

CONTROL DE CALIDAD DE AIRE INTERIOR PARA EL CENTRO INTEGRAL DE
TECNOLOGÍA EN SALUD DE LA CIUDAD DE BARRANQUILLA

JAIR CUESTA GOMEZ

SILVIA ALEJANDRA CABALLERO ZAFRA



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA DE REFRIGERACIÓN Y CLIMATIZACIÓN

BUCARAMANGA

2019

CONTROL DE CALIDAD DE AIRE INTERIOR PARA EL CENTRO INTEGRAL DE
TECNOLOGÍA EN SALUD DE LA CIUDAD DE BARRANQUILLA

JAIR CUESTA GOMEZ

SILVIA ALEJANDRA CABALLERO ZAFRA

Trabajo de grado para optar al título de
Especialista en Ingeniería de Refrigeración y Climatización

Director

JULIAN JARAMILLO

Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA

2019

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto se ha llevado a cabo gracias al apoyo de nuestras familias, amigos y docentes por estar al pendiente de nosotros y brindar su ayuda, asesoría cuando fue necesario.

TABLA DE CONTENIDO

1.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	12
1.1.	IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	12
2.	OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO	13
2.1.	OBJETIVO GENERAL:	13
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	13
3.	JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN	14
4.	ANÁLISIS DE LA LITERATURA RECOPIADA	16
4.1.	MARCO TEÓRICO	16
4.2.	MARCO CONCEPTUAL	19
4.3.	MARCO LEGAL	21
5.	PROCEDIMIENTO	22
5.1.	IDENTIFICACIÓN	22
5.1.1.	Ubicación del edificio	22
5.1.2.	Usos, actividades y distribución del edificio	23
5.1.3.	Materiales de construcción	25
5.1.4.	Instalación del edificio	27
5.1.5.	Mantenimiento del edificio	29
5.1.6.	Remodelación del edificio	30
5.2.	EVALUACIÓN	31
5.3.	VALORACIÓN	33
5.3.1.	Parámetros de valoración	34
5.3.2.	Puntos de muestreo de parámetros	34
5.3.3.	Métodos de ensayo y criterios de valoración	44
6.	RESULTADOS DE LA VALORACIÓN DE PARÁMETROS DE CAI	55
6.1.	RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN HIGIÉNICA DE LOS SISTEMAS	55
6.2.	RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS DE CAI	58
6.3.	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS	60
7.	ACCIONES CORRECTIVAS PROPUESTAS	64
7.1.	EXTRACCIÓN DE AIRE CONTAMINADO	64
7.2.	RENOVACIÓN DE AIRE Y VENTILACIÓN	67
7.3.	EXTRACCIÓN LOCALIZADA	69
8.	CONCLUSIONES	70
	BIBLIOGRAFIA	72

LISTA DE FIGURAS

Imagen 1. Descripción del proceso del plan de control de caí.	17
Imagen 2. Ubicación Google Maps.	22
Imagen 3. Diseño en AutoCAD del Centro Integral de Tecnología en Salud.	23
Imagen 4. Clínica Oftalmológica del Caribe.	24
Imagen 5. Dinámica.	24
Imagen 6. Eglé.	25
Imagen 7. Unidades condensadoras del sistema de refrigerante variable.	27
Imagen 8. Unidades Tipo “cassettes” 4 vías.	27
Imagen 9. Unidad tipo “Cassette” de 1 vía.	28
Imagen 10. Sistema Red contra incendios.	28
Imagen 11. Zona de parqueaderos.	29
Imagen 12. Remodelaciones.	31
Imagen 13. Puntos de muestreo Cofca y Eglé primer piso.	36
Imagen 14. Puntos de muestreo Cofca y Eglé pasillo y recepción.	36
Imagen 15. Puntos de muestreo Cofca (mezzanine).	37
Imagen 16. Puntos de muestreo dinámica y Vitalma.	37
Imagen 17. Pasillo Cofca primer piso.	38
Imagen 18. Consultorio Cofca primer piso.	38
Imagen 19. Óptica (Cofca primer piso).	39
Imagen 20. Cuarto de mantenimiento (Mezzanine).	39
Imagen 21. Call center (Mezzanine)	40
Imagen 22. Oficinas administrativas (Mezzanine).	40
Imagen 23. Consultorio de procedimientos #1 (Eglé).	41
Imagen 24. Sala de espera (Eglé).	42
Imagen 25. Rayos x (Dinámica).	42
Imagen 26. Recepción (Dinámica).	43
Imagen 27. Cuarto de descanso (Dinámica),	43
Imagen 28. Hígro – Termómetro Extech SDL 500.	46
Imagen 29. contador PCE-RCM 12.	48
Imagen 30. Placas Petri. www.tplaboratorioquimico.com .	50
Imagen 31. Tasas de emisión de formaldehído de diversos materiales de decoración y productos de consumo.	
GUARDINO XAVIER. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo – Calidad de Aire Interior.	51
Imagen 32. Medidor digital de formaldehido HCHO.	52
Imagen 33. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo: Concentraciones de compuestos orgánicos volátiles totales.	53

Imagen 34. Registro de la evaluación higiénica de los equipos.	56
Imagen 35. Bandeja de condensado equipo tipo cassette.	57
Imagen 36. Toma, marcación y refrigeración de muestras para ensayo microbiológico ambiental.	60
Imagen 37. Toma, marcación y refrigeración de muestras para ensayo microbiológico superficial.	60
Imagen 38. Cultivos de hongos y bacterias realizados en el laboratorio EMICAL	61
Imagen 39. Extracción y descarga de baños.	64
Imagen 40. Buitrón de descarga aire viciado de baños.	65
Imagen 41. Punto cero de re ventilación dejado por el centro comercial.	66
Imagen 42. Parqueadero con ventilación natural	67
Imagen 43. Espacio disponible para la ubicación de los equipos de renovación de aire	68
Imagen 44. Ventilación localizada. (Manual de ventilación completo. SOLER Y PALAU)	69

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Principales contaminantes presentes en el aire interior.</i>	16
Tabla 2. <i>Ensayos mínimos según norma FAIAR.</i>	19
Tabla 3. <i>Cuadro resumen de materiales.</i>	26
Tabla 4. <i>Equipos Centro integral de tecnología en salud.</i>	28
Tabla 5. <i>Matriz de riesgo: Probabilidad / Efecto según norma FAIAR.</i>	32
Tabla 6. <i>Matriz de riesgo: Probabilidad / Efecto para el Centro Integral de Tecnología en Salud.</i>	33
Tabla 7. <i>Número de puntos de muestreo</i>	35
Tabla 8. <i>Número de equipos a realizar evaluación higiénica.</i>	45
Tabla 9. <i>Formato evaluación higiénica Equipos aire acondicionado.</i>	45
Tabla 10. <i>Resultado de la evaluación higiénica de los sistemas de climatización.</i>	57
Tabla 11. <i>Cuadro resumen de resultados.</i>	59
Tabla 12. <i>Resultados ensayos ambientales.</i>	61
Tabla 13. <i>Resultado en porcentaje de puntos de muestreo por debajo del criterio de aceptación.</i>	62
Tabla 14. <i>Resultados de valores límites máximos.</i>	63

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Plano COFCA Primer Piso en AutoCAD

Anexo B. Plano COFCA Mezzanine en AutoCAD

Anexo C. Plano Dinámica y Vitalma en AutoCAD

Anexo D. Formatos de ensayos de parámetros de calidad de aire interior en el Centro Integral de Tecnología en Salud.

Anexo E. Informe del laboratorio de ensayos microbiológicos.

Anexo F. Plan de control periódico de calidad de aire interior para el centro Integral de Tecnología en Salud.

RESUMEN

TITULO: CONTROL DE CALIDAD DE AIRE INTERIOR PARA EL CENTRO INTEGRAL DE TECNOLOGÍA EN SALUD DE LA CIUDAD DE BARRANQUILLA*

AUTORES: JAIR CUESTA GOMEZ**

SILVIA ALEJANDRA CABALLERO ZAFRA**

PALABRAS CLAVE: CAI, SEE

DESCRIPCIÓN:

Este proyecto nace como una iniciativa en la especialización en ingeniería de refrigeración y climatización de la escuela de ingeniería mecánica de la universidad industrial de Santander, en la que se implementó un plan de control de calidad de aire interior con el fin de conocer las condiciones ambientales interiores del centro integral de tecnología en salud y los problemas derivados de la calidad de aire, arrojando como resultado datos precisos de todos los factores que influyen, permitiendo proponer acciones correctivas y una ruta de trabajo para llegar a los parámetros de confort permitidos. El desarrollo del plan de control está basado en la norma de calidad de aire interior de la Federación de Asociaciones Iberoamericanas de Aire Acondicionado y Refrigeración, la cual propone una metodología de diferentes etapas para analizar, evaluar y valorar, ciertos parámetros definidos como parámetros obligatorios, y otros parámetros adicionales que deben ser estudiados según el profesional de calidad de aire interior.

Esta monografía propone también unas medidas correctivas para mejorar los aspectos negativos que afectan la calidad de aire interior y adicionalmente, establece un plan periódico con el fin de controlar los parámetros ambientales y garantizar una buena calidad de aire interior en el tiempo.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Julián Ernesto Jaramillo, Ingeniero Mecánico.

ABSTRACT

TITLE: INTERNAL AIR QUALITY CONTROL FOR THE INTEGRAL CENTER OF HEALTH TECHNOLOGY OF THE CITY OF BARRANQUILLA*

AUTHORS: JAIR CUESTA GOMEZ**

SILVIA ALEJANDRA CABALLERO ZAFRA**

KEYWORDS: IAQ, SBS

DESCRIPTION:

This project was born as an initiative in the specialization in refrigeration and air conditioning engineering of the school of mechanical engineering of the industrial university of Santander, in which an internal air quality control plan is implemented in order to know the environmental conditions inside the integral center of health technology and the problems derived from air quality, resulting in accurate data of all the factors that influence, allowing proposing corrective actions and a work route to reach the parameters of comfort allowed. The development of this control plan is based on the indoor air quality of the Federation of Ibero-American Air Conditioning and Refrigeration Associations. This standard proposes a methodology with different stages to study some mandatory parameters and others optional parameters according to the indoor air quality professional.

This project, proposes too corrective measures to improve the negative aspects that affect indoor air quality; additionally, it establishes a periodic plan in order to control the environmental parameters and ensure a good quality of indoor air over time.

* Bachelor Thesis

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. Mechanical Engineering. Director: Julián Ernesto Jaramillo, Mechanical Engineer

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El *Centro Integral de Tecnología en Salud*, se encuentra ubicado en el centro comercial viva de Barranquilla y está dividido en 4 secciones en las cuales funcionan dos IPS (Vitalma y Dinámica), una clínica oftalmológica (COFCA) y una estética (EGLÉ). Hace 2 años, junto con el diseño del edificio, se implementó el sistema de climatización, el cual es de suma importancia teniendo en cuenta que las entidades que funcionan son de atención al público en el área de la salud.

El sistema de aire acondicionado que existe actualmente, es un sistema VRF* y está dividido en 5 subsistemas. Cada uno funciona independientemente para acondicionar los recintos.

A pesar de que el sistema de climatización cumple con los estándares de confort térmico requeridos por el usuario, se han presentado inconformidades en los últimos meses respecto a las condiciones internas del edificio, reflejadas en malos olores, formación de hongos en las paredes y proliferación de enfermedades virales; entre otros aspectos no favorables para los empleados y pacientes atendidos en esta institución.

Por medio de esta monografía se pretende implementar un plan de control de calidad de aire interior que permita obtener datos precisos sobre las condiciones ambientales y los problemas derivados de la calidad del aire, presentando un procedimiento para su detección y facilitando así, proponer medidas que puedan brindar una posible solución al problema planteado.

* VRF. Flujo de Refrigerante Variable

2. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

2.1. OBJETIVO GENERAL:

Realizar el plan de control de calidad de aire interior para el Centro Integral de Tecnología en Salud de la ciudad de Barranquilla

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar los aspectos ambientales, constructivos y de operación que inciden en la calidad de aire interior del recinto y determinar el grado de impacto sobre este en caso de ser negativo.
- Aplicar métodos de ensayo y criterios de valoración para definir experimentalmente si es aceptable o no la calidad de aire interior en el Centro Integral de Tecnología en Salud.
- Proponer acciones correctivas y/o preventivas para mejorar la calidad del aire interior en el Centro Integral de Tecnología en Salud.
- Generar un documento para el plan de control periódico de calidad del aire interior en el Centro Integral de Tecnología en salud.

3. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN

El RITE[†] establece ciertas exigencias energéticas y de seguridad que deben cumplirse, con el fin de atender las condiciones ambientales adecuadas para el usuario; tanto en las fases de diseño, dimensionado y montaje, como durante su uso y mantenimiento. (RITE España, 2007). Entre las exigencias establecidas por el RITE, se establece mantener una calidad térmica del ambiente, una calidad del aire interior y un nivel acústico adecuado para cada tipo de actividad que se desarrolle en el edificio.

El SEE[‡] fue reconocido como enfermedad por la Organización Mundial de la Salud en 1982. Este síndrome hace referencia a los síntomas que sufren los ocupantes del edificio y que están estimulados por la contaminación del aire en los espacios cerrados; un edificio se considera enfermo cuando estos síntomas afectan a más del 20% de los ocupantes.

La OMS estima que el SEE afecta al 30% de los edificios modernos y puede generar síntomas como irritación, sequedad de ojos, nariz y garganta, dificultad para respirar, enfermedades de la piel, mareos, cansancio físico y mental, dolores de cabeza, entre otros síntomas asociados a éstas y otras enfermedades. (Wyon, D., 2009).

Actualmente, la importancia de controlar la calidad de aire interior especialmente en edificios e instalaciones públicas, ha venido creciendo significativamente. Esto se debe en mayor medida a la

[†] RITE. Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios

[‡] SEE. Síndrome del Edificio Enfermo

necesidad de prevenir enfermedades y riesgos ambientales en la salud, los cuales afectan a toda la comunidad si se tiene en cuenta que un hombre promedio pasa entre el 80% y 90% de su tiempo en ambientes cerrados. Por otro lado, David P. Wyon del Instituto Danés para la Investigación de los Edificios, explica que se han llevado a cabo un número suficiente de estudios fiables que refuerzan la suposición de que los edificios saludables tienen un efecto sobre la productividad de la institución que puede llegar al 50%.

La OMS estima que el 12,5% de las muertes en todo el mundo podrían evitarse mejorando la calidad del aire. Niveles más bajos de contaminación del aire ambiental exterior reducirán la carga de enfermedad relacionadas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares, los costos de atención de la salud y la pérdida de productividad de los trabajadores, así como el aumento de la esperanza de vida.

Es por esto que se justifica la necesidad de plantear un plan de control de calidad de aire interior en el Centro Integral de Tecnología en Salud.

4. ANÁLISIS DE LA LITERATURA RECOPIADA

4.1. MARCO TEÓRICO

4.1.1. Calidad del aire interior Cuando se habla de aire interior, se hace referencia a los ambientes cerrados como oficinas, viviendas y edificios públicos. A partir de esto y teniendo en cuenta que una persona urbana común pasa la mayor parte de su tiempo en recintos cerrados; se presenta la calidad de aire interior como un problema en la aparición de síntomas y enfermedades en edificios.

Con el fin de proteger a la población en general, se han realizado estudios que determinan los efectos de la calidad del aire en la salud, debido a contaminantes presentes en el ambiente (INVASSAT, 2013). A continuación, se presenta una clasificación de los principales contaminantes presentes en aire interior:

Tabla 1. *Principales contaminantes presentes en el aire interior.*

Inorgánicos	CO, CO ₂ , NO _x , O ₃ , SO _x , partículas, fibras minerales
Orgánicos	Compuestos orgánicos volátiles (COV)
Contaminantes de origen biológico	Virus, hongos, bacterias, ácaros, pelo y caspa de mascotas
Mezclas	Humo ambiental (tabaco?), plaguicidas, ambientadores, desinfectantes y otros productos de uso doméstico
Alergénicos	Hongos, mohos, ácaros del polvo, caspa y pelo de mascotas, cucarachas, plantas

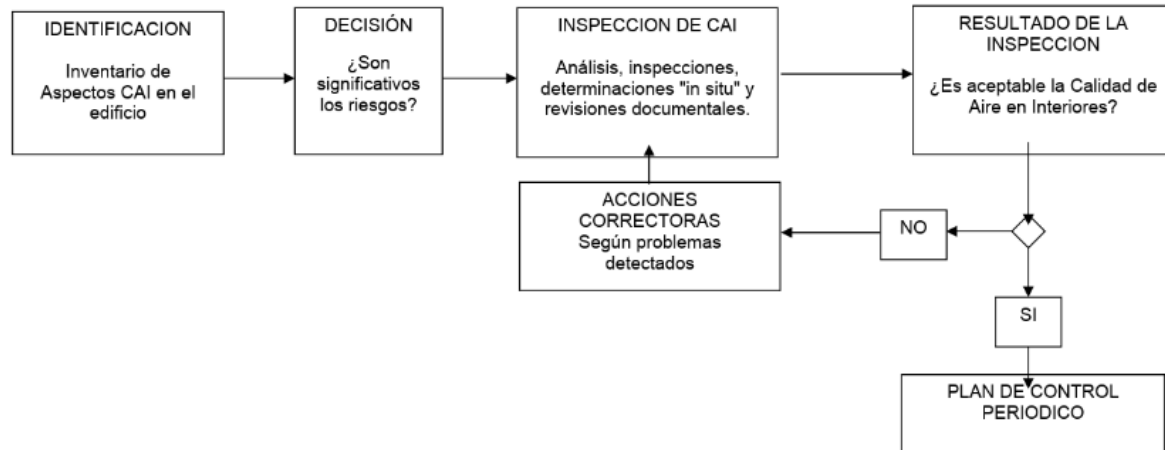
Según la Organización Mundial de la Salud, todos estos contaminantes, generan efectos sobre la salud si no son controlados adecuadamente (OMS, 1983). En la base de datos MEDLINE sólo para el tema de la contaminación del aire interior, se encuentran más de 6700 artículos de los cuales 874 hacen referencia al asma y 1176 se relacionan con factores microbiológicos. Gracias a todos los estudios realizados, se evidencia la relación que existe entre la contaminación del aire interior y la salud.

Cuándo más del 20% de los ocupantes de un edificio no se sienten conformes con la calidad del aire, se puede decir que el edificio sufre del SEE. Este síndrome se ve representado en diferentes síntomas y enfermedades que padecen los ocupantes, manifestados principalmente en ojos, vías respiratorias, pulmones y piel; los cuales pueden ir desde lesiones leves, hasta enfermedades mucho más complejas. Es importante entonces conocer los factores de riesgo existentes en la calidad de aire interior y todos los efectos que puedan sufrir los ocupantes.

4.1.2. Descripción del proceso del plan de control de CAI Según la Pre-norma de calidad de aire interior de la FAIAR[§]; el plan de control de calidad de aire interior debe basarse en la realización de las siguientes fases, representadas en el esquema:

Imagen 1. Descripción del proceso del plan de control de caí.

[§] FAIAR. Federación de Asociaciones Iberoamericanas de Aire Acondicionado y Refrigeración



- **Identificación:** Consiste en la identificación de aspectos que pueden tener incidencia en la calidad de aire en interiores. Se hace realizando una relación detallada de estos elementos, pero sin ningún tipo de valoración o análisis.
- **Decisión:** En esta etapa se evalúa por simple observación visual o revisión de datos documentales, cuáles de los aspectos identificados pueden ejercer una influencia significativa en la calidad del aire interior.
- **Inspección:** Cuando el impacto de un aspecto ambiental concreto es significativo, se pasa a la siguiente etapa que consiste en valorar el riesgo real mediante una inspección de CAI. Esta etapa requiere inspecciones más detalladas de las instalaciones y muestreos y análisis de laboratorio, tal como se describen en el cuerpo de la norma.
- **Resultado:** Los valores obtenidos en la etapa anterior deben compararse con norma y guías, dando lugar a un resultado del tipo, CONFORME o NO CONFORME.
- **Acciones Correctoras:** Si el resultado es no conforme, se identificarán las causas y se definirán las acciones correctoras precisas.

De esta manera, es posible implementar un plan de control de calidad de aire, el cual debe ser supervisado periódicamente con el fin de mantener valores aceptables en los parámetros medidos

4.1.3. Ensayos de parámetros ambientales mínimos La Pre-norma FAIAR, establece los mínimos parámetros ambientales que deben medirse a través de ensayos para determinar la calidad del aire interior:

Tabla 2. *Ensayos mínimos según norma FAIAR.*

Ensayo de temperatura y humedad relativa en ambientes interiores
Ensayo de dióxido de carbono en ambientes interiores
Ensayo de monóxido de carbono en ambientes interiores
Ensayo de determinación de partículas PM 2,5
Ensayo de conteo de partículas en suspensión de 0,5 y 5 micras
Ensayo de microbiología ambiental
Ensayo de microbiología en superficies
Ensayo de gravimetría por tira adhesiva en superficies

4.2. MARCO CONCEPTUAL

Para un mayor entendimiento de esta monografía, es importante definir los conceptos representativos respecto a la pre-norma y las actividades esenciales para la fase de desarrollo del proyecto.

- Aire exterior: Aire en la tropósfera, excluido el aire interior y de lugares de trabajo en entornos cerrados. (Norma UNE-EN 13528-1, 2003).

- Ambiente interior: Ambiente delimitado por la envolvente de los recintos destinados a cualquier uso excepto industrial y/o agrícola. (Norma FAIAR, 2018)
- Calidad de Aire en Interiores: Condiciones ambientales de los espacios interiores adecuadas al usuario y la actividad, definidas por los niveles de contaminación química y microbiológica del aire. (Norma FAIAR, 2018)
- Identificar: Realizar inspecciones visuales y revisiones documentales o de cualquier otro tipo, para inventariar los aspectos que pueden afectar o estar relacionados con la CAI en el complejo objeto de estudio. (Norma FAIAR, 2018)
- Evaluar: Determinar si la incidencia de los aspectos identificados se puede considerar significativa y por tanto decidir si dichos aspectos deben ser valorados, en base a la matriz de evaluación de riesgo. (Norma FAIAR, 2018)
- Valorar: Cuantificar el efecto potencial negativo de los diferentes aspectos sobre la calidad ambiental en interiores, mediante la ayuda de análisis, mediciones directas y/o inspecciones visuales. (Norma FAIAR, 2018)
- Aspecto ambiental en interiores: Elementos del recinto y su entorno que pueden interactuar con la calidad ambiental en interiores. (Norma FAIAR, 2018)

- Inspección de calidad de aire en interiores: Proceso de revisión de condiciones de aires e higiénico-sanitarias de un edificio, acorde a los requisitos de la presente norma. (Norma FAIAR, 2018)

4.3. MARCO LEGAL

Esta monografía se encuentra basada en la pre-norma de calidad de aire interior de la Federación de Asociaciones Iberoamericanas de Aire Acondicionado y Refrigeración; la cual a su vez se encuentra referenciada en las siguientes normas:

- UNE 171330-1 Calidad ambiental en interiores. Parte 1: Diagnóstico de calidad ambiental interior.
- UNE 171330-3 Calidad ambiental en interiores. Parte 3: Sistemas de gestión de los ambientes interiores
- UNE 100012 Higienización de sistemas de climatización.
- EN ISO 7730 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.
- EN ISO 13779 Ventilación de los edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos.
- Norma ISO 14644-1 Salas limpias y locales anexos controlados. Métodos de ensayo
- Norma ISO 16000-19 Aire de interiores. Parte 19: Estrategia de muestreo para mohos.
- Norma EN 13098. Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la medición de microorganismos y endotoxinas en suspensión en el aire
- ESTÁNDAR ASHRAE 62.1

5. PROCEDIMIENTO

5.1. IDENTIFICACIÓN

La primera fase para la realización del proyecto es la identificación de los factores que afectan la calidad de aire interior en el Centro Integral de Tecnología en Salud. Para poder llevar a cabo esta fase, es necesario realizar la visita del edificio y establecer todas las condiciones posibles que nos permitan definir los criterios sobre los cuales se seleccionaran los factores a evaluar.

Es importante recopilar la máxima información del edificio, como planos, diseños de los sistemas existentes, función del edificio y hasta realizar un primer contacto con los usuarios para dar un enfoque tanto constructivo como sociológico.

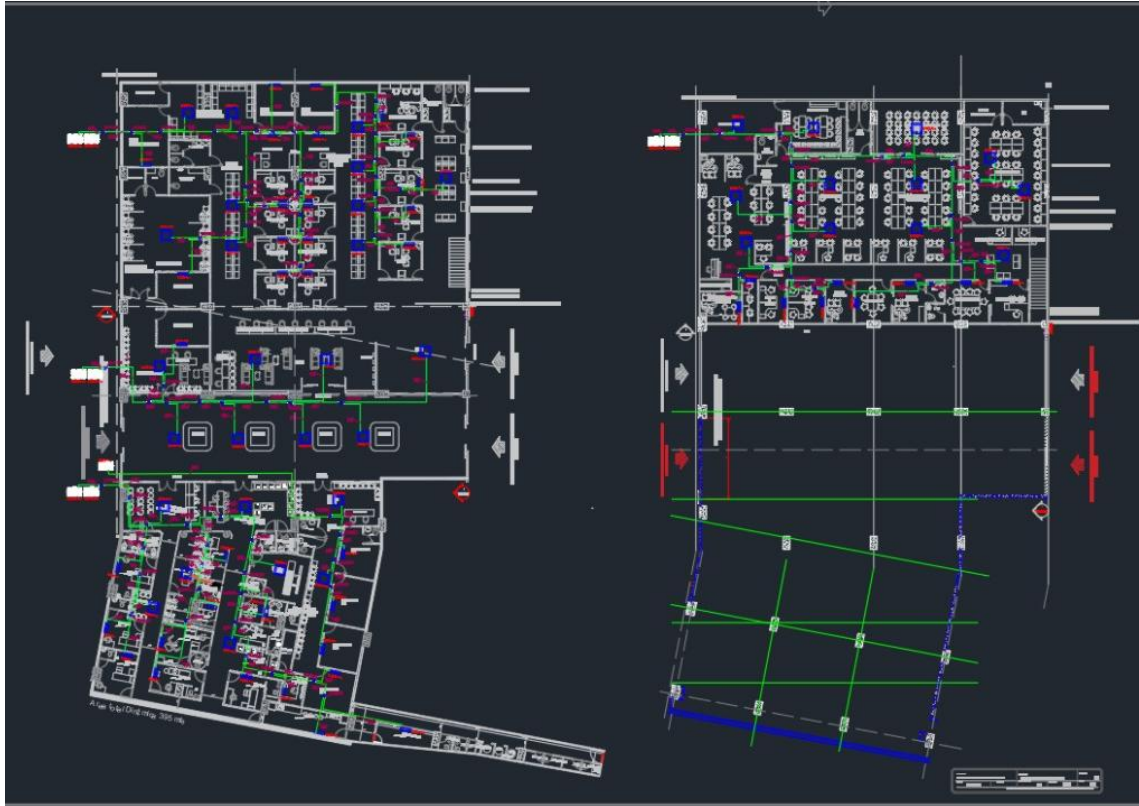
A continuación, se pondrán en contexto todas las condiciones del Centro Integral:

5.1.1. Ubicación del edificio El Centro Integral de Tecnología en Salud, es un edificio ubicado en el Centro Comercial VIVA de Barranquilla, Atlántico. (Carrera 51B # 87 – 50). El edificio colinda con la zona de parqueaderos y es atravesado por un pasillo que comunica el ingreso al centro comercial.

Imagen 2. Ubicación Google Maps.



Imagen 3. Diseño en AutoCAD del Centro Integral de Tecnología en Salud.



5.1.2. Usos, actividades y distribución del edificio. El Centro Integral de Tecnología en Salud, está compuesto por 4 secciones en las cuales funcionan dos IPS (Dinámica y Vitalma), una clínica oftalmológica (COFCA) y una estética (EGLÉ). Cada una de las entidades presenta un tipo de actividad diferente al igual que la distribución del espacio; sin embargo, todas se caracterizan por ser edificios de atención al público, resaltando que existen usuarios fijos como los empleados y usuarios variables como los clientes de cada entidad. A continuación, se explican cada una de las actividades de las 4 secciones:

- **COFCA:** En el primer piso de la Clínica Oftalmológica del Caribe, funcionan los consultorios y la óptica, en la cual se comercializan productos y servicios de optometría y oftalmología. En

este primer piso se encuentra toda la atención al público general, mientras que en el mezzanine, se encuentran las oficinas administrativas como la gerencia general, contabilidad, Call-Center y una sala de capacitación. Adicionalmente, los pasillos cuentan con sillas de espera y máquinas autovending. El plano y distribución de la clínica se puede consultar en los Anexos A y B.

Imagen 4. Clínica Oftalmológica del Caribe.



- **DINÁMICA:** Es una IPS especializada en ayudas diagnósticas y funciona en el primer piso del edificio, separada de la Clínica Oftalmológica por un gran pasillo que comunica con el centro comercial. En esta sucursal de Dinámica, se atienden principalmente las consultas del grupo SURA, por lo que está compuesto por consultorios, oficinas administrativas y una amplia zona de recepción. El plano y distribución de Dinámica se puede consultar en el Anexo C.

Imagen 5. Dinámica.



- EGLÉ: Es un centro especializado en cirugías plásticas, medicina estética y tratamiento láser. En las instalaciones de Eglé de este edificio, se realizan las valoraciones para los diferentes procedimientos; cuenta con 8 consultorios estéticos, dos salas de espera y una recepción. El plano y distribución de Eglé se puede consultar en los Anexos A y B.

Imagen 6. Eglé.



- VITALMA: Es un centro especializado en tratamiento de personas diabéticas, con sobrepeso, trastornos de líquidos y riesgo cardiovascular. Las instalaciones están compuestas por una recepción y consultorios médicos dónde se realizan controles periódicos a los pacientes y capacitaciones de los programas de vida saludable dirigidas a cada una de las enfermedades mencionadas. El plano y distribución de Vitalma se puede consultar en el Anexo C.

5.1.3. Materiales de construcción Según visita realizada, se logró conseguir el siguiente documento, el cual especifica los materiales de construcción utilizados en la obra. Este es uno de los ítems más importantes, ya que, al conocer los materiales de construcción, podemos obtener información sobre posibles emisiones de contaminantes presentes en materiales como fibras y compuestos orgánicos volátiles. A continuación, se indica el cuadro resumen de los materiales relevantes de la instalación que podrían afectar la CAI.

Tabla 3. Cuadro resumen de materiales.

CUADRO RESUMEN MATERIALES	
DESCRIPCION	INCIDENCIAS SOBRE CALIDAD DE AIRE INTERIOR
DRYWALL Y CIELORASOS	
Cielo raso en Drywall (h=2,60m y 2,50m)	Superficie del material exposición directa en zonas ocupadas
Muros en Drywall doble cara, e: 10cm, h=3,26m	Superficie del material exposición directa en zonas ocupadas
Muros en Drywall una cara h=3,26m	Superficie del material exposición directa en zonas ocupadas
Dintel en Drywall tres caras h=0,86m	Superficie del material exposición directa en zonas ocupadas
Aislamiento acústico interno para muros en Drywall tipo frescasa 3 1/2" sin papel	Daños debidos al agua: Contaminación microbiana, deterioro de la matriz, desprendimiento de fibras, etc.
Aislamiento acústico interno para para dinteles en Drywall tipo frescasa 3 1/2" sin papel	Daños debidos al agua: Contaminación microbiana, deterioro de la matriz, desprendimiento de fibras, etc.
PINTURA	
Pintura vinilo blanco cielo raso Drywall tres manos	Composición del material: Presencia de tóxicos (COV, formaldehído, radón, etc.)
Pintura vinilo blanco tapas Drywall tres manos	Composición del material: Presencia de tóxicos (COV, formaldehído, radón, etc.)
Pintura Color Blanco Vainilla para muros. h=3,26m	Composición del material: Presencia de tóxicos (COV, formaldehído, radón, etc.)
Pintura Acrílica Color Blanco Vainilla para muros de baño h=2,26m	Composición del material: Presencia de tóxicos (COV, formaldehído, radón, etc.)
Pintura Color Azul Plano para (dinteles)	Composición del material: Presencia de tóxicos (COV, formaldehído, radón, etc.)
Puertas y marcos de madera (Acabado pintura color igual al muro)	Composición del material: Presencia de tóxicos (COV, formaldehído, radón, etc.)
CARPINTERIA METALICA Y VIDRIOS (C.R. Aluminio y vidrios)	
PDV-1 - Puerta tipo 1 (izquierda) en vidrio templado de 10mm, de 1.10m de ancho y 2.40m de alto, con chapetas en acero inoxidable inferior y superior.	Superficie del material expuesto directamente en zonas ocupadas
PDV-3 - Puerta tipo 3 (izquierda) en vidrio templado de 10mm, de 0,80m de ancho y 2,40m de alto, con esquineros en aluminio inferior y superior para pivotante.	Superficie del material expuesto directamente en zonas ocupadas
PDV-5 y PDV-8 - Puerta tipo 2 (derecha) en vidrio templado de 10mm, de 0,80m de ancho y 2,40m de alto, con esquineros en aluminio inferior y superior para pivotante. -	Superficie del material expuesto directamente en zonas ocupadas
DV-1 - División tipo 1 (fijo) - 2 Módulos fijos en vidrio templado de 10mm, c/u de 1,88m de ancho y 2,60m de alto, anclados a dintel en Drywall con perfil en "U" de aluminio superior e inferior embebida en antepecho de Drywall.- Sandblasting Tipo 6.	Superficie del material expuesto directamente en zonas ocupadas
DV-2, DV-3, DV-4, DV-5 y DV-6 - División tipo 2 (fijo) - 2 Módulos fijos en vidrio templado de 10mm, c/u de 1,305m de ancho y 2,60m de alto, anclados a dintel en Drywall con perfil en "U" de aluminio superior e inferior embebida en antepecho de Drywall. - Sandblasting Tipo 3.	Superficie del material expuesto directamente en zonas ocupadas

5.1.4. Instalación del edificio

- **Aire acondicionado**

El sistema de aire acondicionado del Centro Integral de Tecnología en Salud se conforma de 5 sistemas del tipo de expansión directa y flujo de Refrigerante variable, todos enlazados por un cocido de comunicación y controlados por un touch panel ubicado en la zona de mantenimiento.

El refrigerante utilizado por el sistema es el R410a.

Imagen 7. Unidades condensadoras del sistema de refrigerante variable.



Para las zonas más amplias como salas de espera y pasillos, se cuentan con unidades internas tipo “cassette” de 4 vías y flujo múltiple; mientras que los consultorios y zonas de área más reducida, cuentan con unidades Fancoil tipo hi-Wall y cassette de 1 vía.

Imagen 8. Unidades Tipo “cassettes” 4 vías.



Imagen 9. Unidad tipo “Cassette” de 1 vía.



Tabla 4. Equipos Centro integral de tecnología en salud.

EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN EN EL CENTRO INTERAL DE TECNOLOGÍA EN SALUD			
SISTEMA	ÁREA	UNIDADES CONDENSADORAS	UNIDADES EVAPORADORAS
1	COFCA Y EGLÉ	2	30
2	MEZANNINE	2	21
3	DINÁMICA	2	22
4	VITALMA	1	5
5	PASILLOS	2	9

- **Red contra incendio**

El Centro Integral de Tecnología en Salud cuenta con sistema de extinción de incendios basado en el cumplimiento de la norma NSR 10 capítulos J y K, teniendo como base la aplicación de las normas NFPA 13–14–20. Esta instalación inicia con una salida en tubería de 2 ½ con válvula de bola y se distribuye por los diferentes circuitos y rociadores necesarios para cada área a acondicionar.

Imagen 10. Sistema Red contra incendios.



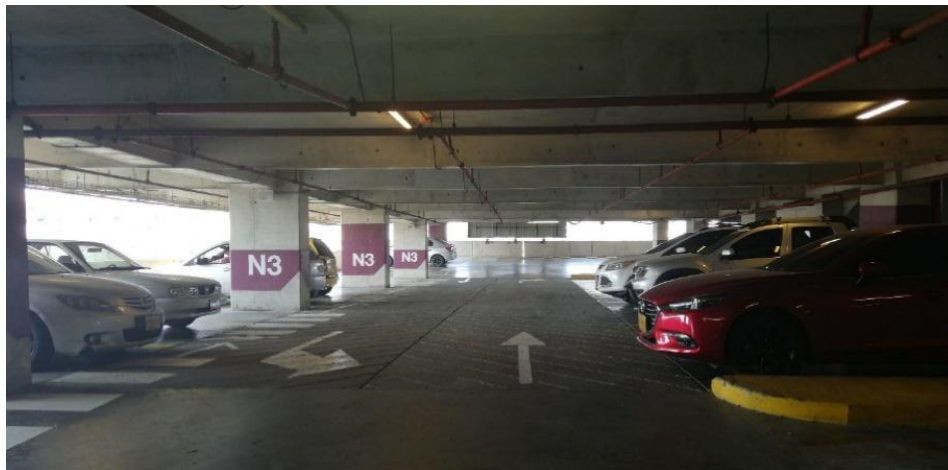
- **Red de agua potable**

Desde la ubicación del medidor suministrado por el centro comercial se extiende una tubería y accesorios en PVC que van suspendidos en la parte superior por las áreas de circulación o ductos hasta cada punto de uso final (Baños, lavamanos, cocina, etc.). Para el control de los golpes de ariete por sobre presiones en las redes de distribución interior se instalaron recamaras de aire en los puntos hidráulicos.

- **Zonas de parqueaderos**

El Centro Integral de Tecnología en Salud colinda con el parqueadero del centro comercial (Piso 3 y Piso 3N), los cuales cuentan con aperturas en las paredes de la fachada que funcionan como ventilación natural.

Imagen 11. Zona de parqueaderos.



5.1.5. Mantenimiento del edificio

- **Aire acondicionado**

Cada establecimiento del Centro Integral de Tecnología en Salud cuenta con un contrato independiente para realizar el mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de aire

acondicionado. Actualmente se cuenta con dos empresas de mantenimiento y los servicios se realizan mensualmente aplicando las siguientes prácticas:

- Lavado de los evaporadores y condensadores cuando se requiera.
- Revisión de la presión de succión y descarga de los equipos para detectar posibles obstrucciones o fugas.
- Revisión y ajuste de los ventiladores y balineras.
- Revisión y ajuste de prisioneros.
- Limpieza de drenajes y bandejas de condensado.
- Chequeo de voltaje y amperajes de los sistemas eléctricos de potencia y control.
- Revisión y limpieza de contactores, térmicos y protecciones eléctricas de los equipos.
- Lavado de filtros de aire.

5.1.6. Remodelación del edificio Desde la inauguración del Centro Integral de Tecnología en Salud se han realizado múltiples remodelaciones. Estas actividades deben ser planificadas correctamente para evitar efectos adversos de contaminación cruzada que a su vez se convierten en un problema de calidad de aire interior por elevadas concentraciones de partículas, dispersión de hongos, emisión de compuestos volátiles, formaldehído, entre otros.

Imagen 12. Remodelaciones.



5.2. EVALUACIÓN

Una vez identificados los factores que afectan la calidad de aire interior en el Centro Integral de Tecnología en Salud, se procede a realizar una evaluación de los mismos respecto al riesgo potencial que representa cada uno para la CAI.

Durante esta etapa del procedimiento, se realizará una inspección visual con el fin de observar y analizar cada factor, y de esta manera, determinar si se debe o no valorar en la siguiente etapa del proceso.

Para evaluar estos factores, se realizará el estudio de una matriz de probabilidad /efecto, la cual centra su criterio de evaluación en buscar la probabilidad de que cierto factor, pueda afectar la calidad de aire interior y que tan grave sería el efecto que este ocasionaría en caso de verse afectada.

Los efectos, de acuerdo a la norma FAIAR, se califican cómo ligeros, considerables o graves. El efecto ligero hace referencia a los factores que no generarían una afectación grave a la CAI y que no tendrían afectación directa e inmediata sobre los usuarios. Para este tipo de efectos, las actividades a realizar deben ser correctivas y se podrán realizar a medio o largo plazo. El efecto considerable, si supondría graves daños tanto a la CAI, cómo a la afectación de los usuarios respecto al confort; este tipo de factores deben tratarse con medidas correctivas a corto plazo. Finalmente, los efectos graves son aquellos que cómo ellos mismo lo dicen, generan daños bastante graves en la CAI y podrían generar afectaciones de salud para los usuarios. Este tipo de factores deben tratarse como medidas correctivas a muy corto plazo.

Tabla 5. Matriz de riesgo: Probabilidad / Efecto según norma FAIAR.

PROBABILIDAD EFECTOS	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA
LIGEROS				
CONSIDERABLES				
GRAVES				

Según la matriz de probabilidad efecto, se evalúa la relación de los parámetros con los aspectos ambientales en el interior del Centro Integral de Tecnología en Salud

Tabla 6. Matriz de riesgo: Probabilidad / Efecto para el Cetro Integral de Tecnología en Salud.

ASPECTOS AMB. PARÁMETROS	HIGIENE	CONFORT T.	FORMALDEHIDO	COV	CO2	PARTICULAS	BACTERIAS	HONGOS
Ubicación del edificio								
Usos, actividades y distribución del edificio								
Materiales de construcción								
Instalaciones de acondicionamiento de aire.								
Instalaciones de agua								
Zonas de aparcamiento								
Almacenes y salas de usos especiales.								
Mantenimiento del edificio								
Remodelación del edificio								

Según la evaluación obtenida, conocemos entonces los factores que deberán ser valorados en la próxima fase, así como los que no se tendrán en cuenta debido a su bajo nivel de afectación.

Es estrictamente necesario que los factores evaluados como inspección periódica, queden determinados dentro del plan de control de CAI para asegurar que su afectación se encuentre controlada y no llegue a convertirse en un factor crítico.

5.3. VALORACIÓN

Esta es la etapa más importante del procedimiento para determinar las condiciones de la CAI. En esta etapa, se deben realizar pruebas y muestreos que determinen con datos reales la valoración de cada uno de los parámetros que podrían causar problemas en el edificio.

5.3.1. Parámetros de valoración

- Evaluación higiénica de los sistemas de climatización
- Temperatura y humedad relativa
- Dióxido de carbono (CO₂)
- Partículas en suspensión por gravimetría (PM 2,5)
- Bacterias en suspensión
- Hongos en suspensión
- Formaldehído
- Compuestos orgánicos volátiles
- Olores

5.3.2. Puntos de muestreo de parámetros

Número de puntos de muestreo y estrategia de medición.

Para definir el número de puntos de muestro en los cuales se deben realizar las mediciones de los parámetros anteriormente expuestos, se utiliza la siguiente formula determinada por el área del edificio en estudio:

$$N^{\circ} \text{ Puntos de Muestreo} = 0,15 * \sqrt{AREA}$$

A continuación, se presentan las áreas de cada uno de los establecimientos del edificio, con el fin de determinar los respectivos puntos de muestreo.

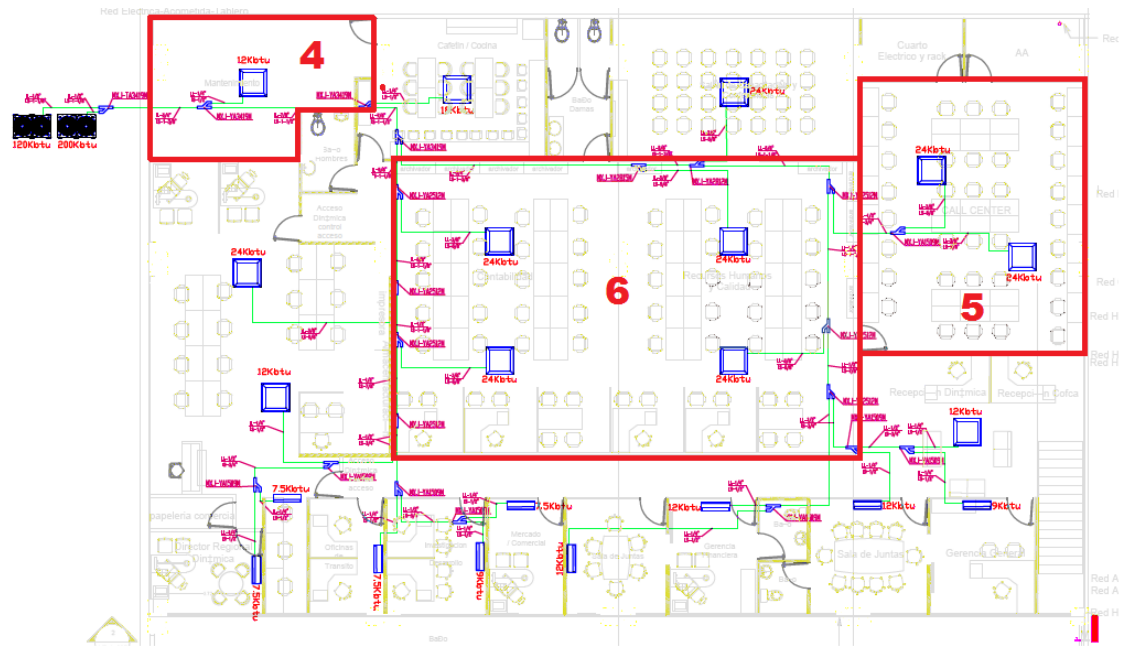
Tabla 7. Número de puntos de muestreo

<i>Entidad</i>	<i>Área [m²]</i>	<i>Nº Puntos de Muestreo</i>
COFCA	1393,13	6
DINÁMICA	464,32	3
VITALMA	132,08	2
EGLÉ	228,5	2

Para establecer la ubicación de los puntos de muestreo, se tienen en cuenta los puntos más críticos como lugares con focos grandes de emisión de contaminación, lugares donde se utilizan químicos o sustancias de riesgo biológico y zonas identificadas durante la inspección con problemas de confort y/o quejas de usuarios. Adicionalmente, se debe tener en cuenta la altura de muestreo pensando en la zona de ocupación; la cual, para esta monografía será la establecida por la norma FAIAR (0,6 metros a 1,2 metros para recintos donde las personas se encuentren sentados la mayor parte del tiempo, y 1,5 metros para recintos donde las personas se encuentren de pie la mayor parte del tiempo).

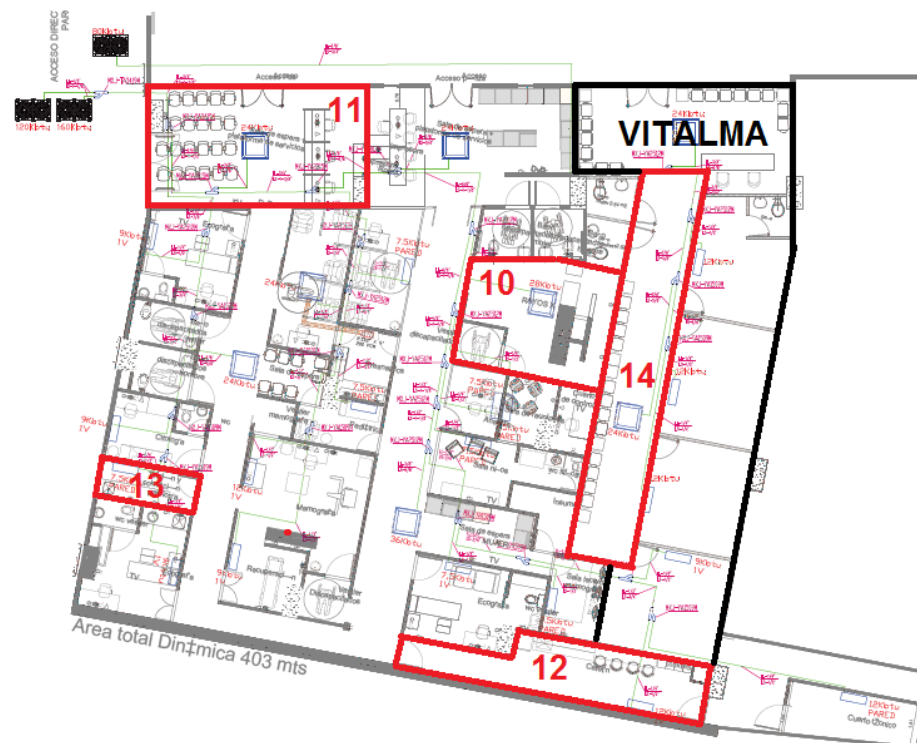
A continuación, se presentan los planos y los puntos de muestreo seleccionados:

Imagen 15. Puntos de muestreo Cofca (mezzanine).



DINÁMICA Y VITALMA

Imagen 16. Puntos de muestreo dinámica y Vitalma.



1. COFCA (Primer piso): Pasillo en el cuál se encuentra ubicada la sala de espera de los usuarios con citas programadas en cada uno de los consultorios. El sistema de climatización de esta área está compuesto por cuatro cassettes de cuatro vías ubicados a lo largo del pasillo.

Imagen 17. Pasillo Cofca primer piso.



2. COFCA (Primer piso): Consultorio médico. La mayoría de los consultorios presentan graves problemas de olores y humedad identificados durante la fase de inspección, además de las continuas quejas por parte de los usuarios y trabajadores. La climatización del consultorio es a través de un Fancoil tipo hi-Wall

Imagen 18. Consultorio Cofca primer piso.



3. COFCA (Primer piso): Óptica – Punto de venta. Es un local comercial dedicado a la venta de lentes de contacto y accesorios relacionados a la optometría. Se consideró un punto

importante de muestreo debido al continuo movimiento de personas y por tener renovación de aire a través de puertas abiertas que dan hacia el exterior del edificio. Climatización por medio de un cassette de 4 vías.

Imagen 19. Óptica (Cofca primer piso).



4. COFCA (Mezzanine): Cuarto de Mantenimiento. Se consideró un punto importante debido a que en este lugar se encuentran los tableros eléctricos de control de los sistemas de climatización e iluminación de la Clínica Oftalmológica del Caribe y el centro estético Eglé.

Imagen 20. Cuarto de mantenimiento (Mezzanine).



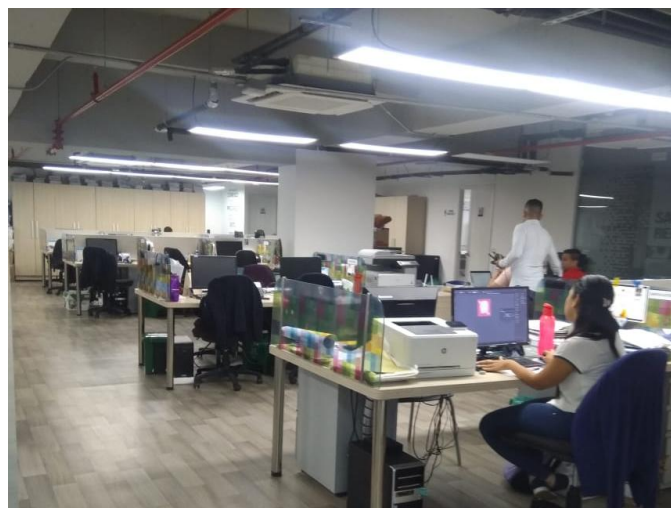
5. COFCA (Mezzanine): Call Center. En esta zona trabajan aproximadamente 35 personas atendiendo las líneas de servicio al cliente. El recinto se encuentra climatizado con dos cassettes de 4 vías y se consideró un punto importante de muestreo por ser un recinto cerrado ocupado por un gran número de personas.

Imagen 21. Call center (Mezzanine)



6. COFCA (Mezzanine): Oficinas Administrativas. Esta es otra zona del edificio que presenta una alta ocupación (32 personas) durante la jornada laboral. Presenta un área superficial grande y está climatizada por medio de cuatro cassettes de 4 vías.

Imagen 22. Oficinas administrativas (Mezzanine).



7. EGLE: Consultorio de Procedimientos y Cirugías Estéticas #1. En este lugar se realizan diferentes procedimientos como limpiezas faciales, depilación láser, rejuvenecimiento foto-lumínico, aclaración y eliminación de manchas y cicatrices, micro-injertos, aplicación de botox, toxinas y ácido hialurónico, relleno facial, radio frecuencia, entre otros. Al igual que cirugías estéticas faciales y corporales como rinoplastia, bichectomía, otoplastia, liposucción de papada, liposucción abdominal, cirugía de mamas y cirugía íntima. Para llevar a cabo estos procedimientos, se requieren diferentes químicos y aparatos electrónicos. El recinto es climatizado por un Fancoil tipo hi-Wall

Imagen 23. Consultorio de procedimientos #1 (Eglé).



8. EGLE: Recepción y Sala de Espera. A pesar de ser una zona de baja ocupación, se consideró como punto de muestreo debido a la alta concentración de olores identificada durante la fase de inspección. Climatización por medio de un cassette de 4 vías.

Imagen 24. Sala de espera (Eglé).



9. DINÁMICA: Rayos X. En esta cabina de radiografías, es de alta importancia mantener ciertas condiciones de Temperatura (18°C) debido al procedimiento realizado, por lo que este criterio debe tenerse en cuenta si el valor de las mediciones se encuentra por fuera del criterio de confort. Se seleccionó cómo punto de muestreo debido al inconformismo presentado por parte del médico encargado respecto a la sensación de una humedad relativa alta. Se encuentra climatizado por medio de un cassette de 4 vías.

Imagen 25. Rayos x (Dinámica).



10. DINAMICA: Recepción y Sala de Espera. Es una zona con alta ocupación durante el día y constante movimiento de personas. Se encuentra climatizado por medio de un cassette de 4 vías.

Imagen 26. Recepción (Dinámica).



11. DINAMICA: Cuarto de Descanso para Empleados y Cafetería. Es un salón angosto pero bastante largo dónde en primer lugar se encuentra ubicada la cafetería con los respectivos electrodomésticos, y en la parte trasera cuenta con un largo comedor para los empleados. El recinto se encuentra climatizado por medio de un Fancoil tipo hi-Wall.

Imagen 27. Cuarto de descanso (Dinámica),



12. DINÁMICA: Coloración de Biopsias. A pesar de no ser un recinto climatizado, se consideró como un punto importante de muestreo debido al procedimiento que se realiza en el lugar. Para la coloración de biopsias es utilizado un compuesto químico llamado Formol, el cual es altamente volátil y riesgoso para la salud. El sistema de climatización de este consultorio fue retirado y reemplazado por un extractor. En este punto de muestreo se deberán realizar principalmente ensayos de Formaldehído y Compuestos Volátiles.

13. VITALMA: Al momento de la inspección se evidenció que Vitalma dejó de funcionar en el edificio; el espacio ocupado por Vitalma fue tomado por Dinámica para ampliar la cantidad de consultorios y adicionar una nueva sala de espera.

5.3.3. Métodos de ensayo y criterios de valoración Para medir los parámetros definidos que pueden llegar a afectar la calidad de aire interior en el Centro Integral de Tecnología en Salud, se establece la importancia de realizar los siguientes ensayos:

- **Evaluación higiénica de sistemas de climatización.**

Esta evaluación se realizara para el 25% de los equipos de climatización del edificio, teniendo en cuenta que el número mínimo de equipos debe estar definido por el área del edificio.

Número mínimo de equipos a evaluar según norma FAIAR:

$$N^{\circ} \text{mínimo Equipos} = \frac{5 \times \sqrt{AREA}}{100}$$

A continuación, se presenta el consolidado de equipos del edificio para definir la cantidad de sistemas a evaluar:

Tabla 8. Número de equipos a realizar evaluación higiénica.

<i>Entidad</i>	<i>N° de Equipos</i>	<i>N° Equipos a Evaluar</i>	<i>N° mínimo de equipos</i>
COFCA	48	12	2
DINÁMICA	23	6	1
VITALMA	5	2	1
EGLÉ	10	3	1

El 25% de los equipos de cada uno de los establecimientos, es mayor al número mínimo de equipos que según la norma FAIAR debe evaluarse; por lo tanto, se trabajará con el 25%. La evaluación de equipos se realiza a partir del siguiente formato, dónde es importante tener en cuenta la condición higiénica de los elementos más importantes cómo filtros, serpentín, bandeja de condensadores, conductos y ventiladores.

Tabla 9. Formato evaluación higiénica Equipos aire acondicionado.

EVALUACIÓN HIGIÉNICA DE LOS SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN				
Elementos inspeccionados	Estado mecánico	Nivel suciedad	Presencia agua	Presencia óxido
Filtros				
Serpentín				
Bandeja de condensados				
Conductos				
Ventiladores				

- **Ensayo de temperatura y humedad relativa**

Las mediciones de temperatura y humedad son las más representativas respecto al tema de confort térmico, y por lo tanto, es el ensayo más esencial para cualquier tipo de análisis de

control de calidad de aire interior. Como bien se explicó en el marco teórico del presente libro, las condiciones de confort van de la mano con el rendimiento de los trabajadores a la hora de realizar las actividades laborales diarias. Las mediciones se realizan por medio de un termo-higrómetro debidamente calibrado. El equipo utilizado es un Higo-Termómetro Registrador EXTECH, modelo SDL500.

Imagen 28. Higo – Termómetro Extech SDL 500.



Para cada punto de muestreo previamente seleccionado e indicado en los planos, se tomarán 3 medidas distribuidas en toda el área del recinto. Estas medias serán promediadas para obtener el valor final del parámetro en cada punto de muestreo. Se debe tener un tiempo de estabilidad de 120 segundos por cada punto de muestreo de temperatura y 20 segundos para las mediciones de humedad relativa.

Todos los equipos (excepto los recintos que requieren condiciones especiales) se encontrarán configurados a una temperatura de 23°C.

El criterio de aceptación para las mediciones de temperatura es de 23°C a 25°C con valores límites de 17°C y 27°C. La humedad deberá estar en el rango de 30% a 70% sin valor límite máximo.

- **Ensayo de determinación de partículas PM 2,5**

El objetivo de este ensayo es determinar la masa de las partículas en suspensión (polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento y polen, entre otras) presentes en el ambiente, con el fin de determinar la limpieza del aire del mismo. Las partículas PM_{2,5} son aquellas que tienen un diámetro menor a 2,5 micrómetros; debido a esto representan un alto riesgo para la salud por su diminuto tamaño que les permite ingresar profundamente dentro de los órganos del cuerpo humano y especialmente en pulmones y vías respiratorias. Este ensayo está directamente relacionado con enfermedades como la bronquitis crónica, función pulmonar reducida e incluso la muerte prematura, por lo que se considera necesaria su medición.

El ensayo de medición de partículas se realizará por medio de un contador PCE-RCM 12. El dispositivo dispone de una barra a color que simplifica la lectura de concentración, y proporciona información sobre la calidad del aire. El criterio de aceptación para las partículas debe ser menor de 20 µg/m³ y el criterio de valor límite máximo debe ser menor a 100 µg/ m³. Las mediciones se realizarán en 3 puntos diferentes dentro del recinto previamente seleccionado y se tomará como medida final el valor promedio entre las 3. Se debe tener un tiempo de estabilidad de 60 segundos por cada punto de muestreo.

Imagen 29. contador PCE-RCM 12.



- **Ensayo de dióxido de carbono (CO2)**

Teniendo en cuenta que el edificio en estudio cuenta con una alta ocupación de personas tanto de trabajadores como usuarios de los servicios ofrecidos en los establecimientos, debe medirse las concentraciones de dióxido de carbono ya que la principal fuente de generación de este contaminante es la respiración humana.

La medición de CO2 nos permitirá conocer las cantidades que estarían respirando todas estas personas y de esta manera establecer en qué medida este parámetro podría estar afectando la CAI y así mismo la salud de los ocupantes. “El principal efecto que produce el CO2 es la asfixia por desplazamiento del oxígeno, pero esto se produce por concentraciones muy altas capaces de desplazar el oxígeno y reducir su concentración por debajo del 20%. En concentraciones altas, cercanas a la 30.000 ppm, puede causar dolores de cabeza, falta de

concentración, somnolencia, mareos y problemas respiratorios. En entornos laborales, como oficinas, se comienzan a tener quejas de olores a partir de las 800-1000 ppm^{**}.

El ensayo de dióxido de carbono se realizará con el contador PCE-RCM 12 que mide también CO₂ en un rango de 0 a 9999 PPM con una precisión de ± 5 %. El criterio de aceptación es para valores menores a los 600 PPM y el criterio de valor límite máximo es de 2500 PPM. Las mediciones se realizarán en 3 puntos diferentes dentro del recinto previamente seleccionado y se tomará como medida final el valor promedio entre las 3. Se debe tener un tiempo de estabilidad de 20 segundos por cada punto de muestreo.

- **Ensayo de microbiología ambiental (Hongos y Bacterias)**

Con este ensayo se pretende cuantificar la presencia de microorganismos (hongos y bacterias) presentes en el ambiente interior del edificio. Para esto se utilizarán placas Petri con medio de cultivo Flora aerobia mesófila total para bacterias y Flora fúngica para hongos. Los ensayos serán realizados por un laboratorio certificado que disponga de sistema de gestión de calidad; el cual se encargará de tomar las muestras en el edificio, mantener refrigeradas las placas adecuadamente, generar el cultivo en el laboratorio y entregar finalmente el informe del análisis microbiológico.

El criterio de aceptación para el ensayo microbiológico ambiental debe presentar valores menores a 600 ufc/m³ para bacterias y menores a 500 ufc/m³ para hongos.

^{**} Fundación para la salud Geoambiental (www.saludgeoambiental.org)



- **Ensayo de microbiología en superficies (Hongos y Bacterias)**

Con este ensayo se pretende cuantificar la presencia de microorganismos (hongos y bacterias) presentes en las superficies interiores de los sistemas de climatización del edificio. Para esto se utilizarán hisopos estériles con medio de cultivo Flora aerobia mesófila total para bacterias y Flora fúngica para hongos. Los ensayos serán realizados por un laboratorio certificado que disponga de sistema de gestión de calidad.; el cual se encargará de tomar las muestras en el edificio, mantener refrigeradas las muestras adecuadamente, generar el cultivo en el laboratorio y entregar finalmente el informe del análisis microbiológico.

El criterio de aceptación para el ensayo microbiológico ambiental debe presentar valores menores a 600 ufc/m³ para bacterias y menores a 500 ufc/m³ para hongos.

- **Ensayo de Formaldehído**

A pesar de no ser un ensayo obligatorio establecido por la norma FAIAR, se tendrá en cuenta para el desarrollo de esta monografía debido al tipo de aplicación del edificio. El formaldehído es un gas incoloro e inflamable a temperatura ambiente; tiene un olor penetrante característico y se considera uno de los compuestos químicos que poseen mayor contribución al riesgo potencial de salud, lo cual indica que es un parámetro importante en la evaluación de calidad de aire interior.

Los materiales que más interés han despertado como fuentes de contaminación del aire interior han sido los tableros a base de madera que contienen resina de formaldehído ureico (FU) y los aislantes de paredes mediante una cámara de aire con FU. El formaldehído que emiten estos productos eleva los niveles del mismo en los edificios, fenómeno que se ha asociado a numerosos casos de mala calidad del aire interior.^{††}

La exposición excesiva al formaldehído puede producir una variedad de efectos y síntomas en la salud, como irritación de ojos, nariz, garganta, lagrimeo y posiblemente algunas formas de cáncer. La probabilidad de cáncer en el tiempo de vida se calcula para el formaldehído a partir de la concentración a una exposición crónica, obteniéndose el valor de $56,4 \times 10^{-6}$ y a partir de este, se puede estimar la pérdida de esperanza de vida que se estima en 62 días.^{‡‡}

Imagen 31. Tasas de emisión de formaldehído de diversos materiales de decoración y productos de consumo. GUARDINO XAVIER. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo – Calidad de Aire Interior.

	Rango de tasas de emisión de formaldehído ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{día}$)
Paneles de fibras de densidad media	17.600-55.000
Paneles de pared de contrachapado de madera dura	1.500-34.000
Aglomerado	2.000-25.000
Aislamiento de espuma de urea-formaldehído	1.200-19.200
Contrachapado de madera blanda	240-720
Productos de papel	260-680
Productos de fibra de vidrio	400-470
Telas	35-570
Suelo flexible	<240
Alfombras	0-65
Tapicería	0-7

^{††} GUARDINO XAVIER. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo – Calidad de Aire Interior.

^{‡‡} *Revista Internacional de Contaminación ambiental - Evaluación del riesgo por contaminantes criterio y formaldehído en la ciudad de México.* GACIA José; GRUTTER Michel, CINTORA Daniel

El ensayo de formaldehído se realizará por medio de un medidor digital de formaldehído HCHO que mide en una escala de 0-1.999 mg/m³. El criterio de aceptación para el formaldehído es de 0,12 mg/m³ y el criterio de valor mínimo 0,3mg/m³. Las mediciones se realizarán en 3 puntos diferentes dentro del recinto previamente seleccionado y se tomará como medida final el valor promedio entre las 3. Se debe tener un tiempo de estabilidad de 120 segundos por cada punto de muestreo.

Imagen 32. Medidor digital de formaldehído HCHO.



- **Ensayo de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)**

Al igual que el ensayo de formaldehído, el de compuestos volátiles tampoco hace parte de los ensayos obligatorios de la FAIAR; sin embargo, debido a la gran variedad de sustancias químicas utilizadas en los establecimientos del edificio, se considera un parámetro importante en la evaluación de calidad de aire interior.

Los COV son compuestos que contienen carbono y otros elementos químicos como el hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, cloro, azufre, etc. y que a temperatura ambiente se encuentran en estado gaseoso; generalmente se encuentran en materiales de construcción, muebles, decoración, productos de

limpieza y cosméticos; además, se encuentran en el metabolismo humano y emanaciones de las personas. La exposición excesiva a un gran número de COV puede estimular sensaciones olfativas, ocasionando molestia, no confort, irritación de membranas mucosas, ojos, piel, e incluso pueden llegar a ser cancerígenos.^{§§}

Imagen 33. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo: Concentraciones de compuestos orgánicos volátiles totales. GUARDINO Xavier.

Tipo de material	Concentraciones (mg/m ³)	Tasa de emisión (mg/m ² h)
Papel de pared		
Vinilo y papel	0,95	0,04
Vinilo y fibra de vidrio	7,18	0,30
Papel pintado	0,74	0,03
Recubrimiento de pared		
Hessian	0,09	0,005
PVC ^a	2,43	0,10
Textil	39,60	1,60
Textil	1,98	0,08
Recubrimiento de suelo		
Linóleo	5,19	0,22
Fibras sintéticas	1,62	0,12
Goma	28,40	1,40
Plástico blando	3,84	0,59
PVC homogéneo	54,80	2,30
Revestimiento		
Látex acrílico	2,00	0,43
Barniz, epoxi transparente	5,45	1,30
Barniz, poliuretano, dos componentes	28,90	4,70
Barniz, endurecido con ácido	3,50	0,83

^a PVC, polivinil cloruro.

^{§§} Calidad de aire interior: compuestos orgánicos volátiles, olores y confort. GALLEGO Eva; ROCA Xavier.

El ensayo de compuestos volátiles se realizará por medio de un medidor digital de compuestos volátiles TVOC que mide es una escala de 0-9.999 mg/m³ (Imagen 32). El criterio de aceptación para estos compuestos debe ser menor a 200 µg/m³ y el y criterio de valor mínimo menor a 3000 µg/m³. Las mediciones se realizarán en 3 puntos diferentes dentro del recinto previamente seleccionado y se tomará como medida final el valor promedio entre las 3. Se debe tener un tiempo de estabilidad de 120 segundos por cada punto de muestreo

6. RESULTADOS DE LA VALORACIÓN DE PARÁMETROS DE CAI

Los ensayos definidos anteriormente son realizados en el edificio en un día de actividad normal, teniendo en cuenta la ocupación y las labores realizadas en cada uno de los establecimientos. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos que pueden ser consultados individualmente en el Anexo D.

6.1. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN HIGIÉNICA DE LOS SISTEMAS

La evaluación higiénica se realizó en 21 equipos del sistema de climatización del edificio, teniendo en cuenta que los 2 de Vitalma no se pudieron realizar por motivos de remodelación en la mudanza de dinámica.

Para la evaluación se desarmaron los equipos con el fin de inspeccionar y verificar el estado de cada uno de los componentes del sistema. Los equipos evaluados fueron 16 cassettes de 4 vías y 5 Fancoil tipo hi-Wall. A continuación, se presenta el procedimiento de evaluación higiénica para los componentes el cassette de 4 vías ubicado en el pasillo de COFCA.

Imagen 34. Registro de la evaluación higiénica de los equipos.



Tabla 10. *Resultado de la evaluación higiénica de los sistemas de climatización.*

EVALUACIÓN HIGIÉNICA DE LOS SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN				
Elementos inspeccionados	Estado mecánico	Nivel suciedad	Presencia agua	Presencia óxido
Filtros	OK	Alto	NO	NO
Serpentín	OK	Bajo	NO	NO
Bandeja de condensados	OK	Bajo	NO	NO
Ventiladores	OK	Bajo	NO	NO

Realizando un análisis general de la evaluación de los equipos, el estado mecánico de los componentes se considera óptimo, lo cual refleja que se realiza un buen mantenimiento periódico de los equipos. Respecto a las observaciones de higiene, se encuentran filtros con bastante polvo y material articulado y bandejas de condensado con agua estancada en malas condiciones higiénicas.

Imagen 35. Bandeja de condensado equipo tipo cassette.



Mantener en buenas condiciones higiénicas los equipos, es de gran importancia para obtener buenas condiciones de aire interior en el edificio; por lo tanto, es indispensable contar con un plan

de mantenimiento que además de garantizar el buen funcionamiento de los componentes mecánicos, se encargue de la limpieza de los sistemas.

En el anexo F se podrán consultar las evaluaciones higiénicas realizadas para cada uno de los equipos de climatización del Centro Integral de Tecnología en Salud.

6.2. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS DE CAI

A continuación, se presenta el consolidado de todos los ensayos realizados y su respectiva calificación de acuerdo al criterio de aceptación. Los resultados resaltados en color amarillo corresponden a los parámetros que se salen del criterio de confort, los resultados en color rojo, son aquellos que superan el criterio de valor máximo permitido.

Tabla 11. Cuadro resumen de resultados.

PARÁMETROS DE CALIDAD DE AIRE INTERIOR PARA EL CENTRO INTEGRAL DE TECNOLOGÍA EN SALUD										
MEDICIONES EXTERNAS										
TEMPERATURA			28,1°C		HUMEDAD		68.40%	CIUDAD	BARRANQUILLA	
MEDICIONES INTERNAS										
PUNTO DE MUESTREO		ÁREA	TEMPERATURA [°C]	HUMEDAD R. [%]	FORMALDEHIDO [mg/m³]	COV [µg/m³]	CO2 [PPM]	PARTICULAS PM2,5	BACTERIAS [ufc/m3]	HONGOS [ufc/m3]
CRITERIO DE CONFORT			23-25°C	30-70%	< 0,12 mg/m³	< 200 µg/m³	< 600 ppm	< 20 µg/m³	< 600 µfc/m³	< 500 µfc/m³
VALOR LÍMITE			< 17°C / > 27°C	N.A.	< 0,3 mg/m³	< 3000 µg/m³	2500 ppm	< 100 µg/m³	N.A.	N.A.
1	COFCA	CONSULTORIO 9	22.4	69.5	0.091	457	1195	10	< 600	< 500
2	COFCA	PASILLO	24.5	63.6	0.025	130	1169	9	< 600	< 500
3	COFCA	OPTICA	22.6	64.3	0.092	456	1251	12	< 600	< 500
4	COFCA	MANTENIMIENTO	24.1	67.8	0.007	27	771	25	< 600	< 500
5	COFCA	ADMON	23.4	60.1	0.058	284	3209	31	< 600	< 500
6	COFCA	CALL CENTER	24.3	61.2	0.120	597	1475	15	< 600	< 500
7	EGLÉ	CONSULTORIO	22.0	69.4	0.317	1598	735	25	< 600	< 500
8	EGLÉ	RECEPCION	24.7	69.3	0.316	1575	733	13	< 600	< 500
9	DINÁMICA	RAYOS X	19.7	64.4	0.111	549	820	71	< 600	< 500
10	DINÁMICA	RECEPCION	23.8	59.2	0.275	1374	1029	52	< 600	< 500
11	DINÁMICA	Z. EMPLEADOS	23.5	59.6	0.140	698	818	89	< 600	< 500
12	DINÁMICA	BIOPSIAS	N.A.	N.A.	0.453	680	715	69	< 600	< 500
TOTAL			23.2	64.4	0.167	702	1160	35	< 600	< 500

6.3. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS

Los ensayos microbiológicos fueron realizados por el laboratorio EMICAL “*Laboratorio especializado en microbiología industrial y control de calidad*”. Las muestras fueron tomadas por una persona calificada del laboratorio, con todos los elementos de protección necesarios y bajo los criterios de higiene exigidos. Todas las muestras fueron marcadas y etiquetadas según el punto de muestreo y posteriormente transportadas en recipiente isoterma refrigerado para conservar la temperatura requerida (7°C a 10°C).

Imagen 36. Toma, marcación y refrigeración de muestras para ensayo microbiológico ambiental.



Imagen 37. Toma, marcación y refrigeración de muestras para ensayo microbiológico superficial.



Imagen 38. Cultivos de hongos y bacterias realizados en el laboratorio EMICAL



Los informes entregados por el laboratorio pueden ser consultados en el anexo E. A continuación, se presentan los resultados obtenidos para los ensayos de microbiología ambiental y superficial en los puntos de muestra seleccionados.

Tabla 12. Resultados ensayos ambientales.

ENSAYOS AMBIENTAL		MICROBIOLOGIA AMBIENTAL			MICROBIOLOGIA SUPERFICIAL			
PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE MUESTRA	MESOFILOS AEROBIOS	MOHOS	LEVADURAS	COLIFORMES TOTALES	ESCHERICHIA COLI	MOHOS	LEVADURAS
CRITERIO ACEPTACION		< 600 $\mu\text{fc}/\text{m}^3$	< 500 $\mu\text{fc}/\text{m}^3$	< 500 $\mu\text{fc}/\text{m}^3$	< 600 $\mu\text{fc}/\text{m}^3$	< 600 $\mu\text{fc}/\text{m}^3$	< 500 $\mu\text{fc}/\text{m}^3$	< 500 $\mu\text{fc}/\text{m}^3$
COFCA	CONSULTORIO 9	9	4	8	0	0	101	1
COFCA	PASILLO	27	0	1	0	0	300	15
COFCA	MANTENIMIENTO	14	1	10	0	0	1	0
COFCA	ADMINISTRATIVO	2	1	1	0	0	56	21
EGLÉ	CONSULTORIO	0	8	3	0	0	37	0
DINÁMICA	RECEPCION	17	0	6	0	0	23	0
DINÁMICA	RAYOS X	4	0	2	0	0	0	0
DINÁMICA	ZONA EMPLEADOS	8	2	0	7	0	61	65

Para todas las zonas analizadas, los parámetros de hongos y bacterias se encuentran por debajo del valor límite permitido en la norma.

Criterios de conformidad de la calidad de aire en interiores del edificio

Para poder definir si la calidad de aire en el interior del edificio del Centro integral de Tecnología en Salud es apto o no apto, nos restringimos a los criterios de conformidad de la norma FAIAR, en la cual se exige cumplir con los siguientes requisitos para considerarse aceptable la calidad de aire interior:

1. El resultado de al menos el 75% de los puntos analizados de cada uno de los parámetros por separado se encuentra por debajo del valor de aceptación.
 - Para los parámetros de formaldehído, COV, CO₂ y partículas, menos del 75% del total de los puntos de muestra (9 de 12) se encuentran por debajo del valor de aceptación, por lo cual la calidad interior del aire se considera no aceptable para este primer requisito.

Tabla 13. Resultado en porcentaje de puntos de muestreo por debajo del criterio de aceptación.

FORMALDEHIDO [mg/m ³]	COV [μg/m ³]	CO ₂ [PPM]	PARTICULAS PM _{2,5}
50%	17%	0%	42%

2. Se ha identificado la causa que provoca que en algunos puntos no se alcancen los requisitos de calidad exigidos en esta norma y se han propuesto medidas correctoras.
 - Se identifican todos los puntos que presentan valores por fuera del criterio de confort o valor límite y se identifican las causas respectivas. Las medidas correctoras se proponen en el capítulo 7; una vez implementadas las propuestas, deben realizarse

nuevamente las mediciones de los parámetros para definir si es o no es aceptable la calidad de aire interior.

3. Las lecturas no sobrepasan en ningún punto los valores límites máximos.
 - Para 3 de los parámetros analizados, existen puntos de muestra dónde los valores superan los valores límites máximos, por lo tanto, la calidad interior del aire se considera no aceptable para este primer requisito.

Tabla 14. Resultados de valores límites máximos.

FORMALDEHIDO [mg/m ³]	COV [μg/m ³]	CO2 [PPM]
3	3	1

4. Otros aspectos ambientales de especial riesgo, como son la posible presencia de amianto en el edificio o la existencia de instalaciones de riesgo de *Legionella pneumophila* (confirmar cumplimiento de la norma UNE 100030 o equivalente), lipoatrofia semicircular u otros que el Profesional Superior detecte durante su inspección, se encuentran bajo control.
 - Los informes de los análisis microbiológicos realizados, no presentan existencias de las instalaciones de riesgo mencionadas anteriormente, por lo que según este criterio la calidad de aire interior se considera aceptable.

Luego de la valoración y/o cuantificación de los parámetros asociados a cada aspecto y su comparación con las normativas, criterios de confort y criterios de límite máximo aplicables en cada caso, nos permite establecer que el nivel de calidad de aire interior en el edificio del Centro Integral de Tecnología en Salud se considera NO ACEPTABLE

7. ACCIONES CORRECTIVAS PROPUESTAS

A partir de los resultados obtenidos, es necesario implantar unas acciones correctoras, que para el caso de esta monografía solo será en términos de recomendación y será el cliente quien defina si se ejecutan o no y sus tiempos, al igual que el estudio de viabilidad, costos y todos los cálculos de ingeniería que se requieran.

Una vez completadas estas acciones correctivas propuestas, se debe proceder a valorar/cuantificar de nuevo los parámetros, hasta que el resultado de la CAI sea Aceptable.

7.1. EXTRACCIÓN DE AIRE CONTAMINADO

Actualmente la extracción de los baños funciona con ventiladores axiales garantizando las condiciones de salubridad y confort y eliminando la contaminación de aire interior (Olores y altos niveles de humedad). Sin embargo, la instalación actual no está cumpliendo su objetivo final, debido a que la descarga está siendo llevada a buitrones en el caso del COFCA Y EGLÉ y al cielo raso en el caso de DINAMICA Y VITALMA, causando recirculación de este aire viciado y problemas de olores y humedad.

Imagen 39. Extracción y descarga de baños.

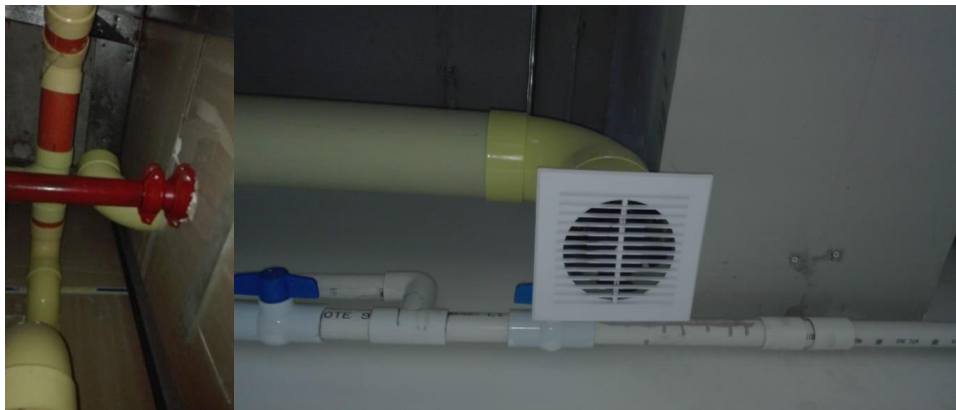
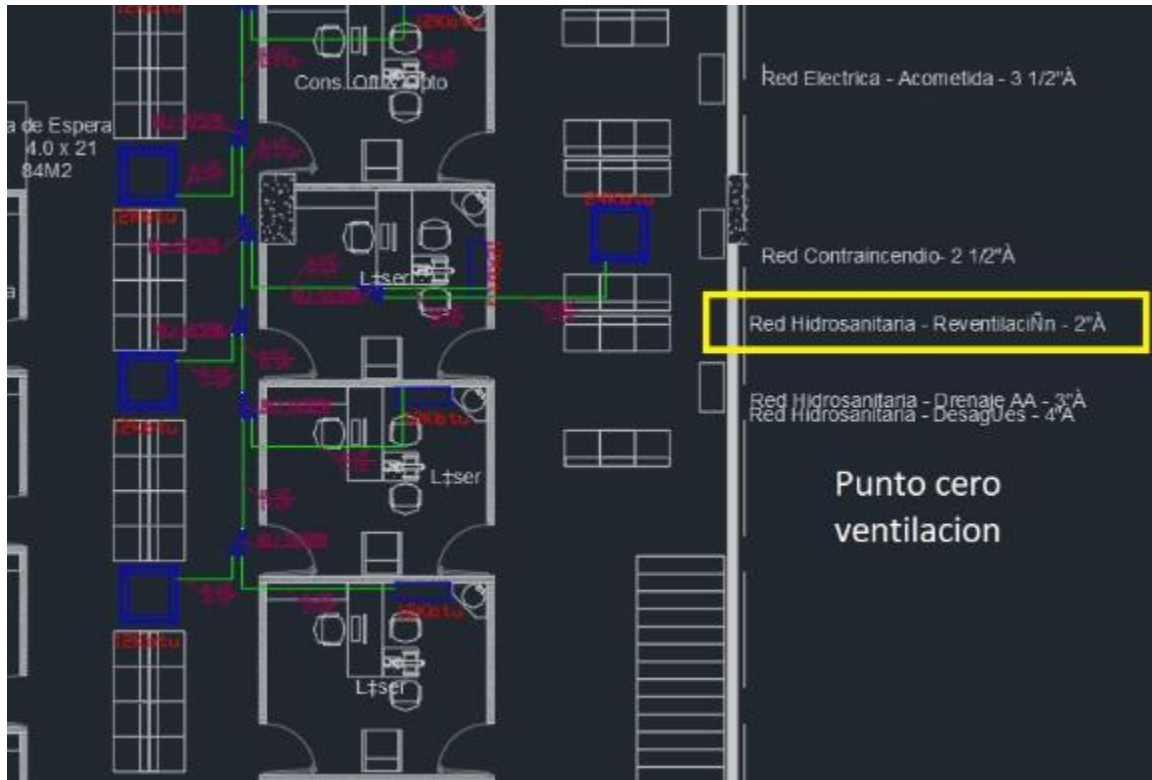


Imagen 41. Punto cero de re ventilación dejado por el centro comercial.



Para la aplicación de esta primera recomendación, es necesario verificar si la capacidad de los ventiladores ubicados en los baños cumple con el caudal que se requiere extraer y calcular la pérdida de carga de la canalización en la tubería sanitaria (4 pulgadas), teniendo en cuenta accesorios, tramos rectos, codos, expansiones, reducciones, obstáculos, etc. En caso que no sea suficiente el ventilador actual se debe escoger el ventilador adecuado, teniendo en cuenta además del punto de trabajo (Presión/Caudal), los niveles de ruido, la tensión de alimentación, la regulación de velocidad (si es necesaria), la protección a la intemperie y las facilidades de instalación.

Recomendación Correctora - Opción 2

Estudiar la probabilidad de descarga libre con previa autorización del centro comercial, de modo que se permita realizar la extracción del aire contaminado de los baños a través de un cerramiento, pared o muro, aprovechando la zona de parqueadero que colinda con el edificio y cuenta con ventilación natural.

Imagen 42. Parqueadero con ventilación natural



7.2. RENOVACIÓN DE AIRE Y VENTILACIÓN

El principal problema en la calidad del aire interior del Centro Integral de Tecnología en Salud es que no cuenta con renovación de aire, el cual es necesario para sustituir el aire viciado por aire limpio. El poco aire que se renueva es debido a infiltraciones a través de aperturas de puertas y ventanas y diferencia de presión (Interior/Exterior) en el edificio.

Se debe implementar un sistema mecánico de ventilación para la renovación del aire interior cumpliendo con los estándares mínimos recomendados por la norma 62.1 2016 de la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE).

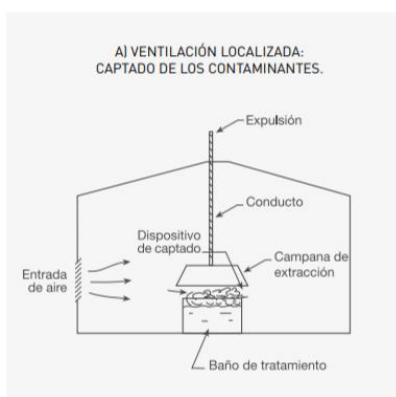
6

7.3. EXTRACCIÓN LOCALIZADA

En Dinámica se realiza un procedimiento específico llamado coloración de biopsias; para este procedimiento que consiste en preservar las células y sus componentes internos, evitando la degradación, se utiliza un compuesto químico conocido como formol en una solución saturada en agua al 10% (1 parte de formol y 9 de agua). El uso y manipulación de estos productos se ha prohibido en algunos países debido al alto riesgo para la salud de quienes trabajan con ellos habitualmente, incluso si se ingiere este compuesto químico en grandes cantidades puede causar dolor, vómitos, coma e incluso la muerte a partir de 30 ppm.

Para esta área será necesario calcular el aire de ventilación en base a la producción de sustancias contaminantes y mantener la concentración de dicha sustancia por debajo del límite máximo admitido. Se debe consultar con el centro comercial, el lugar adecuado para descargar este aire contaminado y a partir de allí, realizar el cálculo de conductos y selección del ventilador para la extracción.

Imagen 44. Ventilación localizada. (Manual de ventilación completo. SOLER Y PALAU)



8. CONCLUSIONES

- Teniendo en cuenta que las construcciones e instalaciones (aire acondicionado, redes de agua, etc.) están directamente relacionadas con los parámetros que pueden afectar la calidad de aire interior, es importante pensar en estrategias de diseño que permitan una óptima calidad del aire desde la concepción del edificio; empezando por la selección de materiales de construcción, hasta la selección de los equipos de climatización y ventilación.
- Actualmente la calidad de aire interior no es considerada un aspecto relevante en los edificios debido al desconocimiento del tema. En esta monografía podemos encontrar con cifras, las afectaciones que la CAI puede ocasionar en la salud y al desempeño laboral de los ocupantes. Es importante empezar a tomar consciencia sobre estos riesgos e implementar acciones que permitan disminuir la contaminación en los edificios y así mismo disminuir la cifra de edificios enfermos que existe hoy en día.
- Urge la necesidad de establecer normativas y reglamentos en Colombia respecto a la calidad de aire interior, con el fin de obligar a los propietarios de los edificios a garantizar las mínimas exigencias de calidad de aire para los ocupantes.
- La medición de los parámetros ambientales es clave para determinar las condiciones de la calidad de aire interior y establecer según los criterios de aceptación si es o no es aceptable. Para esta monografía, la CAI en el Centro Integral de Tecnología en Salud, se determinó NO APTA y se estableció que los parámetros que más afectaron la CAI son el CO₂,

formaldehídos y compuestos volátiles; sobre los cuales se deben aplicar las medidas correctivas para alcanzar los valores permisibles y lograr una CAI apta.

- Por medio de la evaluación general del edificio y de los parámetros medidos en el Centro Integral de Tecnología en Salud, se crea un documento para el plan de control periódico de calidad de aire interior, el cual será entregado al gerente del edificio para su futura implementación. El edificio deberá cumplir con todas las actividades obligatorias descritas y en lo posible, adoptar todas las buenas prácticas y sugerencias establecidas en el plan. El correcto seguimiento de este plan, se proyecta cómo una inversión que se reflejará en la obtención una buena CAI.

BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ, TEREZA; PEÑAHORA MARIA; MARTIN ISIDRO. Calidad de ambiente interior en oficinas; identificación, análisis y priorización de actuación frente al riesgo. INSHT, 2015.
- BERENGUER, M. J. Síndrome del edificio enfermo: Factores de riesgo. INSHT, 1991.
- CARAZO LUIS. Contaminación del aire interior y su impacto en la patología respiratoria. 2013.
- DES MOINES PUBLIC SCHOOLS DISTRICT; Indoor Air Quality Management Plan, 2012.
- ENCICLOPEDIA SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO; Capítulo 44 Calidad aire interior. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales Subdirección General de Publicaciones.
- GOMEZ G. VIRGINIA. La Edad del Aire. 2009.
- GUARDINO XAVIER. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo – Calidad de Aire Interior.
- INCHE, JORGE L. Gestión de la calidad del aire: causas, efectos y soluciones. (2004).
- MARTÍ MA C; Método para el recuento de bacterias y hongos en aire. NTP 299 INSHT.
- MENDOZA HEYDY; MACHADO MALKALKA; REVELO SERVIO. Síndrome Edificio Enfermo (SEE), Facultad Nacional De Salud Pública.
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL; Manual para la elaboración de planes de gestión de la calidad del aire.
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL; Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. 2010.

- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL;
Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire: Manual de operación de sistema de vigilancia de la calidad de aire.
- MINNESOTA DEPARTMENT OF HEALTH; Model Indoor Air Quality Management Plan, 2016.
- NORMA FAIAR DE CONTROL DE CALIDAD DE AIRE EN INTERIORES EN EDIFICIOS
- PCE INSTRUMENTS. Medidor de calidad de aire PCE-RCM 11 y PCE-RCM 12
- RICHARD A. WADDEN; METER A SCHEFF. Contaminación del aire en interiores, 1987.
- RIVERA JOSÉ. Monitoreo bacteriológico en el aire interior de un edificio. 2009.
- SILVESTRE ELISABET. Guía de Calidad de Aire Interior. ESPAÑA 2016.
- VARGAS FRANCISCO; GALLEGO ISABEL. Calidad Ambiental Interior: Bienestar, Confort y Salud.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

Ing. JULIAN ERNESTO JARAMILLO

CO-DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

Ing. ROBERTO D'ANETRA

AUTORES

Nombre: Jair Cuesta Gómez

Código: 2188065

Nombre: Silvia Alejandra Caballero Zafra

Código: 2188060