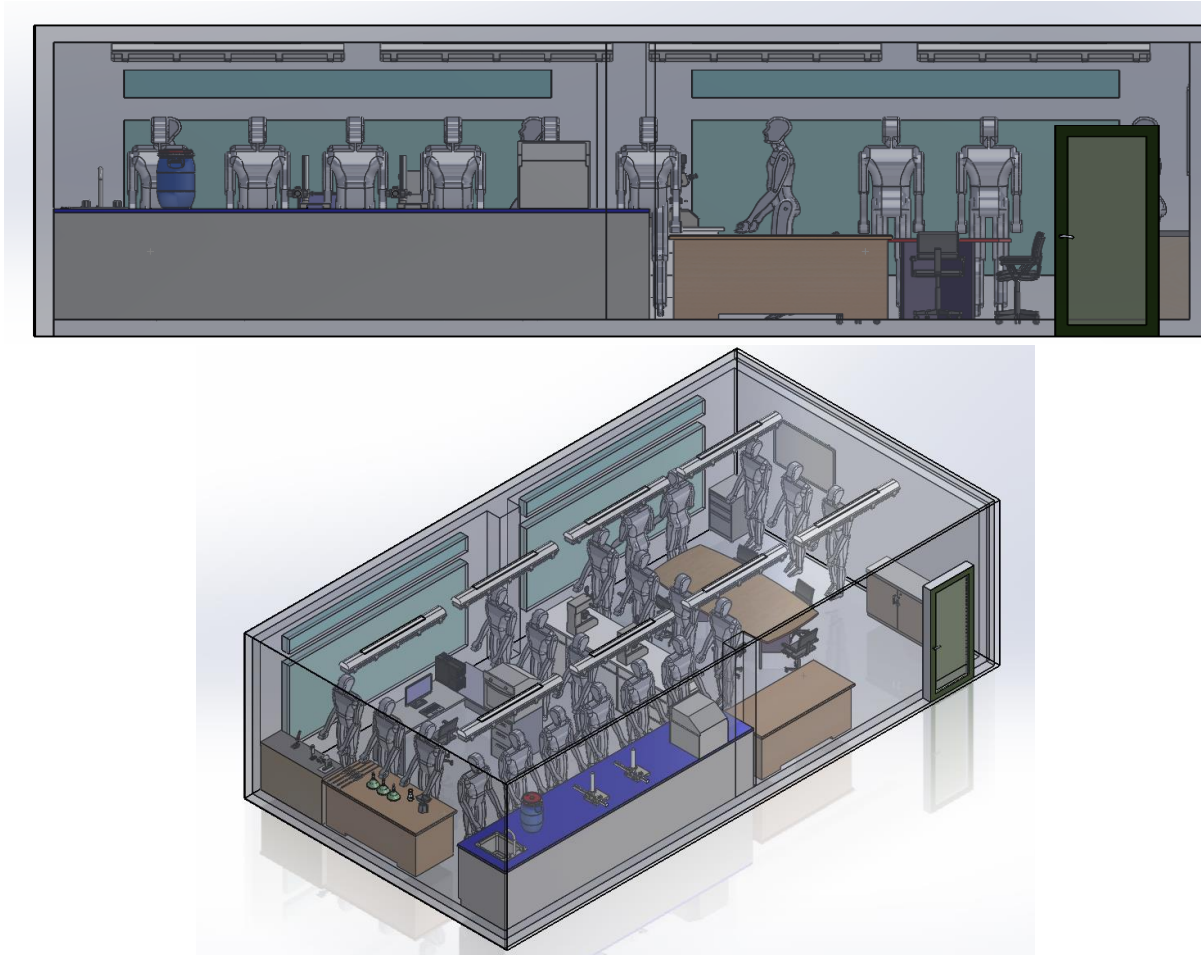


Figura 43. Para configurar el modelo, el programa dispone de 7 parámetros con varias opciones, cada una con varias plantillas para agilizar el proceso de configuración. Estos son: Actividad, Configuración dimensional, Aberturas, Iluminación, HVAC, CFD y opciones de resultados.

6.8.5 Laboratorio de computación

El establecimiento debe procurar otorgar un espacio físico para la implementación del laboratorio, considerando la cantidad de alumnos que lo ocuparan, la cantidad de estaciones de trabajo, el espacio y el mobiliario que se necesita para instalar todos los componentes del laboratorio, tales como computadoras, impresoras, pizarrón, sala de equipos.

Para implementar el laboratorio de cómputo se debe considerar además los siguientes aspectos:

- Estación de trabajo con medidas mínimas.
- El espacio entre filas de estación.

Distribución adecuada de las estaciones de trabajo: Se recomienda distribuir las computadoras de trabajo de manera que los alumnos puedan ubicarse en posición paralela al pizarrón, distribuidos en cinco filas de cuatro computadoras cada una. Además, idealmente cada fila de computadoras de trabajo debe estar ubicada en desnivel respecto a la siguiente (0.18 m de altura entre uno y otro escalón), así que se permita una mejor observación de los alumnos de las explicaciones dadas por el profesor en el pizarrón.

Espacio entre una computadora y otra 0.65 m: Se considera este espacio como mínimo para el libre tránsito de los alumnos que ingresan y se retiran de las computadoras es decir ubicarse para sentarse sin problemas.

Espació total ocupado por cada computadora: 1.25 m. Es la suma del espacio considerando para el acceso de los alumnos a la computadora de trabajo.

Dimensiones de cada computadora 0.60 m^2 , estas dimensiones se definieron acorde al espacio mínimo utilizado para el trabajo de dos alumnos frente a una misma estación (con un PC incluido), de esta manera cada uno de ellos se encontrara cómodamente sentado y además tendrá espacio para ubicar su cuaderno y útiles.

Figura 44. Imagen de nube de campo de temperatura. Corte plano YZ

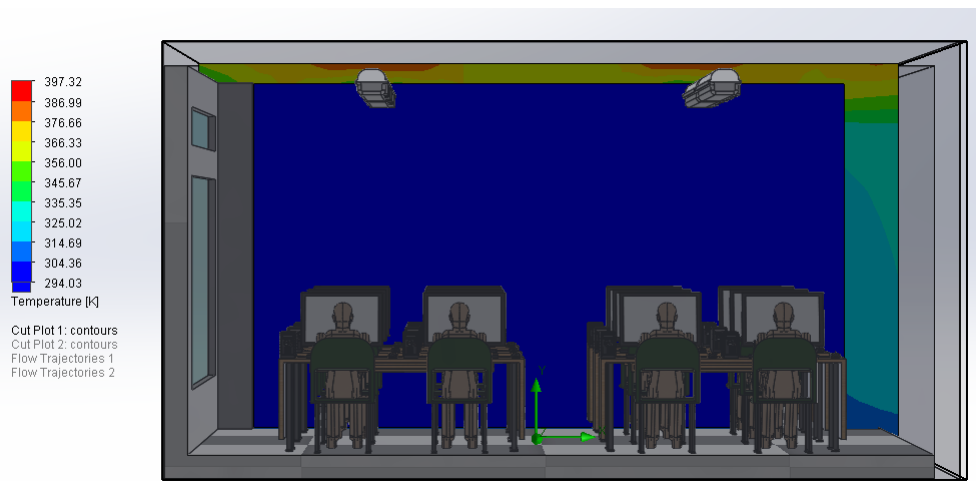


Figura 38. La nube ilustra los valores máximos y mínimos de temperatura en el interior del aula. La temperatura mínima es de 20°C y las máximas se encuentran en la parte alta de las paredes. La temperatura promedio homogénea en el interior para las condiciones climáticas simuladas para varias horas del día y condiciones extremas de ocupantes en el aula es de 22°C, dentro del rango (17 a 27 °C) establecido por la Norma UNE 171330-2.

Figura 45. Imagen de nube de campo de velocidad. Corte plano YZ

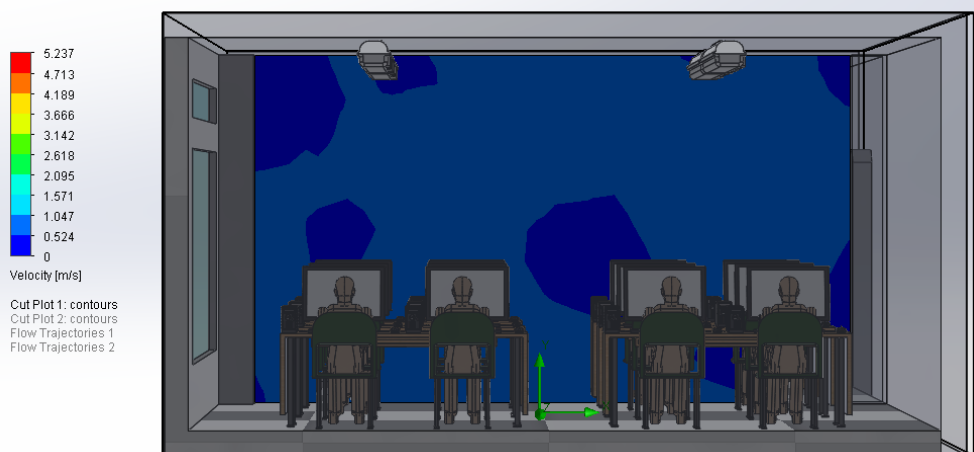


Figura 38. Se aprecia los valores de la velocidad del aire en la geometría del aula tipo propuesta. En la zona interior es 0 m/s, ya que está completamente cerrado. En la zona intermedia la velocidad puede llegar hasta a 0,8 m/s. Esta velocidad se produce por la elevada temperatura del aire. La velocidad promedio homogénea en el interior para las condiciones climáticas simuladas para varias horas del día y condiciones extremas de ocupantes en el aula es de 0,5 m/s.

Figura 46. Imagen de nube de campo de presión. Corte plano YZ

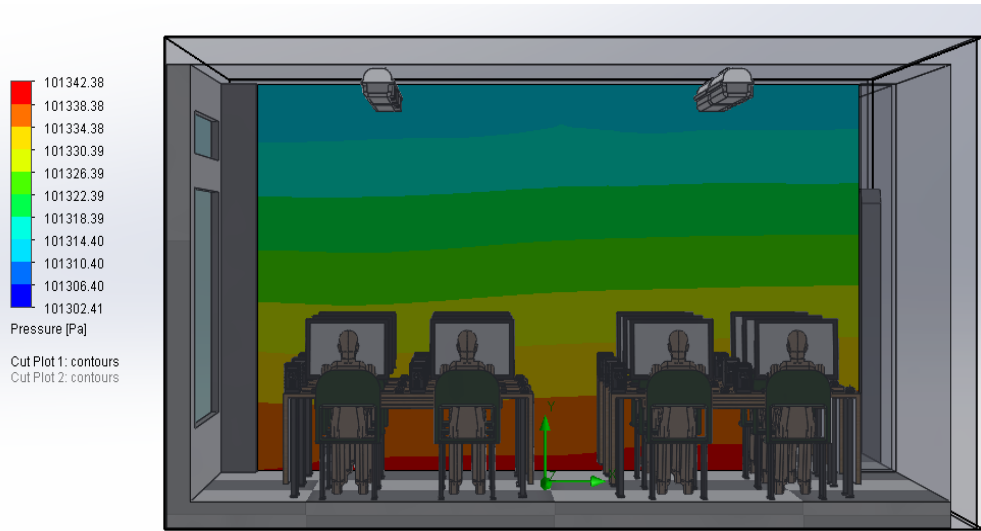


Figura 46. El diseño verifica que las presiones máximas se encuentran en la parte inferior del laboratorio esto aporta a controlar y normalizar el ingreso de aire contaminado, la humedad (se trata de reducirla al mínimo para evitar la oxidación de los instrumentos) y con esto impedir que se alteren las mediciones por la modificación de las condiciones termo higrométricas.

Figura 47. Imagen de nube de campo de temperatura. Corte plano YX

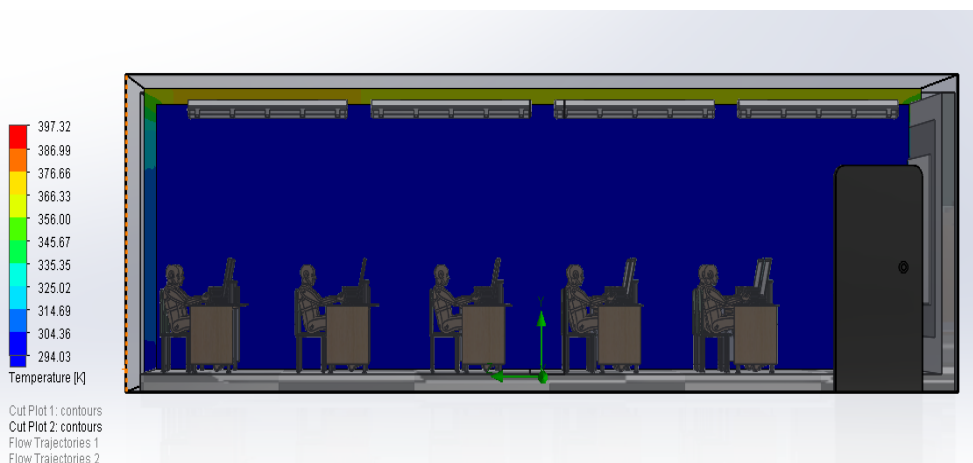


Figura 47. La nube ilustra los valores máximos y mínimos de temperatura en el interior del aula. La temperatura mínima es de 20°C y las máximas se encuentran en la parte alta de las paredes. La temperatura promedio homogénea en el interior para las condiciones climáticas simuladas para varias horas del día y condiciones extremas de ocupantes en el aula es de 22°C, dentro del rango (17 a 27 °C) establecido por la Norma UNE 171330-2.

Figura 48. Imagen de nube de campo de velocidad. Corte plano YX

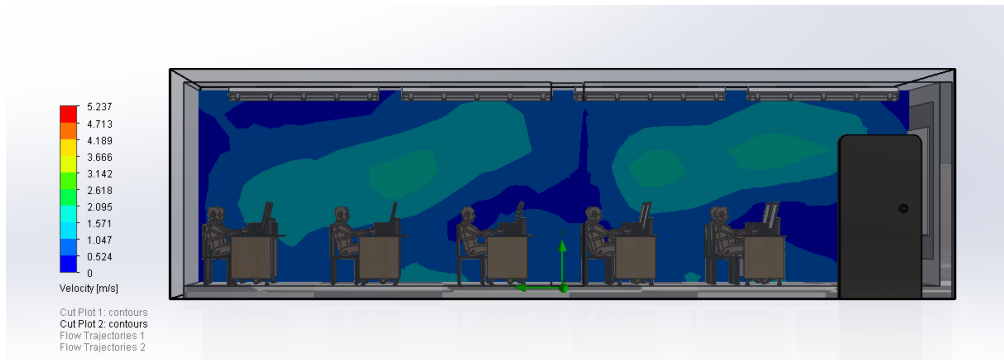


Figura 48. Se aprecia los valores de la velocidad del aire en la geometría del aula tipo propuesta. En la zona interior es 0 m/s, ya que está completamente cerrado. En la zona intermedia la velocidad puede llegar hasta a 0,8 m/s. Esta velocidad se produce por la elevada temperatura del aire. La velocidad promedio homogénea en el interior para las condiciones climáticas simuladas para varias horas del día y condiciones extremas de ocupantes en el aula es de 0,5 m/s.

Figura 49. Imagen de nube de campo de presión. Corte plano YX

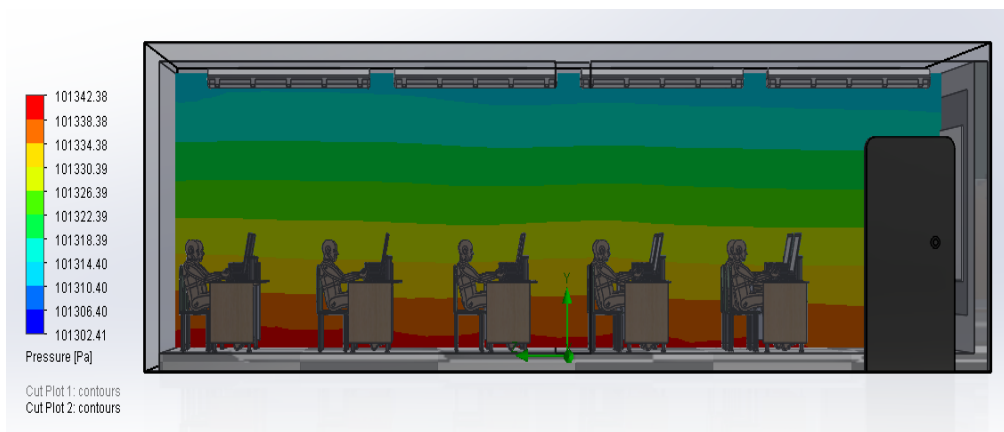


Figura 49. El diseño verifica que las presiones máximas se encuentran en la parte inferior del laboratorio esto aporta a controlar y normalizar el ingreso de aire contaminado, la humedad (se trata de reducirla al mínimo para evitar la oxidación de los instrumentos) y con esto impedir que se alteren las mediciones por la modificación de las condiciones termo higrométricas.

Figura 50. Imagen de nube de líneas de flujo en el interior del laboratorio

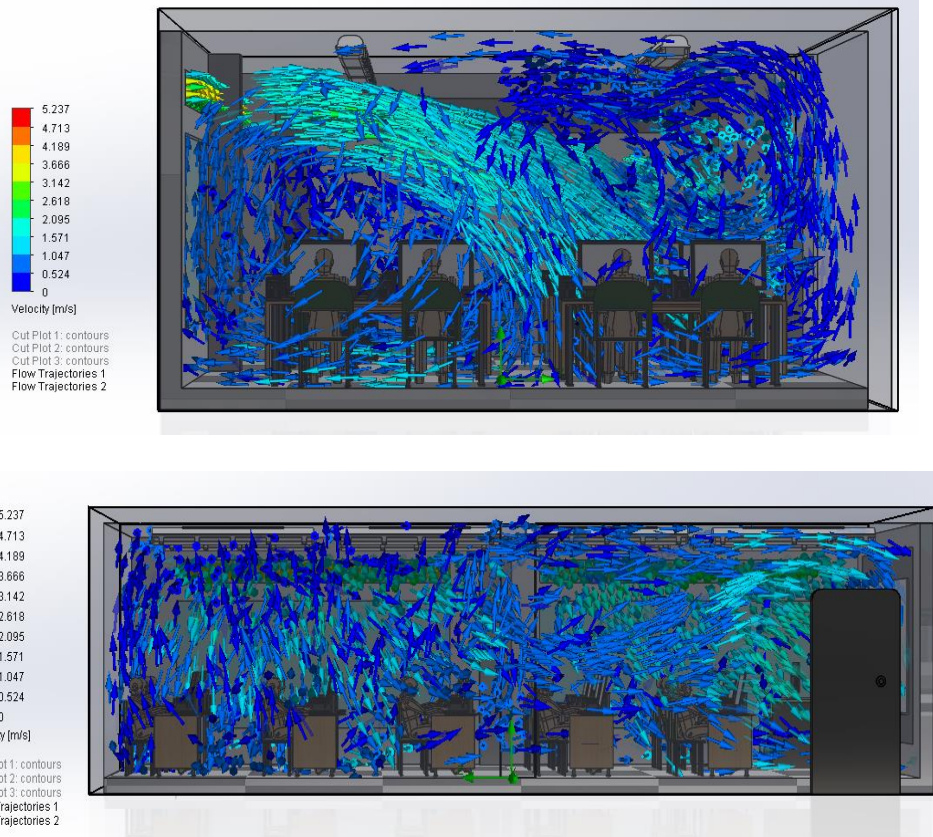


Figura 50. Luego de realizar la simulación se verifica la entrada de aire más importante se produce por la fachada que se encuentran las ventanas y puertas, y se introduce en la zona interior del prototipo produciendo corrientes de aire que pueden llegar a tener una velocidad de 0,8 m/s en el momento de su entrada. Luego en las estancias llega a una media de 0.5 m/s. Con esta configuración se valida el intercambio de aire para desalojo de contaminantes químicos y la regulación termo higrométrica.

Discusión de resultados de simulación (laboratorio de computación)

El aire sale de la zona interior para subir a la zona de las ventanas, donde al unirse con el flujo de aire que entra por los huecos de la puerta, se forma un remolino de tiempo con velocidades de aire más altas. Como conclusión se aprecia que el recorrido del viento es circular, repartiéndose por todo el laboratorio. Se garantiza con esto el diseño adecuado para el recambio de aire interior, eliminación de contaminantes y regulación de los factores termo higrométricos.

6.8.6 Laboratorio de química

El laboratorio tipo en esta investigación se encuentra equipado con los medios necesarios para llevar a cabo experimentos, investigaciones o trabajos de carácter científico o técnico. En estos espacios, las condiciones ambientales se controlan y se normalizan para evitar que se produzcan influencias extrañas a las previstas, con la consecuente alteración de las mediciones, y para permitir que las pruebas sean repetibles. Entre las condiciones que un laboratorio intenta controlar y normalizar, se encuentran la presión atmosférica (para evitar el ingreso o egreso de aire contaminado), la humedad (se trata de reducirla al mínimo para evitar la oxidación de los instrumentos) y el nivel de vibraciones “para impedir que se alteren las mediciones”.

Instrumentos y equipos para el laboratorio

Tubos de ensayos, pipetas, buretas, termómetro, agitadores magnéticos, soporte universal, microscopio, computadoras, estufa, sistema de refrigeración para muestras, y autoclave.

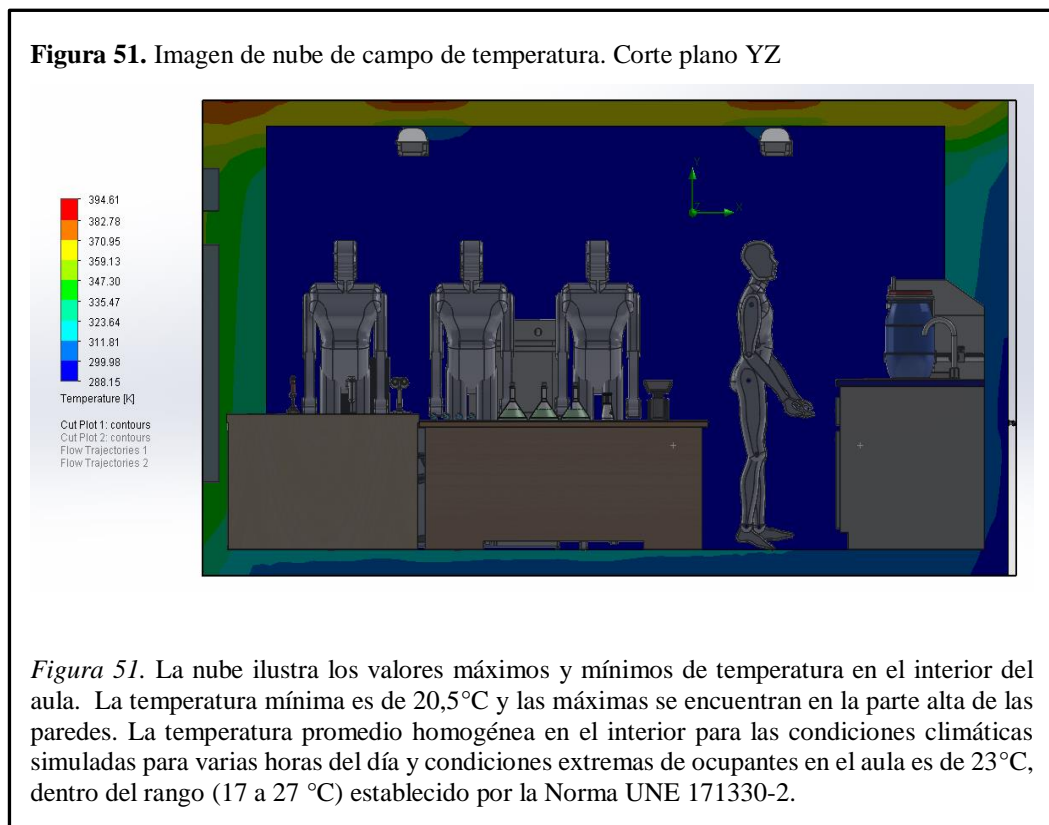


Figura 52. Imagen de nube de campo de velocidad. Corte plano YZ



Figura 52. Se aprecia los valores de la velocidad del aire en la geometría del aula tipo propuesta. En la zona interior es 0 m/s, ya que está completamente cerrado. En la zona intermedia la velocidad puede llegar hasta a 0,9 m/s. Esta velocidad se produce por la elevada temperatura del aire. La velocidad promedio homogénea en el interior para las condiciones climáticas simuladas para varias horas del día y condiciones extremas de ocupantes en el aula es de 0,7 m/s.

Figura 53. Imagen de nube de campo de presión. Corte plano YZ

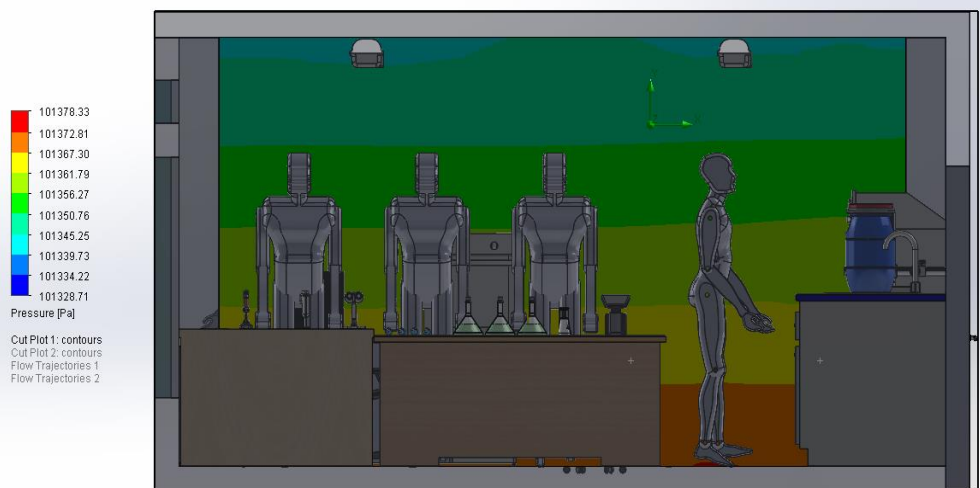


Figura 53. El diseño verifica que las presiones máximas se encuentran en la parte inferior del laboratorio esto aporta a controlar y normalizar el ingreso de aire contaminado, la humedad (se trata de reducirla al mínimo para evitar la oxidación de los instrumentos) y con esto impedir que se alteren las mediciones por la modificación de las condiciones termo higrométricas.

Figura 54. Imagen de nube de campo de temperatura. Corte plano YZ

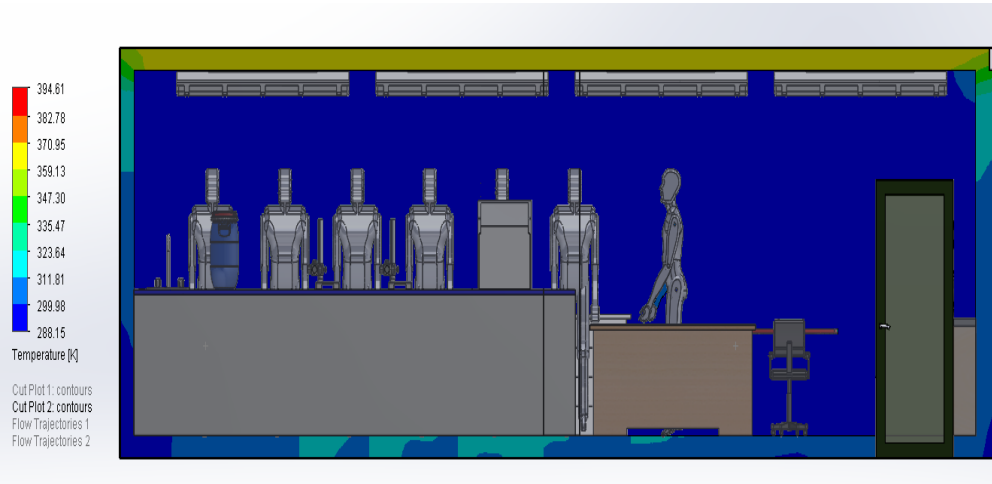


Figura 54. La nube ilustra los valores máximos y mínimos de temperatura en el interior del aula. La temperatura mínima es de 20,5°C y las máximas se encuentran en la parte alta de las paredes. La temperatura promedio homogénea en el interior para las condiciones climáticas simuladas para varias horas del día y condiciones extremas de ocupantes en el aula es de 23°C, dentro del rango (17 a 27 °C) establecido por la Norma UNE 171330-2.

Figura 55. Imagen de nube de campo de velocidad. Corte plano XZ

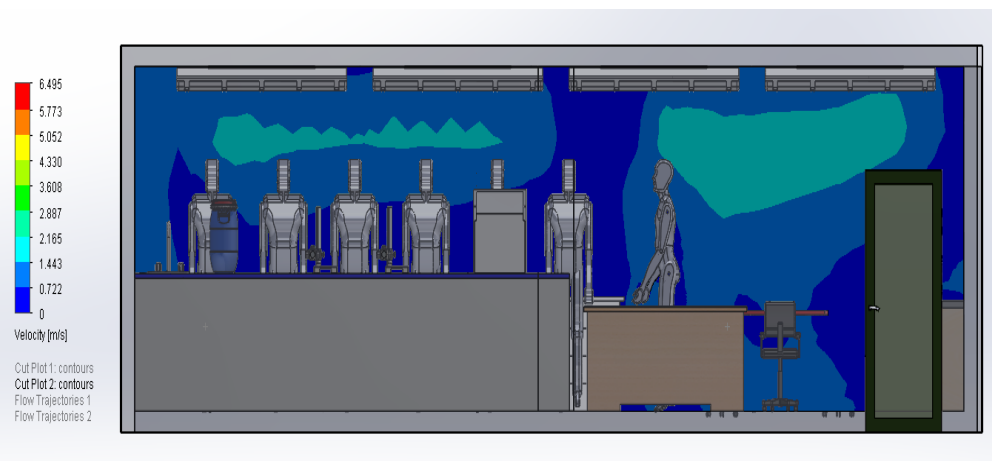


Figura 55. Se aprecia los valores de la velocidad del aire en la geometría del aula tipo propuesta. En la zona interior es 0 m/s, ya que está completamente cerrado. En la zona intermedia la velocidad puede llegar hasta a 0,9 m/s. Esta velocidad se produce por la elevada temperatura del aire. La velocidad promedio homogénea en el interior para las condiciones climáticas simuladas para varias horas del día y condiciones extremas de ocupantes en el aula es de 0,7 m/s.

Figura 56. Imagen de nube de campo de presión. Corte plano XZ

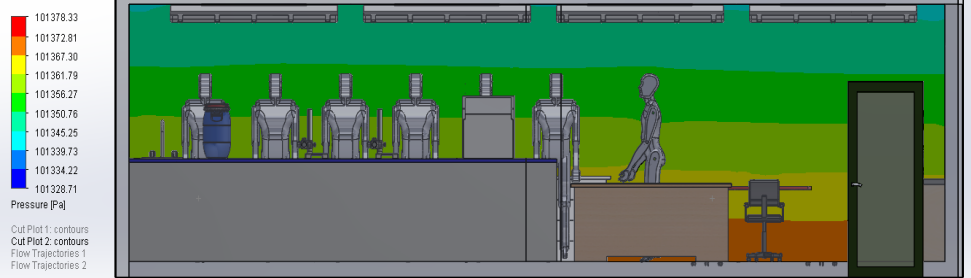


Figura 56. El diseño verifica que las presiones máximas se encuentran en la parte inferior del laboratorio esto aporta a controlar y normalizar el ingreso de aire contaminado, la humedad (se trata de reducirla al mínimo para evitar la oxidación de los instrumentos) y con esto impedir que se alteren las mediciones por la modificación de las condiciones termo higrométricas.

Figura 57. Imagen de nube de líneas de flujo en el interior del laboratorio

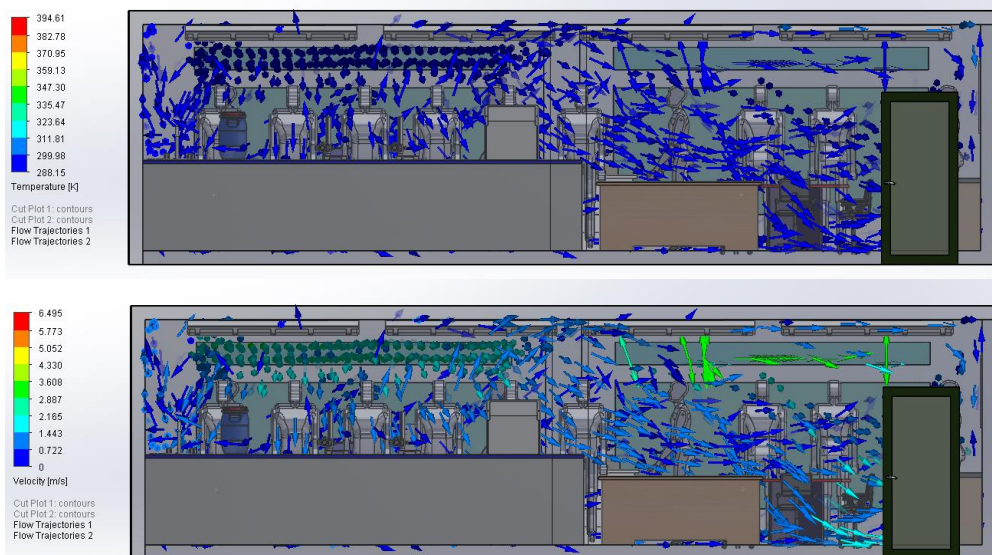


Figura 57. Luego de realizar la simulación se verifica la entrada de aire más importante se produce por la fachada que se encuentran las ventanas y puertas, y se introduce en la zona interior del prototipo produciendo corrientes de aire que pueden llegar a tener una velocidad de 1,0 m/s en el momento de su entrada. Luego en las estancias llega a una media de 0,6 m/s. Con esta configuración se valida el intercambio de aire para desalojo de contaminantes químicos y la regulación termo higrométrica.

Discusión de resultados de simulación (laboratorio de química)

El aire sale de la zona interior para subir a la zona de las ventanas, donde al unirse con el flujo de aire que entra por los huecos de la puerta, se forma un remolino de tiempo con velocidades de aire más altas. Como conclusión se aprecia que el recorrido del viento es circular, repartiéndose por todo el laboratorio. Se garantiza con esto el diseño adecuado para el recambio de aire interior, eliminación de contaminantes y regulación de los factores termo higrométricos en el interior.

Tabla 35. Resumen de datos obtenidos mediante simulación

Laboratorio de Computación				
Velocidad (m/s)		Temperatura (°C)		Presión (MPa)
Máxima	Promedio	Mínimo	Promedio	Máxima
0,8	0,5	22	20	101,34
Laboratorio de Química				
Velocidad (m/s)		Temperatura (°C)		Presión (MPa)
Máxima	Promedio	Mínimo	Promedio	Máxima
0,9	0,7	23	20,5	101,37

Nota: En la tabla se presentan los valores físicos de la simulación numérica mediante el método de simulación por elementos finitos.

6.9 Conclusiones

Se presentan las conclusiones de la propuesta del tema de investigación:

- La propuesta analizó la ventilación natural de los laboratorios de educación superior para mejorar las condiciones de confort de los estudiantes, la simulación se realizó en condiciones ideales, obteniendo temperaturas en el rango entre 17 y 27 °C recomendados por la Norma UNE 171330-2.
- Mediante el programa de simulación OPENFOAM se ha analizado laboratorios tipos de química y computación en distintas semanas del año, con sus aberturas abiertas y cerradas, y diferentes orientaciones de la fachada principal, con el módulo CFD se ha conseguido visualizar el comportamiento de los flujos de aire a causa de la ventilación natural y la ventilación cruzada en la interior.
- Los resultados han determinado, que sí es posible mantener una temperatura de confort aceptable en algunos momentos, pero no se ha conseguido en todos. La

zona interior consigue alcanzar el confort térmico más que la zona intermedia, lo que confirma que el uso de los materiales propuesto parte de su objetivo, mantener la temperatura constante respecto a la zona intermedia y a la climatología exterior.

- Con el estudio realizado se pudo determinar estrategias de diseño y de materiales para mejorar la calidad térmica de los laboratorios y mejorar la calidad de vida de los laboratorios, que a su vez sirvan de pauta para futuras ampliaciones del tema aquí propuesto.

6.10 Recomendaciones

- Es importante seguir profundizando en futuros trabajos a nivel experimental, es necesario continuar las investigaciones con fachadas ventiladas que permitan las variaciones de diferentes parámetros tales como el ancho del canal, área de entrada y de salida, dimensiones de las juntas, etc. De la misma manera, estudio experimental de diferentes configuraciones, tales como fachadas de distinto material, o sustituidas por módulos fotovoltaicos, o incluso que contemplen un ángulo de inclinación para la fachada, es necesario para aportar diferentes opciones al uso para estas aplicaciones.
- La propuesta aporta como una herramienta de evaluación de laboratorios, se recomienda proponer esta nueva forma de análisis de calidad de aire a las instituciones reguladoras debido a que este modelo requiere únicamente de la introducción de las características físicas de las fachadas ventiladas que se desea evaluar, así como series temporales de datos de temperatura ambiente, radiación solar del lugar en el que se quiere llevar el estudio, resaltante una alternativa rápida y económica para proponer controles.

6.10 Bibliografía

Andalucía, J. de, & De, O. de S. y medio A. (2011). Calidad del aire interior. 2672, 132. <https://doi.org/10.1590/S1020-49891998001200018>

Anderson, M. E., & Bogdan, G. M. (2007). Environments, Indoor Air Quality, and Children. *Pediatric Clinics of North America*, 54(2), 295–307. <https://doi.org/10.1016/j.pcl.2007.01.003>

Awbi, H. B. (2017). Ventilation for Good Indoor Air Quality and Energy Efficiency. *Energy Procedia*, 112(October 2016), 277–286. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.1098>

Berenguer-Subils, M. J., & Martí Solé, M. C. (1989). NTP 243: Ambientes cerrados: calidad del aire. *Notas Técnicas de Prevención. INSHT*, 11. Retrieved from https://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=c7389bc9-6b7b-4711-bdec-3ead4bc9a68b&groupId=7294824

Corvalán, C. (2006). PREVENTING DISEASE THROUGH Towards an estimate of the. *World Health*, 12(2), 1–106. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522007000200001>

Fernandez, M. F., Aguilar-Garduño, C., Molina-Molina, J. M., Arrebola, J. P., & Olea, N. (2008). The total effective xenoestrogen burden, a biomarker of exposure to xenoestrogen mixtures, is predicted by the (anti)estrogenicity of its components. *Reproductive Toxicology*, 26(1), 8–12. <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2008.06.002>

Fidalgo Vega Ldo en Psicología Jesús Pérez Bilbao Ldo en Psicología, M. (n.d.). NTP 421: "Test de salud total" de Langner-Amiel: su aplicación en el contexto laboral. Retrieved from <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/F>

icheros/401a500/ntp_421.pdf

Franchi, M., Carrer, P., Kotzias, D., Rameckers, E. M. A. L., Seppänen, O., Van Bronswijk, J. E. M. H., ... Valovirta, E. (2006). Working towards healthy air in dwellings in Europe. *Allergy: European Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 61(7), 864–868. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2006.01106.x>

Fuentes-Leonarte, V., Ten??as, J. M., & Ballester, F. (2009). Levels of pollutants in indoor air and respiratory health in preschool children: A systematic review. *Pediatric Pulmonology*, 44(3), 231–243. <https://doi.org/10.1002/ppul.20965>

Flores de Jesus, Jaime (2008). Determinación de dióxidos de carbono en salones de escuelas elementales del distrito escolar Caguas II. Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico – Humacao.

Heras, C. & Guardino, X. (1994). NTP 373: La Ventilación General en el Laboratorio. *Notas Técnicas de Prevención*, 6. Retrieved from http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_373.pdf

Mitchell, C. S., Zhang, J., Sigsgaard, T., Jantunen, M., Liroy, P. J., Samson, R., & Karol, M. H. (2007). Current state of the science: Health effects and indoor environmental quality. *Environmental Health Perspectives*, 115(6), 958–964. <https://doi.org/10.1289/ehp.8987>

Mermet, Alejandro Gabriel (2005). *Ventilación natural de edificios*. Buenos Aires: Eduardo Yarke – 1ª ed.

Morales, Isabel & Blanco, Virgilio & Garcia, Almudena (2010). *Calidad del aire interior en edificios de uso público*. Madrid: Dirección general de ordenación e inspección y consejería de sanidad de la comunidad de Madrid.

Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía; (2672). Calidad del aire interior.

Fernández, Luis & Alvares, Ramón & Gonzales, Javier (2012). Contaminación del aire interior y su impacto en la patología respiratoria. España: Elsevier España.

Palme, M., Lobato, A., Castillo, J., Villacreses, G., Almaguer, M., & Godoy, F. (2015). Estrategias para mejorar las condiciones de habitabilidad y el consumo de energía en viviendas.

Pérez, Roció (2013). Estudio de la ventilación natural de un edificio y su efecto en el grado de confort de los ocupantes. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.

Rey, Francisco, & Velazco, Eloy (2007). *Calidad de ambientes interiores*. Madrid: Paraninfo.

Sandberg, M., & Sjöberg, M. (1983). The use of moments for assessing air quality in ventilated rooms. *Building and Environment*, 18(4), 181–197. [https://doi.org/10.1016/0360-1323\(83\)90026-4](https://doi.org/10.1016/0360-1323(83)90026-4)

Simoni, M., Scognamiglio, A., Carrozzi, L., Baldacci, S., Angino, A., Pistelli, F., ... Viegi, G. (2004). Indoor exposures and acute respiratory effects in two general population samples from a rural and an urban area in Italy. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 14(SUPPL. 1). <https://doi.org/10.1038/sj.jea.7500368>

Toress, V. M. (2000). Indoor Air Quality in Schools. *EM: Air and Waste Management Association's Magazine for Environmental Managers*, 14–20. <https://doi.org/10.1016/j.arcped.2011.04.020>

Vargas, Z. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. . *Revista educación*, 159.

Wang, Y., Zhao, F. Y., Kuckelkorn, J., Liu, D., Liu, J., & Zhang, J. L. (2014). Classroom energy efficiency and air environment with displacement natural ventilation in a passive public school building. *Energy and Buildings*, 70, 258–270. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.11.071>

WHO. (2006). Development of WHO Guidelines for Indoor Air Quality - Report on a Working Group Meeting. World Health Organization Regional Office for Europe, 1–27. Retrieved from http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0007/78613/AIQIAQ_mtgrep_Bonn_Oct06.pdf

Wu, F., Jacobs, D., Mitchell, C., Miller, D., & Karol, M. H. (2007). Improving indoor environmental quality for public health: Impediments and policy recommendations. *Environmental Health Perspectives*, 115(6), 953–957. <https://doi.org/10.1289/ehp.8986>

Yang, L., Ye, M., & he, B. J. (2014). CFD simulation research on residential indoor air quality. *Science of the Total Environment*, 472, 1137–1144. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.11.118>

ANEXOS

Anexo 1: Lista de laboratorios

Tabla 10: Laboratorios objeto de estudio.

INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL		
#	FRECUENCIA	MUESTRA
1	1	Arquitectura
2	1	CNC
3	1	CNC
4	1	Industrial 1
5	1	Industrial 2
6	1	Electrónica 1
7	1	Electrónica 2
8	1	Hidráulica
9	1	Laboratorio 1
10	1	Laboratorio 2
11	1	Laboratorio 3
12	1	Laboratorio 4
13	1	Laboratorio 5
14	1	Laboratorio 6
15	1	Máquinas Eléctricas 1
16	1	Máquinas Eléctricas 2
17	1	PLC
18	1	Redes
19	1	Robótica
CIENCIAS HUMANAS Y DE LA EDUCACIÓN		
#	FRECUENCIA	MUESTRA
20	1	Laboratorio 1
21	1	Laboratorio 2
22	1	Laboratorio 3
23	1	Laboratorio 4
24	1	Laboratorio 5
25	1	Laboratorio 6
26	1	Laboratorio 7
27	1	Laboratorio 8
28	1	Gastronomía
CONTABILIDAD Y AUDITORÍA		
#	FRECUENCIA	MUESTRA
29	1	Laboratorio 1

30	1	Laboratorio 2
#	FRECUENCIA	MUESTRA
31	1	Laboratorio 3
32	1	Laboratorio 4
33	1	Laboratorio 6
34	1	Laboratorio 7
35	1	Laboratorio 8
INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
#	FRECUENCIA	MUESTRA
36	1	TICS Mecánica
37	1	TICS 1 Civil
38	1	TICS 2 Civil
39	1	Automatización
40	1	Energías
41	1	Mecánica y soldadura
42	1	Mecanizado
43	1	Metalografía
44	1	Neumática
45	1	Procesos de fabricación
46	1	Ensayo de materiales civil
47	1	Hidráulica
48	1	Suelos
49	1	Química
50	1	Topografía
JURISPRUDENCIA Y CIENCIAS SOCIALES		
#	FRECUENCIA	MUESTRA
51	1	SALA audiencias
52	1	Computación 1
53	1	Computación 2
54	1	Radio
55	1	Televisión
DISEÑO, ARQUITECTURA Y ARTES		
#	FRECUENCIA	MUESTRA
56	1	Taller de confección
57	1	PC1
58	1	PC2
59	1	PC3
CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS		
#	FRECUENCIA	MUESTRA
60	1	Análisis de bioquímica y alimentos
61	1	Análisis instrumental

62	1	Cereales y oleaginosas
63	1	Física y electricidad
64	1	Físico-química y análisis instrumental
65	1	TICS 1
66	1	TICS 2
67	1	Bioingeniería y microbiología
68	1	Procesamiento
69	1	Química general
70	1	UOITA
CIENCIAS ADMINISTRATIVAS		
#	FRECUENCIA	MUESTRA
71	1	Marketing y gestión de negocios 1
72	1	Marketing y gestión de negocios 2
73	1	Organización empresas 1
74	1	Organización empresas 2

Nota: En el cuadro los laboratorios objeto de estudio.

Anexo 2: Cuestionario



“CONTAMINANTES QUÍMICOS Y SU INCIDENCIA EN LA AFECTACIÓN DE LA SALUD DE LOS TRABAJADORES EN LABORATORIOS DE INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR”.

El objetivo de este cuestionario es conocer problemas de salud más importantes de nuestra comunidad universitaria debido a la calidad interior del aire de los laboratorios educativos que posee cada facultad del campus Huachi, lea detenidamente las preguntas y responda a todas según corresponda con una X; cabe indicar que esta información se tratara de forma anónima y confidencial, gracias por su colaboración.

Datos:

Campus:.....Facultad:.....

Laboratorio:.....

Horario: Matutino (...), Vespertino (...), Nocturno (...) Carga horaria:.....

Cuestionario:

HIPERSENSIBILIDAD

1. ¿Ha tenido usted alguna enfermedad como neumonitis hipertensiva, o fiebre, asma, rinitis dermatitis?

Si (...) No (...) N/A (...)

VIAS RESPIRATORIAS ALTAS

2. ¿Ha tenido usted alguno de los siguientes síntomas o enfermedades en las últimas semanas?

- Dolor de garganta (...)
- Sequedad (...)
- Picor/escozor (...)
- Goteo nasal (...)
- Congestión nasal sin otros síntomas (...)
- Secreción nasal espesa, verde o amarilla (...)
- Estornudos (...)
- Epistaxis (...)

PULMONES

3. ¿Ha tenido usted una sensación de inhabilidad para respirar (disnea)?
Si (...) No (...) N/A (...)
4. ¿Ha tenido usted la sensación de opresión torácica?
Si (...) No (...) N/A (...)
5. ¿Ha tenido usted tos seca?
Si (...) No (...) N/A (...)
6. ¿Ha tenido usted sibilancias?
Si (...) No (...) N/A (...)

PIEL

7. ¿Ha tenido usted enrojecimiento?
Si (...) No (...) N/A (...)
8. ¿Ha tenido usted sequedad en su piel?
Si (...) No (...) N/A (...)
9. ¿Ha tenido usted picor generalizado o localizado?
Si (...) No (...) Cual (...)

INFECCIONES. -

10. ¿Ha tenido algunas de las siguientes infecciones confirmadas por algún doctor?
 - Legionelosis (enfermedad del legionario) (...)
 - Fiebre de Pontiac (...)
 - Tuberculosis (...)
 - Resfriado común (...)
 - Gripe (...)

OJOS. -

11. ¿Ha tenido usted alguno de los siguientes síntomas?
 - Sequedad (...)
 - Picor (...)
 - escozor (...)
 - Lagrimeo (...)
 - Enrojecimiento (...)


GENERALES

12. ¿Ha tenido usted algunos de los siguientes síntomas?
 - Jaqueca (...)
 - Mareos (...)
 - Fatiga mental (...)
 - Distorsión visual desarrollada (...)

Responsable de la encuesta:

Gracias por su colaboración.

Anexo 3: Ficha técnica ambiental en interior ficha de aspecto ambiental en interiores

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRONICA E INDUSTRIAL MAESTRIA DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL Y AMBIENTAL 																								
MATRIZ DE RIESGO. PROBABILIDAD/EFECTO				N°:																				
DATOS INFORMATIVOS																								
Tipo de estudio:		Fecha de elaboración:																						
Lugar de estudios y análisis:																								
Realizado por:		Supervisado por:																						
PARÁMETROS METODOLOGICOS DE INVESTIGACIÓN																								
Normas de referencia:		Designación:																						
Parámetro identificado																								
Método		Aspecto:																						
VALORACION:																								
MATRIZ:																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Probabilidad Efectos</th> <th>Baja</th> <th>Media</th> <th>Alta</th> <th>Muy alta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ligero</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Considerables</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Graves</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Probabilidad Efectos	Baja	Media	Alta	Muy alta	Ligero					Considerables					Graves								
Probabilidad Efectos	Baja	Media	Alta	Muy alta																				
Ligero																								
Considerables																								
Graves																								
ANÁLISIS DE INSPECCIÓN																								
Agente fisicoquímico	Probabilidad	Efecto	Riesgo																					
Dióxido de carbono																								
Monóxido de carbono																								
Material Particulado																								
VOC																								
Temperatura																								
Humedad Relativa																								
No significativo ®	Re-evaluar periódicamente ®®		Valorar ®®®																					
CONCLUSION																								

Anexo 4: Certificación de calibración equipo AEROCET 831.



Met One
Instruments

1600 Washington Blvd
Grants Pass, OR 97526
(541) 471-7111
(541) 471-7116 (Fax)
Service@metone.com

Calibration Certificate

The calibration results on this report certify that this instrument complies with the product specifications at the time of calibration. Calibration was performed according to accepted industry methods using equipment, procedures, and standards that are traceable to NIST and ASTM and JIS.

Recommended calibration interval is 12 months from the first day of use.

Instrument Model# Aerocet 831 Instrument Serial# T25822

Date of Calibration 12/16/2015 Sensor # 14263

Darleen Best *AT*
Calibration Technician

[Signature]
Quality Check

Temperature 23.5 °C

Relative Humidity 28 %

Test Procedure: **Aerocet 831-6100**

PSL Size (µm)	Test Results	Test Spec.	Lot# NIST	Expiration
0.3	Pass	± 10%	43942	11/30/2017
0.5	Pass	± 10%	43335	06/30/2017
1.0	Pass	± 10%	42896	2/28/2017
2.5	Pass	± 10%	43195	4/30/2017
4.0	Pass	± 10%	REF	NA
5.0	Pass	± 10%	43740	09/30/2017
7.0	Pass	± 10%	REF	NA
10.0	Pass	± 10%	43497	07/31/2017

Standards	Model	SN	Cal Due
Particle Counter	G7-526	M1762	1/28/2016
FLOWMETER	DC-L	537	3/26/2016
DMM	289 Multimeter	27970057	6/17/2016
RH/Temp Sensor	083E-1-35	R17149	7/20/2016

This calibration certificate shall not be reproduced except in full, without the written approval of Met One Instruments Inc.

Anexo 5: Certificado de calibración Equipo Bacharach IEQ Chek

Calibration Report



CAL DATE: February 2, 2016
 CAL DUE DATE: February 2, 2017
 MODEL #: 1522-1008
 Serial No: IEQ1404K0545

MONITOR CHANNEL	Calibration Gas	BEFORE CALIBRATION			AFTER CALIBRATION			ACCURACY % Full Scale
		CONC.	UNCAL.	Units	CONC.	CAL.	Units	
CO2	CO2	1010	1013	PPM	1010	1009	PPM	+/- 2%
	CO2	2000	1816	PPM	2000	1999	PPM	+/- 2%
	CO2	3990	3922	PPM	3990	3990	PPM	+/- 2%
CO	CO	24.6	22.6	PPM	24.6	24.6	PPM	+/- 2%
TVOC	i-C4H8	100	101	PPM	100	100	PPM	+/- 2%
Temperature		25.0	26.2	°C	25	25.0	°C	+/- 2%
RH %	Low	30.0	32.4	%	30	29.7	%	+/- 2%
	High	80.0	75.4	%	80	80.0	%	+/- 2%

CALIBRATION ACHIEVED WITH THE FOLLOWING SOURCES / REFERENCES:

GAS TYPE	CONCENTRATION	SOURCE	MANUFACTURER	LOT NUMBER	EXP DATE
CO2	1010 PPM	CYLINDER	LINDE	1252493	April 2016
CO2	2000 PPM	CYLINDER	LINDE	1349701	Aug 2018
CO2	3990 PPM	CYLINDER	LINDE	1296780	May 2017
CO	24.6 PPM	Outside Air	LINDE	1252494	April 2018
i-C4H8	100 PPM	CYLINDER	CalGaz	1719775	Aug 2017
N2 / ZERO Air	99.9 %	For Zeroing	LINDE	L22691	Sept. 2017

			SERIAL NUMBER	
Temperature	25.0 °C	Met One Instruments	M2692	March 2016
Humidity	30.0 %	Met One Instruments	M2692	March 2016
	80.0 %			

"IT IS HEREBY CERTIFIED THAT THE PRODUCTS LISTED ABOVE HAVE BEEN CALIBRATED, INSPECTED, TESTED AND ACCEPTED BASED ON APPLICABLE SPECIFICATIONS AND REQUIREMENTS." ALL CALIBRATION EQUIPMENT & GASES USED IN THIS TEST ARE NIST TRACABLE.

QUALITY ASSURANCE/TECHNICIAN  Richard Grant

World Headquarters 521 Hunt Valley Circle, New Kensington PA 15068-7074 USA
 PHONE: +1 724-334-5000 FAX: +1 724-334-5001 WEBSITE: www.MyBacharach.com E-MAIL: help@MyBacharach.com



Anexo 6: Certificado de calibración - medidor láser de distancias

 Servicio Ecuatoriano de Normalización LABORATORIO NACIONAL DE METROLOGÍA (LNM) INFORME TÉCNICO DIVISIÓN DE DIMENSIONAL Laboratorio de Longitud			
INFORME TÉCNICO No.:	LNM-L-201800169D	FECHA DE LA MEDICIÓN:	2018-06-12
IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE			
EMPRESA:	EMPRESA PÚBLICA DE UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO UTA-EP "CADME "		
DIRECCIÓN:	Ambato, República del Salvador y México		
IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO O INSTRUMENTO DE MEDIDA			
INSTRUMENTO/PATRÓN:	Distanciómetro	MARCA:	BOSCH
MODELO/TIPO:	GLM 80	SERIE:	408623033
RESOLUCIÓN	0,0001 m	INTERVALO MEDICIÓN:	(0,2 - 7) m
CODIGO DE IDENTIFICACIÓN:	CADME-MLD-001		
OBSERVACIONES: *****			
El Servicio Ecuatoriano de Normalización, realizó en el Laboratorio de Longitud del Laboratorio Nacional de Metrología, la medición del instrumento de medida arriba descrito. La calibración/medición fue realizado bajo un Sistema de Gestión de la Calidad conforme con la NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006. (Si aplica). El LNM no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado del patrón/instrumento de medida en el cual se ha realizado la medición. En el presente informe técnico se informa los valores obtenidos expresados como los resultados de la medición, además se refieren al momento y condiciones en que se realizó la medición; y, no constituye un certificado de aptitud para el uso del instrumento de medida.			
PATRONES/ INSTRUMENTOS DE MEDIDA Y DOCUMENTOS UTILIZADOS			
METODO UTILIZADO: El valor medido es el promedio de tres mediciones que se obtienen al proyectar el láser del equipo a unas bases levantadas en los puntos de referencia establecidos en la cinta patrón del meson del laboratorio.			
INCERTIDUMBRE DE MEDIDA: La incertidumbre de medida obtenida equivale al doble de la incertidumbre combinada, es decir cubre un intervalo de confianza de aproximadamente el 95 % asumiendo una distribución normal, y se la estimó de acuerdo al documento "Evaluation of measuring data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement" (GUM), JCGM 100:2008.			
PATRONES/ INSTRUMENTOS UTILIZADOS: Cinta marca: Infin, CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No.: LNM-L-201800021D modelo: Anchor, serie: NBS N . 14429			
CONDICIONES AMBIENTALES			
Temperatura:	(20 ± 3) °C	Humedad:	(50 ± 10) % HR
		Presión atmosférica:	(740 ± 7)hPa
			

EMPRESA: EMPRESA PÚBLICA DE UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO UTA-EP " CADME "

INFORME TÉCNICO N°: LNM-L-201800169D

FECHA DE LA MEDICIÓN : 2018-06-12


DATOS OBTENIDOS


VALOR NOMINAL	VALOR MEDIDO								PROMEDIO
	1	2	3	4	5	6	7	8	
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	*****	*****	*****	*****	*****	0,0000
0,2000	0,2003	0,2003	0,2004	*****	*****	*****	*****	*****	0,2003
0,3000	0,2996	0,2995	0,3003	*****	*****	*****	*****	*****	0,2998
0,4000	0,4001	0,3999	0,4002	*****	*****	*****	*****	*****	0,4001
0,5000	0,5001	0,5001	0,5000	*****	*****	*****	*****	*****	0,5001
0,6000	0,6001	0,6002	0,6002	*****	*****	*****	*****	*****	0,6002
0,7000	0,7008	0,7004	0,7001	*****	*****	*****	*****	*****	0,7004
0,8000	0,7994	0,7993	0,7995	*****	*****	*****	*****	*****	0,7994
0,9000	0,8997	0,8999	0,8995	*****	*****	*****	*****	*****	0,8997
1,0000	0,9994	0,9997	1,0002	*****	*****	*****	*****	*****	0,9998
2,0000	1,9994	1,9990	1,9995	*****	*****	*****	*****	*****	1,9993
3,0000	3,0012	3,0010	3,0007	*****	*****	*****	*****	*****	3,0010
4,0000	3,9987	3,9990	3,9990	*****	*****	*****	*****	*****	3,9989
5,0000	5,0007	5,0006	5,0009	*****	*****	*****	*****	*****	5,0007
6,0000	5,9991	5,9991	5,9986	*****	*****	*****	*****	*****	5,9989
7,0000	6,9992	6,9992	6,9992	*****	*****	*****	*****	*****	6,9992

Incertidumbre de la medición: 0,52 mm

Este informe técnico no significa una certificación de calidad y no debe ser utilizado con fines publicitarios. Prohibida su reproducción parcial, la reproducción total deberá hacerse con la autorización escrita de la Dirección Ejecutiva del INEN.

Fecha de emisión: 2018-06-15

 Medido por: 
Técnico del Lab.: Ing. Jaime Tutillo

 Revisado por: 
Resp. de Div. de Dimensional: Ing. Hugo Rosero

Anexo 5: Evidencia de mediciones y aspectos de los edificios. 7

	
Edificio Ciencias Humanas	Laboratorio de computación
	
Edificio Facultad de Auditoria	Laboratorio de computación
	
Facultad de Gastronomía	Edificio Facultad de Auditoria
	
Facultad de Alimentos	Laboratorio de Ingeniería Mecánica



Aspectos de edificio gastronomía



Aspectos laboratorio de computación



Aspectos Facultad de Alimentos



Aspectos laboratorios químicos



Aspectos Facultad de Alimentos



Aspectos laboratorios Facultad de Civil



Aspectos laboratorios de computacion



Aspectos Laboratorio de computación



Equipo Bacharach IEQ Chek



equipo AEROCET 831.