

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
SEDE DE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN SALAS  
DE CLASES EN LA UTFSM, SEDE CONCEPCIÓN**

Trabajo de Titulación para optar al Título  
Profesional de INGENIERIA EN PREVENCIÓN  
DE RIESGOS LABORALES Y AMBIENTALES

Alumna:

ASCENCION YESSICA MORALES MARTINEZ

Profesor Guía:

VICTOR LIZAMA MOLINA

## ÍNDICE

Introducción .....	1
Objetivos .....	2
<b>Limitaciones</b> .....	3
Antecedentes del Problema .....	3
<b>Formulación del Problema y Estado del Aire</b> .....	3
Justificación e importancia de la investigación .....	5
Antecedentes Generales .....	6
Universidad Federico Santa María .....	6
Marco Teórico .....	7
Teoría de la Ventilación .....	7
Confort Ambiental Interior.....	8
Características en un espacio interior .....	8
Parámetros Físicos.....	8
Temperatura del aire.....	9
Humedad relativa .....	10
Velocidad del aire interior.....	12
Parámetros Químicos-Biológicos.....	13
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ).....	13
<b>Agentes Infecciosos</b> .....	17
Antígenos .....	17
Toxinas .....	17
<b>Valores referenciales de la calidad de aire interior</b> .....	19
Niveles Normales de Saturación de Oxígeno en la Sangre. ....	20
Metodología .....	21
Descripción del lugar .....	21
Medición en sala n°122 de la UTFSM.....	23
Saturómetro .....	23
<b>Medidor de velocidad anemómetro térmico testo 405i</b> .....	25
<b>Balómetro Testo 420</b> .....	27
Resultados y análisis .....	29
Nivel de Oxígeno en la Sangre.....	29
<b>Medición Humedad Relativa y temperatura</b> .....	33
Análisis de los resultados .....	36
Análisis % CO <sub>2</sub> .....	36
Análisis de CO <sub>2</sub> .....	36
Análisis Termoanemómetro. ....	37
Análisis de los RPH.....	37
Conclusiones y recomendaciones.....	39
Linkografía .....	40
Bibliografía .....	42
Agradecimientos .....	43

## **Introducción**

En el presente trabajo se evaluará la calidad del aire al interior de la sala N° 122 de la Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM), sede Concepción. Para lo cual se realizarán las siguientes mediciones, caudales de los tres extractores que se encuentran en esta, además se tomarán mediciones de temperatura, Oxigenación (saturometro), Humedad, CO<sub>2</sub>, en tres puntos diferentes de esta. Las mediciones se llevarán a cabo sin y con alumnos, posterior a esto se compararán dichas mediciones, éstas se realizarán con los equipos e instrumentos pertenecientes a la universidad.

En Chile existen muy poco énfasis en lo relacionado con la calidad del aire interior, pero si, en un futuro muy cercano deberá cobrar la importancia que merece, ya que de esto derivan varios aspectos, como el desempeño y salud de las personas, la eficiencia y concentración en los estudios, o en los puestos de trabajo, enfermedades respiratorias por exceso de humedad, malestares en la cabeza, ojos, nariz, garganta, estados de ánimo. Son efectos de un aire viciado o sin renovaciones mínimas, etc.

Estudios realizados por la organización Mundial de la Salud, demuestran que las personas pasamos entre un 75 a 90 por ciento de nuestras vidas en lugares interiores, lo cual da real importancia, del porque es importante el tener una buena calidad del aire interior, además que nos dice que este aire se encuentra entre 3 y 7 veces más viciado que el aire exterior. En los últimos años ha cobrado especial relevancia al asociarse al término “síndrome del edificio enfermo” que comprende un amplio rango de síntomas o enfermedades que las personas que trabajan o habitan en dicho edificio atribuyen al edificio en sí. Es por ello que, cuidando la calidad del aire o ambiente interior, se cuida de la salud de las personas que viven o trabajan, en definitiva, que pasan un tiempo considerable en el interior de dicho edificio.

Es además uno de los factores de salud ambiental que tiene una mayor contribución a la carga de enfermedad según el informe “Medio ambiente y salud” de la Agencia Europea de Medio ambiente, las infecciones agudas del tracto respiratorio inferior atribuibles a la contaminación del aire interior explican el 4,6% de todas las muertes y el 3,1% de AVAD (años de vida ajustados por discapacidad). Como muestra de la creciente preocupación acerca de los efectos que sobre la salud tiene estos factores, los organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud, la Comisión Europea, y los nacionales, tienen ya legislación, informes y estudios relacionados con la contaminación del aire exterior, y en algunos casos incluyen también apartados específicos y menciones al aire interior a falta de un mayor desarrollo legislativo específico de la materia.

De acuerdo a los antecedentes entregados por la Organización Mundial de la Salud y la Agencia europea de Medio Ambiente, es que resulta relevante evaluar la calidad del aire, a través de Niveles de CO<sub>2</sub>, temperatura, oxigenación (saturometro) y humedad al interior de la sala de clases N° 122 de la UTFSM Sede Concepción, puesto que este es factor interfiere directamente en la concentración y atención de los estudiantes dentro del aula y el desarrollo adecuado de la clase.

## Objetivos

### Objetivo General

Evaluar la Calidad del aire interior de una sala de clases en la UTFSM, Concepción y los potenciales efectos en los usuarios de esta.

### Objetivos Específicos

1. Seleccionar y caracterizar un salón de clases para evaluar la calidad de aire interior.
2. Determinar la renovación de aire por hora en el salón utilizado para evaluar.
3. Determinar los niveles de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), humedad relativa, temperatura, nivel de saturación de oxígeno y comparar sus valores con estándares nacionales e internacionales.
4. Establecer recomendaciones y/o medidas de control de acuerdo a los resultados obtenidos.

## **Alcance**

De acuerdo al los resultados obtenidos a través de las mediciones, lo que se busca implementar es que la sala de clases evaluada funciones con los sistemas de ventilación por extracción cada vez que esta este en uso por la comunidad educativa y se recomienda establecer con tiempo de descanso cada 2 bloques pedagógicos, puesto que esta acción influye directamente en mejorar la ventilación de sala de forma natural y por ende mejora la calidad del aire al interior.

## **Limitaciones**

La presente investigación tiene como limitante, el tiempo dispuesto para realizar las mediciones, lo que se refleja en la elección sólo de un punto de muestreo (o sala de clases), lo que podemos considerar nuestra base de investigación. Para elegir este de punto de muestreo se toma como criterio de elección, aquella sala clases donde se nos autorizó realizar mediciones para dicho trabajo.

## **Antecedentes del Problema**

Actualmente el nexo que existe en entre el uso de un edificio o espacio cerrado ya sea como lugar de trabajo, recreación, docencia, vivienda, etc. y la aparición de ciertos síntomas y molestias, es sin duda un hecho que ocurre con frecuencia en el diario vivir, y que puede generar efectos negativos en el largo plazo. Este efecto adverso suele denominarse como “mala calidad del aire” afectando a muchas personas. Según la OIT (Organización Internacional del Trabajo) los ocupantes de espacios cerrados pasan alrededor de un 80% de su tiempo al interior de edificios, los cuales se encuentran contaminados en menor o mayor grado.

## **Formulación del Problema y Estado del Aire**

La calidad del aire al interior de espacios cerrados debe asegurar un confort ambiental interior adecuado para los usuarios de éstos, brindando una sensación de bienestar y salud, asegurando que no se perturbe física o mentalmente a los usuarios (ASHRAE, 1988), destacando como uno de los principales contaminantes el dióxido de carbono CO<sub>2</sub>.

Cuando los niveles de CO<sub>2</sub> sobrepasan los 800 ppm (del Campo y Mendivil, (2006); Marta y col., (2010); Montero y col., (2011)) y las 1000 ppm (Martín y Mendivil, 2008; Reátegui y col., 2014), considerando prolongados tiempos de exposición, comienzan aparecer malestares en las personas, tales como cefalea, ansiedad, fatiga, apatía, somnolencia, además se producen quejas de un “aire enrarecido” (Samaniego, (2008); Franco, (2010); Marta, Blanco y García, (2010) y genera una gran barrera en los procesos asociados al aprendizaje.

De acuerdo con los antecedentes presentados, la calidad del aire en el interior de espacios cerrados se ve afectada por la calidad del aire al exterior del lugar, ya que esta última es la *fuerza directa de aire de renovación*, el cual es ingresado por medio de sistemas naturales o mecánicos hacia los espacios interiores. (Soler y Palau, 2017). En algunos casos el aire deberá ser filtrado y precalentado, con el fin de mantener el confort térmico de los usuarios.

Las situaciones de riesgo más frecuentes por todos los ocupantes de un espacio destinado a temas de academia son la exposición a determinadas sustancias irritantes y la inducción a ciertas infecciones o alergias, lo que puede afectar sin duda los procesos de aprendizaje en forma efectiva. Lo anterior destaca que existen en el aire sustancias presentes que interactúan con los usuarios y en algún grado determinado interviene en la salud de estos (*Wallingford, K, 1986*).

Como consecuencia de los escenarios planteados, las principales afecciones de los usuarios se transforman en problemas de atención y/o disminución de capacidades cognitivas, condiciones termigronométricas no confortables y olores molestos, entre otros, potenciando situaciones de estrés y de rendimiento académico o laboral (*del Campo y Mendivil, 2006*). Cabe destacar que la sintomatología detallada desaparece una vez que se hace abandono del lugar y/o que las sustancias mencionadas sean controladas en los rangos en que los usuarios no se vean afectados (Instituto Nacional del Trabajo España, NTP 289, 1981).

En resumen, bajo el contexto planteado, la exposición a ciertos contaminantes presentes en espacios interiores tiene una diversidad de posibles efectos negativos, lo cual va a depender del tipo de edificación, como circula el aire por los espacios interiores y su propia renovación, el tipo de contaminantes presentes y la concentración que estos pueden alcanzar.

### Justificación e importancia de la investigación

Los actuales estándares de calidad de aire interior Sociedad Americana de Ingeniero de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE), están ligados a la construcción de viviendas y edificios, sustentados en la eficiencia energética, esto se ve manifestado en el uso de materiales sintéticos de construcción, caracterizado por su baja conductividad térmica y una alta hermeticidad, lo cual genera una pobre ventilación de espacios interiores, acarreado problemas de salud para quienes viven o trabajan en ellos. según la organización mundial de la salud. Basado en estos antecedentes, Juan Luis Ramírez, PhD y presidente del Comité Tecnológico del Colegio de Arquitectos, menciona que estos

antecedentes se manifiestan como el” Síndrome del Edificio Enfermo”, el cual afecta al 70% de las construcciones chilenas.

Frente a escenarios desfavorables desde el punto de vista de una mala calidad de aire interior se deben tomar medidas preventivas y/o correctivas, y con estos generar antecedentes de cómo estas condiciones pueden afectar la salud y los procesos de aprendizajes al interior de establecimientos educacionales.

El instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) de España en conjunto con la Organización Mundial de la Salud (OMS) proponen ciertas recomendaciones y/o metodologías para mejorar las condiciones ambientales, las cuales debe servir de base para tomar medidas correctivas eficientes.

### **Antecedentes Generales**

#### **Universidad Federico Santa María**

El lugar donde se realizarán las mediciones, es en la Universidad Técnica Federico Santa María, Sede Rey Balduino de Bélgica, ubicada en la ciudad de Concepción, en Arteaga Alemparte #943, de la comuna de Hualpén, región del Bio-Bio, la cual comienza sus actividades en 1971 siendo en la actualidad una de las universidades más reconocidas por su aporte al desarrollo educacional en la región.

Según una investigación realizada por expertos de las universidades de Washington y California Berkeley los elementos que debe tener el aula de clases ideales son la luz natural, buena ventilación y una temperatura adecuada.

Miles son las horas que, año tras año, invierten los estudiantes de todos los niveles formándose entre cuatro paredes. Pero, ¿qué tanto influyen estos espacios físicos en la incorporación de conocimientos? Según sostienen muchos renombrados pedagogos y expertos en educación, el entorno físico de un aula puede tener importantes efectos en el rendimiento académico de los estudiantes, influyendo tanto en su autoestima como en su sentido de pertenencia al grupo y la institución educativa. Es por esto que un lugar tan

prestigioso y atrayente a nuevos estudiantes, entregue los espacios físicos con un ambiente confortable y de calidad para su desarrollo estudiantil.

## **Marco Teórico**

### **Teoría de la Ventilación**

Por teoría de la ventilación entendemos la renovación del aire de una habitación o recinto cerrado mediante la conexión con el entorno exterior, la renovación del aire necesita de una abertura para el ingreso del aire y otra para la extracción o salida de este.

La condensación surge cuando el aire se pone en contacto con una superficie que tiene una temperatura inferior al punto de rocío del aire.

La aireación se lleva la humedad y el aire contaminado al exterior, lo que reduce la posibilidad de condensación con lo que lleva una mejora en la calidad del aire y una disminución en el crecimiento del moho en el interior de la habitación. La ventilación también genera suficiente y necesario oxígeno para los estudiantes, y personal que se desarrolla en el establecimiento (Profesores, personal de aseo, etc.) los aparatos que se tengan de calefacción, es decir hace posible la renovación del aire dentro de la habitación o lugar de trabajo.

La ley de los gases ideales un gas hipotético formado por partículas puntuales sin atracción ni repulsión entre ellas y cuyos choques son perfectamente elásticos. La energía cinética es directamente proporcional a la temperatura en un gas ideal. La presión ejercida por una fuerza física es inversamente proporcional al volumen de una masa gaseosa, siempre y cuando su temperatura se mantenga constante. A temperatura constante, el volumen de una masa fija de gas es inversamente proporcional a la presión que este ejerce. Cuando aumenta la presión, el volumen baja, mientras que si la presión disminuye el volumen aumenta. Muchos gases tales como el nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, gases nobles, y algunos gases pesados tales como el dióxido de carbono pueden ser tratados como gases

ideales dentro de una tolerancia razonable. Generalmente, el apartamiento de las condiciones de gas ideal tiende a ser menor a mayores temperaturas y a menor densidad (o sea a menor presión), ya que el trabajo realizado por las fuerzas intermoleculares es menos importante comparado con energía cinética de las partículas, y el tamaño de las moléculas es menos importante comparado con el espacio vacío entre ellas.

### Confort Ambiental Interior

Se define como confort ambiental interior al conjunto de factores ergonómicos que condicionan directamente la calidad del ambiente térmico, *calidad de aire interior*, ambiente acústico y ambiente luminoso.

La sensación de bienestar de los ocupantes no depende sólo de la calidad del aire interior, sino que también, de hábitos, condición social y nivel cultural e incluso de criterios subjetivos debidos a diferencias de sensibilidad entre individuos. (RITE, 2002)

Al hablar de confort ambiental se debe hacer referencia a una serie de condicionantes como confort térmico, confort acústico, confort lumínico y calidad de aire, esta última trata de la relación más directa entre el aire, el confort térmico y la ventilación que se tenga en un determinado espacio.

### Características en un espacio interior

#### Parámetros Físicos

Dentro de los cuatro factores que definen el confort ambiental interior, destaca principalmente como parámetro físico el confort térmico.

El confort térmico es la condición de bienestar del individuo desde el punto de vista del equilibrio de la *temperatura del aire*, *humedad* y *velocidad del aire* presente en un lugar determinado (ASHRAE, 1988).

El interés por cuantificar el nivel de confort térmico en espacios interiores nació con la aparición de técnicas de acondicionamiento de aire, cuyo fin era justamente lograr que las personas se sintieran confortables y por lo tanto se precisaba de alguna metodología que permitiera evaluar en qué medida se alcanzaba el nivel adecuado de confort (*Castejón, 1983*). Las principales variables intensivas medibles que permiten cuantificar los niveles de confort térmico en un espacio interior son los siguientes:

### Temperatura del aire

Corresponde a una magnitud de referencia respecto de la sensación de frío o calor que afecta directamente a las personas en un ambiente determinado. De lo planteado podemos deducir que el concepto de calor está asociado con una temperatura más alta, mientras que el término frío se asocia con una temperatura más baja (*UNE.100.011-91 de mayo de 2001*).

Para medir este parámetro en forma directa, se usa un instrumento denominado termómetro, el cual registra la temperatura seca del aire o de bulbo seco (TBS) la cual corresponde a la temperatura a la que se encuentra el aire que rodea al individuo. La diferencia entre esta temperatura y la de la piel de las personas determina el intercambio de calor entre el individuo y el aire, a este intercambio se le denomina intercambio de calor por convección (*Notas prácticas N° 775 INSHT, 1995*).

La temperatura recomendada según la OIT en el interior de un edificio u otra similar debe oscilar entre los 20 y los 23 grados centígrados (Celsius) en invierno y entre 20 y 25°C en verano, con una humedad relativa comprendida entre el 40 y el 60%.

Temperaturas superiores a 25°C pueden causar dolor de cabeza y fatiga, mientras que temperaturas por debajo de 18°C son motivo de escalofríos y gripe.

Se debe tener en cuenta que el confort térmico de una persona puede estar afectado por la temperatura de las paredes y objetos (como computadores, proyectores u otro), la humedad del aire, la actividad física que se esté realizando en el lugar, el tipo de vestimenta y la velocidad del aire al interior de un lugar (*Notas prácticas N° 99 INSHT, 2007*)

## Humedad relativa

Es la cantidad de vapor de agua en gramos que hay en un kilogramo de aire con relación a la máxima cantidad de vapor que puede haber a una temperatura determinada (*Smith y Van Ness, 2007*)

En términos prácticos la humedad relativa es el porcentaje de vapor de agua presente en el aire, comparado con la presión de vapor del agua en una mezcla saturada a la misma temperatura. Una humedad relativa interior fuera del rango entre el 35 a 65 % puede causar efectos adversos sobre la salud tales como los que se muestran a continuación (Síndrome del Edificio Enfermo, UPC, 2015). Un exceso de humedad puede causar:

- Fatiga, dolor de cabeza y mareo (sobre todo cuando la humedad relativa es superior al 80% y la temperatura esta alrededor de los 25°C o superior)
- Condiciones favorables para el crecimiento de microorganismos, especialmente cuando existe condensación de agua sobre diferentes superficies.
- Incremento de la emisión en diferentes sustancias químicas que forman parte de materiales de construcción tal como muebles, sillas, mesas, etc., especialmente en el caso que exista la presencia de formaldehído y otros compuestos orgánicos volátiles.

Por otro lado, los problemas que asociados a bajos niveles de humedad (alrededor de un 35% o menos) son:

- Sequedad de ojos, nariz y garganta, principalmente por una deshidratación de las mucosas, debido a un aumento en el gradiente de concentración químico generado por la diferencia de concentración del agua, entre las mucosas y el ambiente.
- Incremento de la electricidad estática, ya que el exceso de electrones que acumula el cuerpo, no se descargan en el agua en suspensión, sino otros objetos o personas.

Complementando lo anterior, el Instituto de Medicina de los EE. UU. a través de distintos estudios entre los años 1997 y 2010 concluye que la presencia de mohos y bacterias en espacios interiores como casas, colegios u oficinas son producto de la alta humedad del aire,

concluyendo de estas investigaciones que hay un considerable aumento en el porcentaje personas con problemas de salud asociados en forma directa a problemas de alta humedad.

En concreto menciona que existe un 50% más de casos de enfermedades asmáticas, un 50% más de aparición de tos, y un 52% de otros síntomas del tracto respiratorio superior en lugares con humedades superiores al 65%.

La Organización Mundial de la Salud, OMS, en su publicación “Guía sobre la calidad del aire interior: humedad y moho” establece que hay una relación directa entre la presencia de humedades en los edificios y el riesgo de aparición de infecciones respiratorias, asma, bronquitis y rinitis alérgica.

### Velocidad del aire interior

Es la velocidad a la cual el aire se mueve en un espacio interior. Este parámetro es de suma importancia ya que se asocia a la existencia de convección natural del mismo (movimiento de masas de aire) manifestándose como una sensación de malestar o de frescura por parte de los usuarios.

La magnitud de la velocidad se asocia como una medida de control de la humedad, favorece la ventilación de espacios interiores y modifica la sensación térmica de las personas (Contreras, 2011).

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) en la instrucción Técnica Complementaria (ITE) N° 02.2.1, basándose en el bienestar térmico de las personas, establece dos rangos de velocidad interior de acuerdo con la estacionalidad del año (ver tabla 1).

<b>Estación</b>	<b>Velocidad media el aire (m/s)</b>
Verano	0,18 – 0,24
Invierno	0,15 – 0,20

**Tabla 1:** Velocidades promedio en espacio interior (RITE en ITE 02.2.1)

Los valores de velocidad mencionados en la tabla 1, deben ser medidos en la altura media de la oficina, sala de clases, etc. es decir en la zona respirable de las personas.

### Parámetros Químicos-Biológicos

El aire al interior de un aula habitación, oficina, etc., contiene mezcla de sustancias químicas (contaminantes, alérgenos y microbios) procedentes de diferentes fuentes. Estas sustancias pueden encontrarse como gases, vapores y/o aerosoles (inorgánicos y orgánicos), y pueden penetrar a espacios interiores desde el ambiente exterior o bien haberse formado dentro del mismo espacio interior.

En este contexto el número de sustancias contaminantes es muy elevado y los orígenes de éstas pueden ser muy variados. Dentro de los más significativos se encuentra el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), antígenos y sustancias infecciosas entre otros (*NTP 409: Contaminantes biológicos: criterios de valoración, 1994*)

### Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)

El dióxido de carbono es un gas incoloro e inodoro que se forma en todos aquellos procesos en que tiene lugar la combustión u oxidación de sustancias que contienen átomos de carbono, donde uno de los principales procesos de su generación es el metabolismo biológico en las personas (*NTP 549: El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire interior, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1993*)

Se caracteriza por ser una molécula con efecto asfixiante y actúa básicamente desplazando las moléculas de oxígeno del aire. A elevadas concentraciones puede causar dolor de cabeza, mareos, somnolencia y problemas respiratorios. Sus efectos en el organismo dependen de la concentración y del tiempo de exposición.

Adicionalmente, cuando la concentración de CO<sub>2</sub> se encuentran entre los 800 ppm y los 1000 ppm se presentan malestares en las personas tales como cefalea, ansiedad,

cansancio, apatía, somnolencia, debido a un enrarecimiento del aire (del Campo y Mendivil, 2006; Marta y col., 2010; Montero y col., 2011).

La molécula de CO<sub>2</sub> está presente en el aire exterior en concentraciones de 300 a 400 ppm, pudiendo alcanzar en grandes zonas urbanas valores de alrededor de 550 ppm (*ASHRAE 62-1989*).

En ambientes interiores como oficinas, escuelas y servicios en general, la concentración de esta molécula puede alcanzar valores en el rango de hasta 4000 ppm, cuya fuente principal es producto del metabolismo humano (*NTP 313: Calidad del aire interior, 1991*)

La emisión de dióxido de carbono producto del metabolismo va ligada con otras sustancias tales como agua, aerosoles biológicos, partículas, alcoholes, aldehídos, etc., que se denominan 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 (Morey, P.R. et al, 1990)

Para establecer valores de referencia se han realizado estudios con personas que sugieren que a 600 ppm de CO<sub>2</sub> los individuos más sensibles ya manifiestan quejas y molestias, en la práctica se acepta que no debe superarse una concentración de ppm de dióxido de carbono con el fin de evitar problemas de olor y para que el aire sea considerado aceptable para aproximadamente el 80% de los visitantes del aula. Los ocupantes adaptados, es decir los que llevan un cierto tiempo en un lugar interior, pueden no notar molestias, en términos de olor corporal, hasta que la concentración de dióxido de carbono supera 2.000 ppm (*NTP 549: El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire interior*, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1993).

Los valores límite que se consideran aceptables para el dióxido de carbono según diversas normal internacionales son:

Límites de exposición profesional para agentes químicos: 5000 ppm.

IT-IC 02: 5000 ppm.

UNE 100 011 91:1000 ppm.

ASHRAE (standard 62 – 1989):1000 ppm.

De acuerdo con estimaciones respecto de las molestias de usuarios frente a diferentes concentraciones de CO<sub>2</sub>, recogidas por la OMS, se puede establecer que, en concentraciones de 1000 ppm, alrededor de un 20% de las personas ya presenta molestias propias de la presencia de este gas, percibiendo el aire como enrarecido, según datos de la tabla 2.

<b>Concentraciones de CO2 (ppm)</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>	<b>3000</b>	<b>4000</b>	<b>5000</b>
Porcentajes de Insatisfechos (%)	5	20	37	48	56	63

Tabla 2: Efecto de personas con molestias frente a diferentes concentraciones de CO2 en un espacio interior (*Organización Mundial de la salud*).

## Agentes Infecciosos

Las enfermedades infecciosas se transmiten más fácilmente en ambientes cerrados que en espacios abiertos, ya que la cantidad de aire en el cual se diluyen los microorganismos es menor, el contacto directo es mayor y las personas pasan tiempo en ambientes cerrados que en el exterior.

Algunos microorganismos causantes de enfermedades como la gripe, el sarampión y la legionella se transmiten fácilmente por el aire durante su paso a través del sistema de ductos de ventilación si no se toman medidas específicas al respecto (*NTP 409: Contaminantes biológicos: criterios de valoración, 1994*)

### Antígenos

Antígeno es toda sustancia que al penetrar en un organismo animal dotado de sistema inmunológico maduro es capaz de provocar una respuesta inmunitaria específica. La mayor parte de antígenos proceden de microorganismos, artrópodos y animales. Los presentes en el aire pueden causar enfermedades como la neumonitis hipersensitiva, rinitis alérgica y asma alérgica, entre otras (*Seltzer, J.M, 1995*)

### Toxinas

Las toxinas son sustancias segregadas por algunos microorganismos que producen efectos nocivos en los organismos vivos atacados. La mayor parte de las toxinas microbianas presentes en el aire de un ambiente interior están constituidas por endotoxinas bacterianas y mico toxinas (procedentes de los hongos) (*ASHRAE 62- 1989*).

El característico olor a moho de las áreas en las que se hallan presentes hongos es debido a la producción, por parte de éstos, de sustancias volátiles.

Se asocian con algunos síntomas característicos de las neumonitis hipersensitiva y de la fiebre de los humidificadores.

En resumen, podemos decir que 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, tal como se muestra en la figura 1. La mayor parte de los casos en que la mala calidad del aire interior da lugar a malestares, estrés, absentismo laboral y pérdida de productividad; generando adicionalmente problemas desde el punto de vista del clima laboral (OMS, 1987).

Al igual que el aire exterior, el aire interior contiene una compleja y variable mezcla de contaminantes (sustancias químicas, alérgenos y microbios) procedentes de diferentes fuentes, tal como se señalan en los puntos anteriores.

Los descubrimientos sobre los efectos que los contaminantes del aire que ejercen sobre la salud de las personas permiten sacar conclusiones generales sobre sus efectos. De hecho, las diferentes sustancias químicas presentes pueden interactuar entre sí y provocar efectos adversos superiores (o inferiores) a la suma de efectos individuales de cada sustancia química. Se sabe muy poco sobre los efectos combinados de los contaminantes del aire interior.

Por lo tanto, para la evaluación de los riesgos y los efectos combinados en la calidad del aire interior se debería tener en cuenta un enfoque de estudio.

Cabe mencionar que el CO<sub>2</sub> es considerado como un indicador de calidad del aire interior (OMS, 1987).

## **Valores referenciales de la calidad de aire interior**

Diferentes organizaciones internacionales como la OMS (Organización Mundial de la salud) y el CIBC (International Council of Building Research), privadas como la ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers), y algunos países como Suecia (The Swedish Council of Building Research), Estados Unidos, Canadá y Australia han desarrollado guías y estándares de exposición.

La necesidad de renovar el aire de ambientes cerrados se conoce ya desde mediados del siglo XVIII recomendándose aportes mínimos de aire exterior por ocupante, con el fin de diluir las concentraciones de bioefluentes humanos y evitar las molestias debidas a malos olores (ASHRAE 62-1989).

En los años 70, ASHRAE publica diversos trabajos recomendando un aporte de aire fresco mínima de  $34 \text{ m}^3/\text{h}$  por persona para evitar los malos olores y un mínimo absoluto de  $8,5 \text{ m}^3/\text{h}$  por persona para mantener la concentración de dióxido de carbono por debajo de 2500 ppm, que es la mitad del límite de exposición promedio permisible en un ambiente laboral. En el más reciente ASHRAE Standard 62-1989 se recomienda un mínimo de  $25,5 \text{ m}^3/\text{h}$  por persona para aulas de clase,  $34 \text{ m}^3/\text{h}$  para oficinas y  $42,5 \text{ m}^3/\text{h}$  para hospitales (zona de enfermos). Este estándar recomienda también aumentar dichos volúmenes cuando hay problemas de mezcla del aire en la zona de respiración o fuentes inhabituales de contaminación. Por otro lado, no hay que olvidar que la finalidad primaria de un sistema de aire acondicionado en un edificio de oficinas es proporcionar un buen nivel de *comfort térmico*. Según ASHRAE 55-1981, la temperatura interior debe mantenerse entre 20-24°C en invierno y entre 23-26°C en verano. Este estándar no especifica la humedad relativa, que se considera que debe estar entre el 35 y 65% (preferiblemente del 30 al 50%).

## Saturómetro

El pulsioxímetro, también llamado oxímetro de pulso, **saturómetro** o medidor de saturación de oxígeno, es un instrumento médico que se utiliza para medir indirectamente la frecuencia cardíaca y la saturación de oxígeno que se encuentra en la sangre de un paciente. Esta técnica es conocida como pulsioximetría.

Para medir estos dos parámetros se coloca en el extremo de un dedo, y el resultado puede ser visto en su pequeña pantalla. Esta técnica es menos invasiva que comprobar directamente el nivel de oxígeno en la sangre, pero logra unos resultados muy fiables.

El oxímetro de dedo emite luz con dos densidades de onda diferentes, una de 660 nm y otra de 940 nm, roja e infrarroja respectivamente. Esta luz es absorbida en gran parte por el tejido conectivo, la piel, el hueso y la sangre de las venas.

La luz infrarroja es absorbida por la hemoglobina oxigenada, dando lugar a que pase más luz roja, y esta es absorbida por la hemoglobina desoxigenada, permitiendo que pase más luz infrarroja.

Con cada latido se incrementa ligeramente la absorción, es decir, para que funcione tiene que encontrar pulso, o en caso contrario no sería capaz de medir nada.

En la cara opuesta del saturómetro se encuentra un fotodetector, que se encarga de controlar la cantidad de luz que ha pasado por el dedo y no ha sido absorbida.

Para obtener el resultado, el fotodetector del oxímetro de pulso compara la tasa de luz roja con la tasa de luz infrarroja, dando como resultado el nivel de saturación de oxígeno.

### Niveles Normales de Saturación de Oxígeno en la Sangre.

Se considera que el porcentaje adecuado y saludable de oxígeno en sangre es de entre el 95% y el 100%. Cuando la saturación se encuentra por debajo del 90% se produce hipoxemia, es decir, el nivel por debajo de los normal de oxígeno en sangre. Uno de sus síntomas es la dificultad para respirar. Y cuando se da un porcentaje inferior a 80 se considera

hipoxemia severa, Esta es la disminución de la saturación de oxígeno, puede estar causada por diversos factores. Algunos de ellos son la respiración superficial, el oxígeno reducido en el aire inhalado (por ejemplo, en altitudes muy altas), ciertas enfermedades pulmonares o coronarias, apnea del sueño, entre otros.

## **Metodología**

### **Descripción del lugar**

Sala de clases 122, volumen 100 metros cúbicos aprox. Cuenta con tres extractores (accionados manualmente por interruptor, se muestran en la parte superior de la imagen), ventanal de 2 metros cuadrados aprox. (para ingreso luz natural), una puerta de ingreso con celosías en su parte inferior, con una capacidad máxima de 26 ocupantes. Los puntos encima de las mesas, que se muestran a continuación en la imagen son los lugares donde fue medido el CO<sub>2</sub>, temperatura y humedad relativa.

La sala N°122 fue seleccionada para esta investigación, puesto que es un lugar que cuenta con los implementos adecuados para un estudio viable, debido a que en sus instalaciones podemos encontrar extractores de aire y además es un espacio que está en constante uso por la comunidad educativa.

Por otro lado, es importante mencionar que la ubicación de la sala resultó ser cómoda, ya que se encuentra cerca de las instalaciones donde se guardaban los equipos para realizar las mediciones.

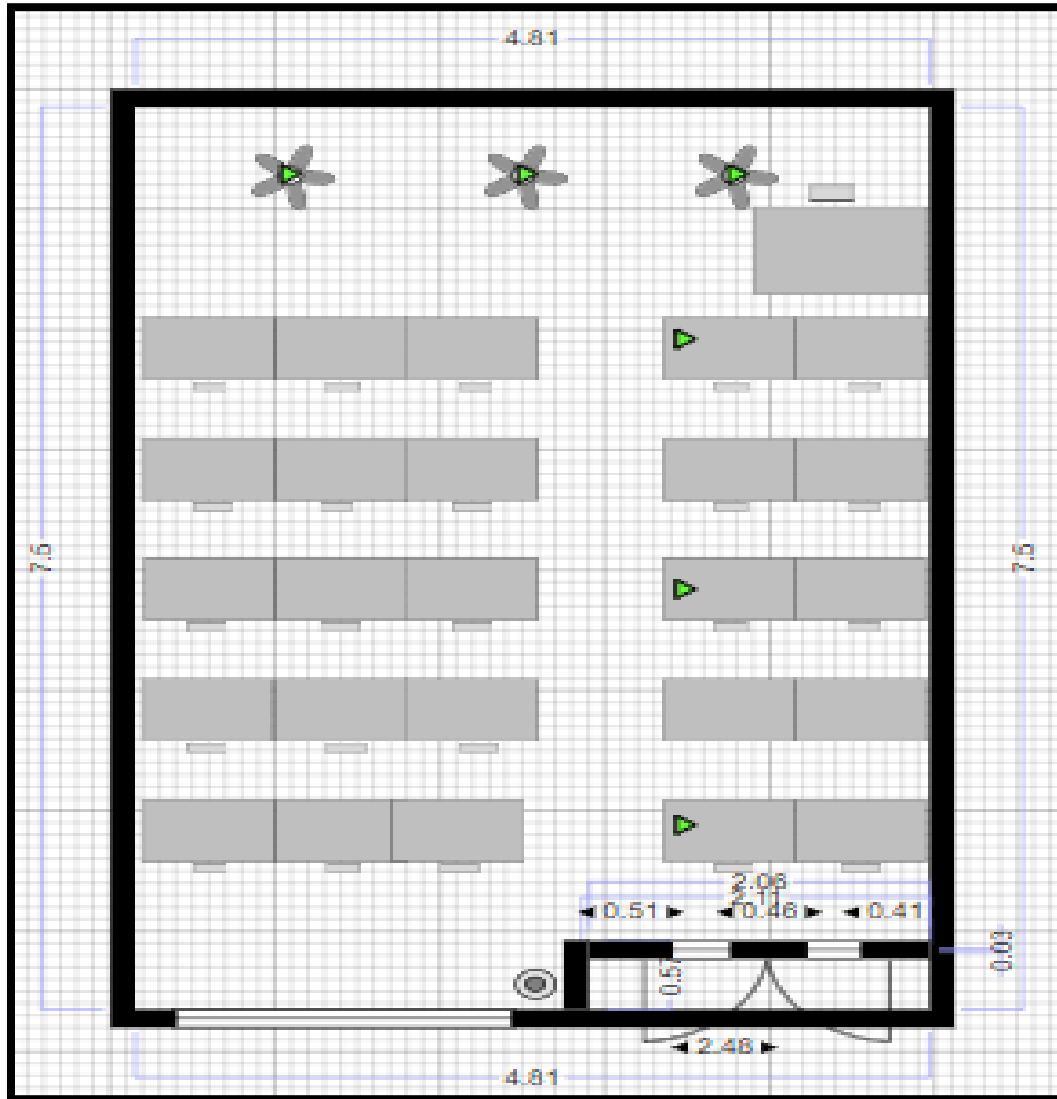


Figura 1: Plano de la sala 122 UTFSM.



VENTILADOR



MESA

## Medición en sala n°122 de la UTFSM

### Saturómetro

Un oxímetro de pulso es un aparato médico que mide de manera indirecta la saturación de oxígeno de la sangre de un paciente, no directamente a través de una muestra de sangre. Algunos oxímetros pueden ser sensibles a los cambios en el volumen de sangre en la piel, produciendo una fotopletismograma.

El dispositivo para medir la presencia de sangre oxigenada emite una luz roja y detecta la intensidad que atraviesa y posteriormente procede de la misma forma con luz infrarroja. En función de las diferentes intensidades absorbidas se puede establecer el nivel de oxígeno.

La saturación de oxígeno es la medida de la cantidad de oxígeno disponible en la sangre. Cuando el corazón bombea sangre, el oxígeno se une a los glóbulos rojos y se reparten por todo el cuerpo. Los niveles de saturación óptimos garantizan que las células del cuerpo reciban la cantidad adecuada de oxígeno.

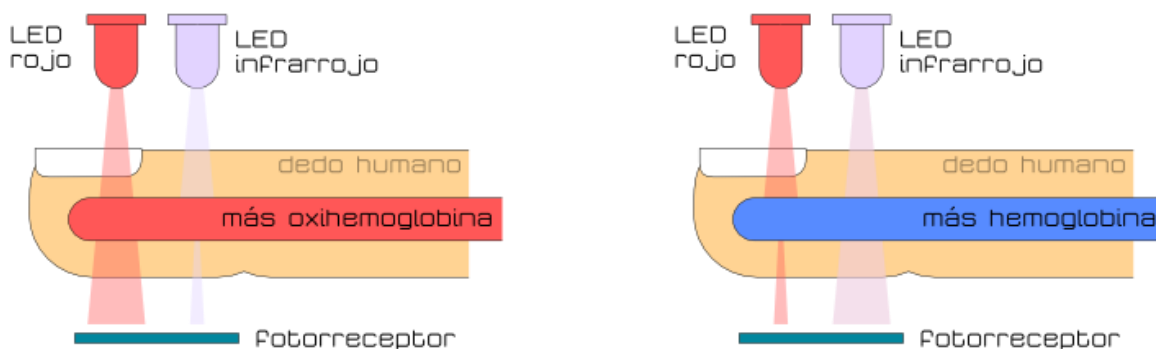


Figura 2: Funcionamiento del Saturómetro.

**Medidor de calidad de aire interior TESTO 435 multiparámetro.**

El testo 435 es un instrumento de medición compacto multifunción puede medir el CO<sub>2</sub>, y la humedad relativa y la temperatura ambiente, parámetros necesarios para la correcta evaluación de la calidad de aire interior. Consta de una sonda con soporte sobremesa, basado en el principio de absorción de radiación infrarroja (IR) para el CO<sub>2</sub>.



Figura 3: Medidor de CO<sub>2</sub> Testo 435

Para la medición de la temperatura se basa en el principio de funcionamiento de un termopar que consiste en dos metales diferentes unidos por un extremo. Cuando la unión de los dos metales se calienta o enfría se produce un voltaje que se puede correlacionar con la temperatura en el equipo Testo 435.

Para la humedad se basa en el principio que la sonda absorbe moléculas de carbono en la evaluación de la calidad del aire interior, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1993) vapor de agua a través de su superficie. Este proceso, modifica las propiedades eléctricas de una componente del circuito electrónico (resistencia o condensador), la cual permite crear una señal eléctrica que es proporcional a la humedad.

Los rangos de medición de la sonda de calidad de aire del Testo 435.

Rango de medición	Exactitud
0 ... +50 °C	±0.3 °C
0 ... +100 %HR	±2 %HR (+2 ... +98 %HR)
0 ... +10000 ppm CO <sub>2</sub>	±(75 ppm CO <sub>2</sub> ±3% del v.m.) (0 ... +5000 ppm CO <sub>2</sub> )
+600 ... +1150 hPa	±(150 ppm CO <sub>2</sub> ±5% del v.m.) (+5001 ... +10000 ppm CO <sub>2</sub> )
	±10 hPa

Tabla 3: Rangos de medición.

### **Medidor de velocidad anemómetro térmico testo 405i**

El anemómetro de hilo caliente testo 405i es un instrumento de medición compacto para las velocidades del aire, conectado en forma Bluetooth con un teléfono inteligente o tablet. Equipado con un telescopio extensible hasta 400 mm permite el uso flexible en interiores y canales, tal como e muestra en la figura.



Figura 4. Sonda de velocidad de aire “anemómetro de hilo caliente”.

Este anemómetro de hilo caliente mide la disipación de calor desde un conductor metálico de diámetro muy pequeño, cuando es expuesto al viento. El conductor se integra en un circuito eléctrico por el cual circula corriente. Si se mantiene constante la temperatura del conductor, la corriente eléctrica es una función conocida de la velocidad del viento.

Los rangos de medición de la sonda se muestran en la tabla

<b>Tipo de sensor</b>	<b>Hilo caliente</b>
Rango de medición	0 ... 30 m/s
Exactitud ± 1 dígito	± (0,1 m/s + 5 % del v.m.) (0 ... 2 m/s) ± (0,3 m/s + 5 % del v.m.) (2 ... 15 m/s)
Resolución	0,01 m/s

Tabla 4: rangos de variables de la sonda de hilo caliente o anemómetro.

Cabe destacar que tanto la sonda de calidad de aire como la sonda de velocidad de viento, se encuentran actualmente con su certificado de calibración vigente

## **Balómetro Testo 420**

El Balómetro Testo 420. Modo de medición: se arma primero la campana, en la parte interna e interior hay marcas para el alojamiento de las varillas de tensión, en su interior posee un estabilizador el cual permite que no haya turbulencias en el flujo de aire que llega hasta la cruceta de medición, de este modo se obtienen resultados considerablemente más exactos con todo montado ya, el instrumento es liviano, pesa 2,9 kilogramos aprox. Se enciende el equipo y se procede a realizar la medición posicionando debajo del extractor esta demora aprox. 5 segundos en realizar la primera medición, la cual se muestra en el display o pantalla del equipo, seleccionamos una carpeta actual o una nueva.

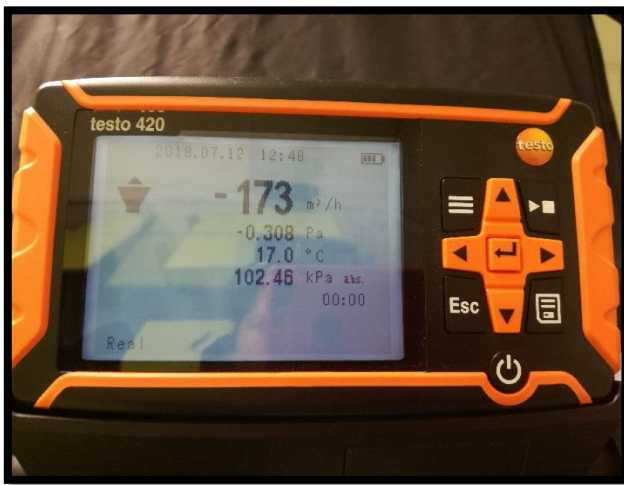


Figura 5: Pantalla de configuración de mediciones



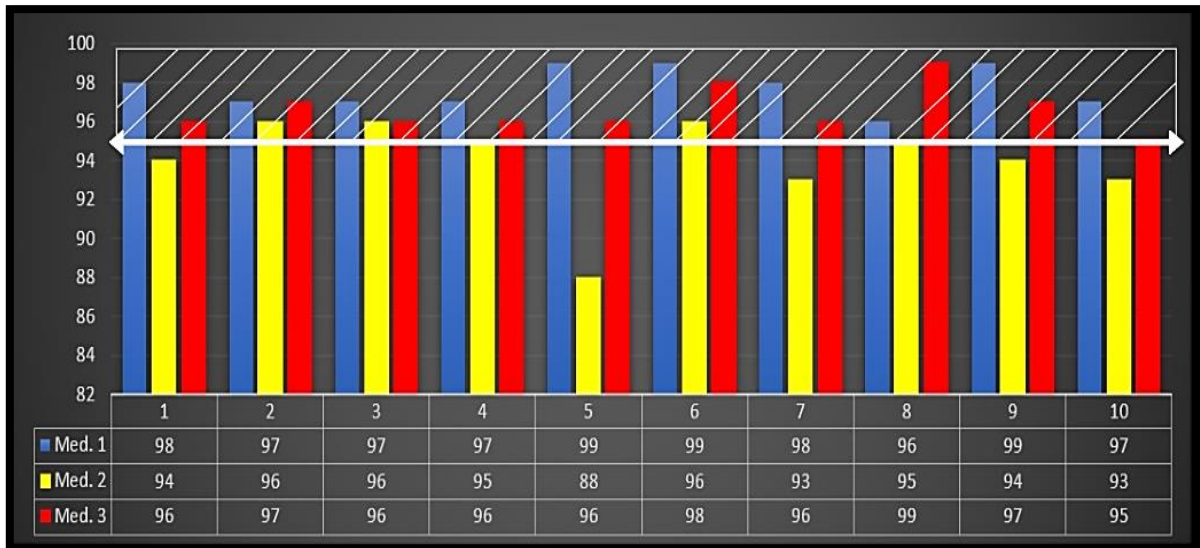
Figura 6: Campana de Balómetro

Con este instrumento puedes utilizar la APP disponible de Testo la cual puedes descargar en tu Tablet o celular (esta se utiliza cuando la campana esta soportada en un trípode para que quede bien posesionada en la parte inferior de extractor. Procedemos a activar el bluetooth en el instrumento, es la tecla con la flecha apuntando hacia arriba, se mantiene presionada por tres segundos he inmediatamente podemos se puede visualizar los valores medidos, se visualiza en forma individual o de gráfico, en la Tablet o celular, se puede seleccionar medición individual o medición continua, al presionar stop podemos congelar los

valores medidos y guardarlos en la carpeta de medición actual, además se puede acceder a las mediciones guardadas en el instrumento, la APP puede crear informes con los resultados de medición, para esto se presiona el icono compartir y seleccionamos la opción, configurara informes, aquí se puede seleccionar todos los datos de medición relevantes, también se puede agregar información adicional, como por ejemplo datos de contacto, comentarios e incluso imágenes. Con la opción finalizando podemos enviar el informe directamente al correo electrónico configurado.

## Resultados y análisis

### Nivel de Oxígeno en la Sangre



**Gráfico 1:** Primera medición con saturómetro, efectuada a un grupo de 10 alumnos y medida cada 15 minutos, en tres ciclos.

Cada medición fue realizada a un grupo de 10 personas (medición 1, 2 y 3)

La barra azul del gráfico corresponde al inicio, la barra de color amarillo corresponde a los 15 minutos después de la primera medición realizada y la barra de color rojo corresponde a los 30 minutos después de la primera medición.

Cada número del 1 al 10 que se encuentra al inferior del grafico en forma horizontal corresponde a la individualización de las personas.

En la primera medición todos los involucrados se encontraban dentro de los parámetros normales de oxigenación, en cambio en la segunda medición el 50% de los individuos se encontraba bajos los parámetros normales, y entre la segunda y tercera medición hubo una abertura de puerta de la sala, lo que provocó que las personas involucradas volvieran a su estado normal de oxigenación.

Debido a que se generó una renovación del aire al interior del salón.

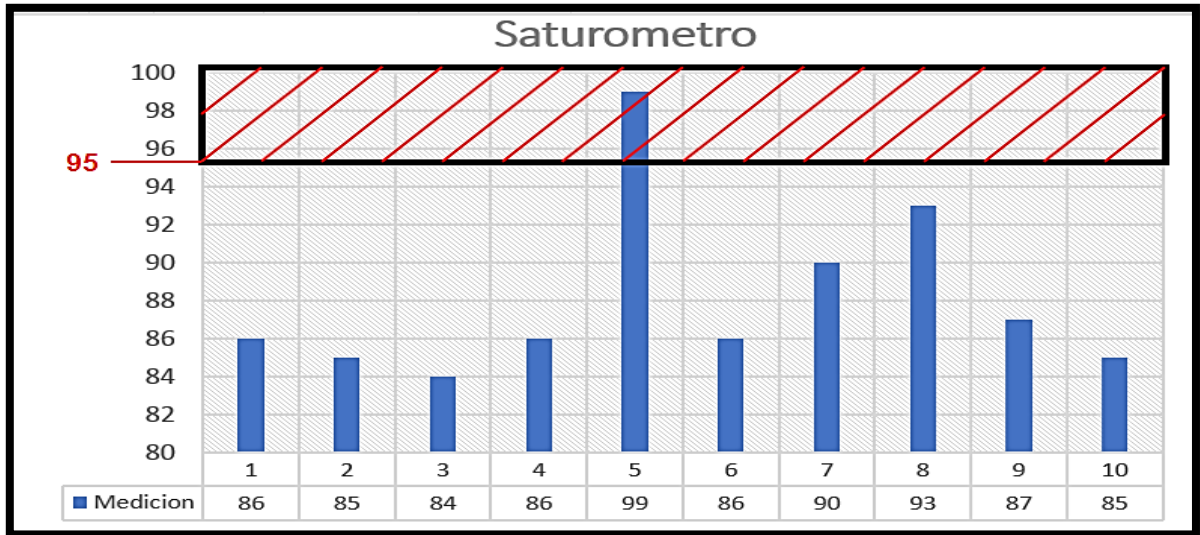


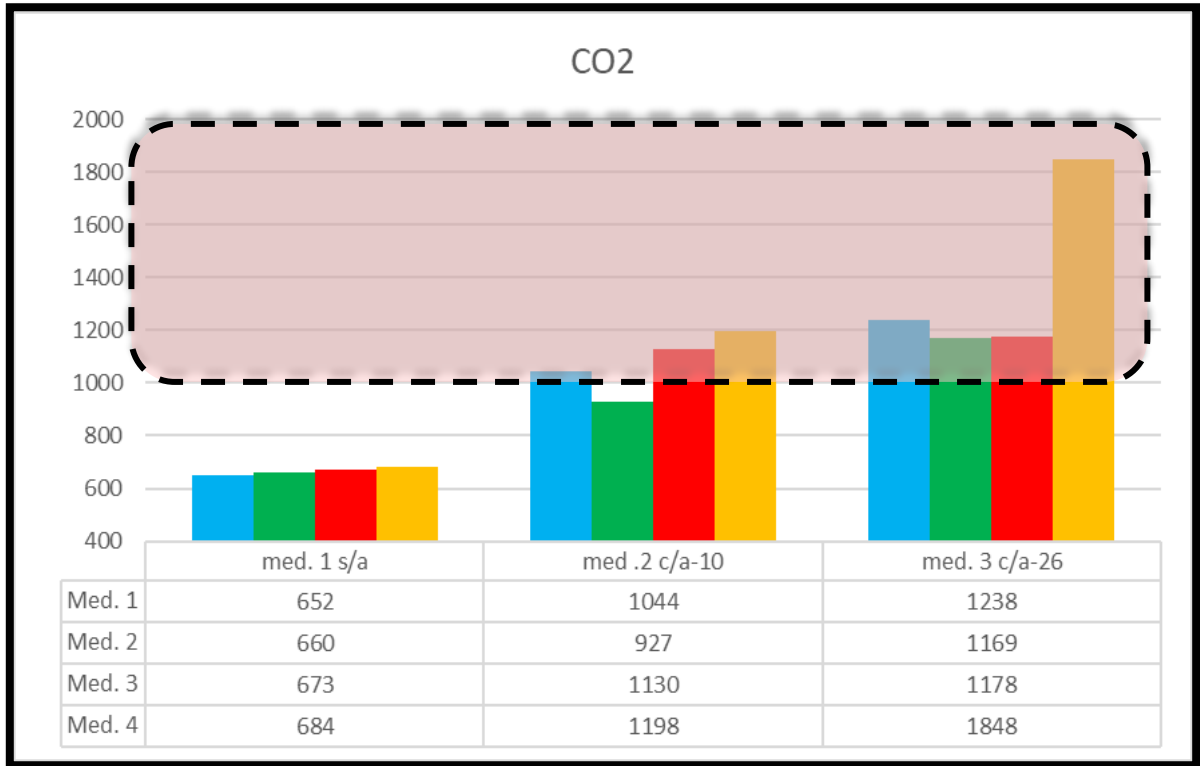
Gráfico 2 : Segunda medición a un grupo de 10 personas medida 1 sola vez.

Rangos normales	95 a 100 %
Alto riesgo Hipoxemia	Menos del 90%

Tabla 5: Rangos de saturación

Esta medición fue realizada a un grupo de 10 personas, se llevó a cabo solo una vez luego de 60 minutos de haber iniciado una clase.

Esta muestra revela que el 90% del grupo se encuentra bajo de los parámetros normales de oxigenación.



**Grafico 3:** Mediciones de CO2

En el grafico N°3 se presentan 2 condiciones y 3 mediciones, las cuales fueron medidas en intervalos de 15 minutos, realizando una medición total de 60 minutos.

La primera medición de dióxido de carbono corresponde a la sala sin ocupantes; la segunda medición corresponde a la sala con 10 estudiantes y la tercera medición corresponde a la sala ocupada con 26 estudiantes.

En la primera medición los niveles de CO2 se encuentran dentro de los parámetros normales.

En la segunda medición la barra de color verde se encuentra dentro de los niveles normales de oxigenación, esto es producto de que se realizó una abertura de puerta antes de tomar la segunda medición.

En la tercera medición que corresponde a la sala con 26 ocupantes, se observa que todos los grafico exeden los los limites de posición.

Límites de exposición	Promedio Med. 1	Promedio Med. 2	Promedio Med. 3
UNE 100 011 91: ppm 1000	667,25	1.074	1.358,25
ASHRAE (Standard 62-1989): ppm 1000	667,25	1.074	1.358,25

Tabla 6: Medición de CO2 comparado con normativa extranjera.

Grafico de tres mediciones de CO2, la primera sin ocupantes, la segunda (10 personas) y tercera con alumnos (26 personas), 4 mediciones cada una, con intervalos de 15 minutos, entre ellas.

Utilizando los resultados de grafco N°3, se sacan promedios de las mediciones realizadas, en la que queda manifiesto que la medición N°1, sin ocupantes, su promedio está dentro de los limites de exposición; tomando como referencia la UNE 100 011 01 : ppm 1000 y la ASHREA (Standard 62-1989): ppm 1000.

La segunda y tercera medición muestran que están exedidos los limites de exposición.

**Medición Humedad Relativa y temperatura**

Parámetros	Rango normal	Med.1 s/personas	Med.2 c/personas (10)	Med. 3 c/personas (26)
Humedad Relativa promedio 1 hora	23-65 %	50,2%	54,66 %	55 %
Temperatura promedio en 1 hora	20- 23 °C	17,33 °C	22,57 °C	23°C

Tabla 7: Rangos establecidos según OMS y comparación con mediciones.

En esta tabla nos encontramos con 2 condiciones y 3 mediciones.

Primera condición, sala sin ocupantes: la humedad relativa que se midió cíclicamente durante 1 hora a cada segundo, se encuentra dentro del rango normal. Y la temperatura, a pesar de estar bajo del rango normal, no tiene mayor incidencia, ya que la sala se encuentra sin ocupantes.

Segunda medición (con 10 personas) y tercera medición (con 26 personas): tanto la humedad relativa, medida en un ciclo de 1 hora a cada segundo y de igual forma la temperatura, demuestra que ambas se encuentran dentro de los rangos normales.

**Mediciones de caudal de extracción.**

Extractores	Med. 1 s/personas	Med. 2 c/personas (10)	Med.3 c/personas (26)
1	-168 m <sup>3</sup>	-242 m <sup>3</sup>	-205 m <sup>3</sup>
2	-	-227 m <sup>3</sup>	-230 m <sup>3</sup>
3	-198 m <sup>3</sup>	-244 m <sup>3</sup>	-242 m <sup>3</sup>

Tabla 8: Medición Extractores en sala 122

Los rangos de esta tabla, se encuentran establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Esta medición se utiliza para poder determinar si las renovaciones de aire por hora se encuentran dentro de los parámetros establecidos.

Utilizando estos datos, de caudal de extracción mas el volumen de la sala se determinó las renovaciones por hora en las 2 condiciones y 3 mediciones en la cual la medición de caudal de extracción en una sala sin ocupantes nos dio como resultado 3.66 renovaciones por hora. Lo cual no tiene mayor incidencia, puesto que la sala se encuentra sin ocupantes.

Y en la segunda (10 estudiantes) y tercera (26 estudiantes) medición, teniendo en cuenta los datos que muestra la tabla, se encuentran dentro de los parámetros normales que son 6.77 RPH y 7,13 RPH , ya que según la tabla establecida por la OMS, las renovaciones por hora de una sala de estar entre 4 y 8 RPH.

Med. 1:

$$\text{RPH} = \frac{-366 \text{ m}^3/\text{H}}{\text{m}^3 100 \text{ m}^3} = 3,66 \text{ H}$$

Med. 2:

$$\text{RPH} = \frac{-677 \text{ m}^3/\text{H}}{\text{m}^3 100 \text{ m}^3} = 6,77 \text{ H}$$

Med. 3:

$$\text{RPH} = \frac{-713 \text{ m}^3/\text{H}}{\text{m}^3 100 \text{ m}^3} = 7,13 \text{ H}$$

Tipo de Local		Nº Renovaciones de aire por hora
WC, Inodoros	Privados	4-5
	Publicos	8-15
Aseos y baños		5-7
Duchas		15-25
Bibliotecas		4-5
Salas, Oficinas		4-8

Tabla 9: renovaciones por hora recomendadas OMS.

## **Análisis de los resultados**

### Análisis % CO<sub>2</sub>

En el primer gráfico de mediciones con saturómetro tenemos tres mediciones realizadas con intervalos de 15 minutos entre cada una, debemos mencionar que entre la segunda y tercera medición se abrió la puerta e ingreso aire a la sala.

Se deduce que en la primera medición los 10 ocupantes de la sala están dentro de los parámetros de saturación normal que son entre un 95 y 100%.

En la segunda medición se produce un cambio, el nivel de saturación en los ocupantes es de un 50% dentro de los parámetros normal y del otro 50% están bajo los niveles, he incluso existe un 10% que esta en riesgo de hipoxemia (1 personas).

En la tercera medición se abrió la puerta lo que produjo un ingreso y recambio de aire, aumentando oxigenación de los ocupantes, como se demuestra en el gráfico, los niveles de saturación cambian.

En la segunda grafica de medición de Saturación de Oxígeno, la cual solo posee 1 medición, se demuestra que los niveles de saturación de oxígeno 90% está bajo los niveles normales y el 80% esta con riesgo hipoxemia (8 personas).

### Análisis de CO<sub>2</sub>

En el grafico de medición de CO<sub>2</sub>, podemos apreciar 3 mediciones: la primera es sin ocupantes, la segunda con 10 ocupantes y la tercera con 26 ocupantes en todas las mediciones se tomaron 4 veces los niveles de CO<sub>2</sub>.

En la primera medición realizada en la sala, los 4 valores arrojados, que fueron medidos cada 15 minutos, arrojan mediciones dentro de los valores aceptables establecidos por la OMS (1000 ppm).

En la segunda medición realizada los niveles de CO<sub>2</sub> (10 ocupantes) arrojan 3 mediciones con niveles sobre los valores aceptables y una medición está dentro del nivel aceptable que es la segunda medición, cabe señalar que la puerta fue abierta 3 veces, 2 veces entre la primera y segunda medición y una vez entre la tercera y cuarta medición. Esto se demuestra en los valores arrojados.

En la tercera medición realizada los niveles de CO<sub>2</sub> (26 ocupantes), las 4 mediciones, arrojan niveles sobre los valores aceptables, los ocupantes presentan síntomas de cefalea, somnolencia y incomodidad.

#### Analisis Termoanemómetro.

En la tabla, los valores de las 3 mediciones realizadas de humedad relativa y temperatura, son valores que están dentro de los rangos normales. El monitoreo fue realizado por 60 minutos continuos, Estos valores están dentro de los parámetros normales. Según la OMS.

#### Analisis de los RPH

En las 3 mediciones realizadas a los extractores, cuyos valores nos sirven para determinar sus renovaciones por hora, la primera fue realizada al extractor numero 1 y numero 3, ya que el segundo extractor se encontraba fuera de funcionamiento, esto se ve reflejado en 3,66 RPH de acuerdo a la tabla, lo cual arroja una renovación inferior a lo establecido.

En la segunda medición están los 3 extractores en funcionamiento, sus resultados arrojan valores de 6,77 RPH, que nos permiten deducir que las renovaciones por hora, están dentro de los rangos establecidos para una buena ventilación.

En la tercera medición realizada a los 3 extractores que se encuentran funcionamiento, sus resultados arrojan valores que nos permiten deducir que las renovaciones por hora de 7,13 RPH, están dentro de los rangos establecidos para una buena ventilación, Lo cual nos permite deducir que el correcto funcionamiento de los tres extractores es lo necesario para los m<sup>3</sup> que la sala requiere.

Las mediciones fueron realizadas en periodo invierno – primavera, lo cual arroja valores de la temperatura en las mediciones dentro de los valores establecidos, como normales en los periodos de medición con ocupantes. En la medición sin ocupantes arroja un valor que es inferior a lo establecido, lo cual puede ser malo para la sala por que a bajas temperaturas puede existir proliferación de bacterias u otros microorganismos, invisibles al ojo humano.

La humedad relativa en su rango normal fructua entre el 23 y 65%. En la primera medición de la sala sin ocupantes nos arroja un 50,2%, en la segunda medición con la sala con 10 ocupantes, nos arroja un 54,66% y en la tercera y última medición, en la sala con 26 ocupantes, el promedio es de 55%.

Todos estos parámetros fueron medidos en el rango de 1 hora, durante cada segundo.

Los valores establecidos utilizados fueron entre 20 y 23 °C y los valores arrojados en la primera medición sin ocupantes fue de 17, 33 °C; en la segunda medición en la sala con 10 ocupantes el valor es de 22,57 °C y en la tercera medición con 26 ocupantes, la temperatura es de 23 °C.

## **Conclusiones y recomendaciones**

A través de esta investigación podemos concluir que la sala N°122, requiere tener una óptima renovación de aire, para lo cual es fundamental que los 3 extractores estén en funcionamiento, ya que esto permite el ingreso de aire por la celosía que se encuentran en la puerta de la sala.

El rango de saturación está bajo los parámetros normales establecidos, esto se refleja en los gráficos de saturación, lo cual tiene una directa relación con el gráfico de CO<sub>2</sub>, donde podemos ver tres periodos diferentes medidos sin y con ocupantes, para la cual solo debemos analizar y comparar las mediciones con ocupantes, nuevamente debemos recomendar que los 3 extractores, deben estar en funcionamiento, lo cual permitirá que los niveles de CO<sub>2</sub> disminuyan y con esto el aire este menos viciado y la oxigenación de la sangre en los ocupantes este dentro de los parámetros normales.

Se recomienda que no se exceda la capacidad de estudiantes en el aula, se respeten los espacios intermedios (recreos), por sobre todo estén en funcionamiento los extractores, con el fin de que el ambiente de la sala de clases sea confortable para quienes la utilizan.

Cada vez la tecnología avanza más y más, nuevos equipos e instrumentos de medición nos ayudan a tener mejores ambientes y calidad de aire interior mejorada y de acuerdo a estándares internacionales, que son beneficiosos para las personas, pero siempre esto puede ir mejorando, lo ideal sería que la aplicación de tener datos en Excel que nos son capaces de estar enlazados con correos y nos entregan dicha información que es relevante, también nos arrojen alertas de las mediciones que están fuera de los estándares o rangos, con lo cual sea más fácil el leer y analizar dicha información.

### Linkcografía

- Director del capítulo Xavier Guardino Solá, CALIDAD DEL AIRE INTERIOR, Agosto de 2018, 23:30 horas.

<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/44.pdf>

- Copyright © 1996-2002, *Todo en Ventilación S.A. de C.V.*, Enero 2019, 22:00 horas.

<http://www.ventdepot.com/mexico/temasdeintereses/ventilacion/definicion/>

- MINISTERIO DE EDUCACIÓN PÚBLICA, Decreto 548: APRUEBA NORMAS PARA LA PLANTA FÍSICA DE LOS LOCALES EDUCACIONALES QUE ESTABLECEN LAS EXIGENCIAS MÍNIMAS QUE DEBEN CUMPLIR LOS ESTABLECIMIENTOS RECONOCIDOS COMO COOPERADORES DE LA FUNCIÓN EDUCACIONAL DEL ESTADO, SEGÚN EL NIVEL Y MODALIDAD DE LA ENSEÑANZA QUE IMPARTAN, Octubre 2018, 23:00 horas

[http://www.educacion2020.cl/sites/default/files/dto-548\\_11-mar-1989.pdf](http://www.educacion2020.cl/sites/default/files/dto-548_11-mar-1989.pdf)

- S&P Sistemas de Ventilación: El blog de ventilación eficiente para una mejor calidad de aire, Octubre 2018, 00:00 horas.

<https://www.solerpalau.com/es-es/blog/humedad-relativa/>

- Calidad de Aire Interior, Depósito Legal GR 2672-2011 ISBN 978-84-964-5934-8

[https://www.diba.cat/c/document\\_library/get\\_file?uuid=c7389bc9-6b7b-4711-bdec-3ead4bc9a68b&groupId=7294824](https://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=c7389bc9-6b7b-4711-bdec-3ead4bc9a68b&groupId=7294824)

- Comunidad de Madrid, Guía de Calidad del Aire Interior, Enero 2019, 23:00 horas

<https://jmcasero.files.wordpress.com/2018/03/guia-calidad-aire-interior.pdf>

- DSE Salud, trabajo y ambiente consultores, SEMINARIO INTERNACIONAL “Promoción de salud y actividad física en el ámbito laboral, un tema pendiente”, Condiciones del ambiente de trabajo para la práctica de actividad física, Ing. Santiago Mansilla Klgo. Gabriel Mansilla, Diciembre 2018, 00:00 horas.

<https://www.minsal.cl/sites/default/files/1.5.pdf>

- Wikipedia Enciclopedia Libre, Diciembre 2018, 23:30 horas.

[https://es.wikipedia.org/wiki/Ventilaci%C3%B3n\\_\(arquitectura\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Ventilaci%C3%B3n_(arquitectura))

- KJ Choi\*, CURRENT AND RECENT TREND OF HVAC FILTERS FOR INDOOR AIR QUALITY, Enero 2019, 23:00 horas.

<https://www.isiaq.org/docs/PDFs/1228.pdf> (Traducir)

- Material Médico, Diciembre 2018, 23:00 horas.

<https://materialmedico.org/pulsioximetro/>

**Bibliografía**

- Lizama M. Victor H. (2018) *Evaluación de calidad de aire en aula universitaria.*

### **Agradecimientos**

Es difícil estudiar para una mujer que es mamá, esposa, amiga, hermana, tía, etc.; pero con mucho esfuerzo y el apoyo fundamental de la familia, puedo decir que estoy cumpliendo una meta personal muy importante en mi vida.

Es por esto que quiero agradecer a todas las personas que han sido parte de este proceso, principalmente a mi marido Edison Retamal Flores, quien es un pilar fundamental, a mi cuñado Fernando Fuentes Retamal, mi sobrino Nicolás Retamal Rivera, a mi grupo de estudio, con quienes compartí durante 3 años, Carlos Donoso, Nelson Jiménez, Camila Belmar, Pablo Ibacache, Ximena Catril Sepúlveda y Carlos Gamonales; a quien considero es mi segundo padre, mi tío regalón Juan Carlos Martínez Sáez, también agradezco la guía de mi profesor de Tesis Victor Hugo Lizama Molina y a mi prima Nicole Martínez por su apoyo en la culminación de mi etapa académica.

Finalizo esta etapa feliz y confiada en que la enseñanza que he recibido por esta institución es la correcta para llegar a la meta final.