



**Pontificia Universidad
Católica del Ecuador**
Seréis mis testigos

MANABÍ

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE MANABÍ
CARRERA DE ARQUITECTURA**

TRABAJO DE TITULACIÓN

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CALIDAD DE AIRE EN LUGARES
DE MAYOR FLUJO DE CIRCULACIÓN CASO DE ESTUDIO MERCADO
PLAZA CENTRAL DE PORTOVIEJO Y MERCADO MUNICIPAL DE
MANTA**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

**DISEÑO, INFRAESTRUCTURA Y SISTEMAS SOCIALES Y AMBIENTALES
PARA UN HÁBITAT SOSTENIBLE**

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN

**AMBIENTE, CIUDAD, TERRITORIO Y SOCIEDAD PARA UN HÁBITAT
SOSTENIBLE, PLANIFICADO, INCLUSIVO Y SEGURO**

**PREVIO AL TÍTULO DE
ARQUITECTO**

AUTOR

CÉSAR EDUARDO GARRIDO PALMA

TUTOR

ARQ. PAÚL ALEJANDRO INTRIAGO SOLÓRZANO, MGTR.

PORTOVIEJO, ABRIL 2025

CERTIFICADO DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de integración curricular, certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, cumpliendo la Normativa del Trabajo de Integración Curricular; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación.

Arq. Paul Alejandro Intriago Solorzano, Mgtr.

C.I. 131039827-4

Tutor

ACTA DE APROVACION DEL TRIBUNAL

El jurado examinador aprueba el presente trabajo de integración curricular en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí:

En la ciudad de Portoviejo a los tres días del mes de abril de dos mil veinte y cinco.

(F)_____

Arq. Paul Alejandro Intriago Solorzano, Mgtr.

Presidente del tribunal

(F)_____

Arq. Aimee del Rocio Delgado Cruz, Mgtr.

Primer Lector

(F)_____

Arq. Diego Xavier Hidalgo Burneo, Mgtr.

Segundo Lector

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Este manuscrito, no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en la información de soporte que ha sido debidamente citada en mi trabajo.

Este trabajo es de total responsabilidad del autor, quien declara bajo juramento que ninguna sección de este trabajo de integración curricular infringe los derechos de autor de nadie.

En la ciudad de Portoviejo a los tres días del mes de abril de dos mil veinte y cinco.

Autor:

F. _____

Cesar Eduardo Garrido Palma
Dirección: 5 de Junio, Portoviejo
E-mail: cgarrido0599@pucesm.edu.ec
Celular: 098 559 3865

DECLARACIÓN DE DERECHO DEL AUTOR

Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos, con el fin de promover la divulgación de mis resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general. Adicionalmente autorizo el uso de los contenidos de esta investigación como bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información al autor de este trabajo.

En la ciudad de Portoviejo a los tres días del mes de abril de dos mil veinte y cinco.

Autora:

F. _____

Cesar Eduardo Garrido Palma

C.I. 131039827-4

Dedicatoria y Agradecimiento

Agradezco profundamente a Dios, mi guía y fortaleza, quien me ha sostenido en cada paso de este largo camino, otorgándome sabiduría y fuerza en los momentos más difíciles.

A mis padres, quienes con su amor incondicional y sacrificio diario me han brindado el apoyo y la inspiración para seguir adelante. Su ejemplo de esfuerzo, dedicación y humildad ha sido mi mayor motivación, y a ellos les debo todo lo que soy.

A mi familia, por su constante apoyo y aliento en cada etapa de este proceso. Sin su cariño y comprensión, no habría logrado superar los momentos más desafiantes.

Mi más sincero agradecimiento a mis profesores y tutores, quienes con su dedicación y conocimiento me han guiado en mi formación profesional. Gracias por creer en mí y por brindarme las herramientas necesarias para crecer tanto académica como personalmente.

A mis compañeros de carrera, con quienes compartí desafíos, aprendizajes y momentos inolvidables. Gracias por su camaradería y por hacer de este recorrido una experiencia enriquecedora.

Dedico este logro a todos quienes me han acompañado en este viaje: a mis padres, amigos y compañeros de vida, que celebraron cada pequeño avance y me dieron fuerzas para seguir adelante. Este título es también para todos aquellos que sueñan con dejar su huella en el mundo a través del conocimiento, recordándoles que el esfuerzo constante es la clave para transformar sueños en realidad.

Cesar Eduardo Garrido Palma

Resumen

Se realizó un estudio cuantitativo con el fin de evaluar la influencia de la envolvente arquitectónica en la calidad del aire en los mercados Plaza Central de Portoviejo y Municipal de Manta. La investigación se desarrolló durante los meses de noviembre y diciembre de 2024, utilizando el software DepthmapX para modelar la accesibilidad y circulación dentro de los mercados. A partir de la identificación de las áreas de mayor concentración de personas y su relación con la ventilación, se realizaron mediciones in situ sobre los niveles de dióxido de carbono dióxido de carbono (CO₂), temperatura y humedad relativa utilizando el medidor digital CO₂ 7755 AZ. Los resultados revelan que el mercado Plaza Central de Portoviejo cuenta con una mejor ventilación natural, con una permeabilidad de la envolvente del 30,25%, y niveles de CO₂ que oscilan entre 431 y 456 ppm, manteniéndose dentro de los límites establecidos. En contraste, el mercado Municipal de Manta presenta una permeabilidad de la envolvente de solo 8,68%, con niveles de CO₂ que varían entre 664 y 965 ppm, acercándose al umbral de 1.000 ppm, lo que indica una menor eficiencia en la renovación del aire y una calidad del aire deficiente. Se concluye que el diseño eficiente de las envolventes arquitectónicas es fundamental para garantizar la calidad del aire, reducir la acumulación de gases contaminantes y mejorar el bienestar en edificaciones públicas con alta afluencia de usuarios.

Palabras clave: calidad del aire, ventilación, envolvente arquitectónica, dióxido de carbono

Abstract

A quantitative study was conducted to evaluate the influence of the architectural envelope on air quality in the Plaza Central de Portoviejo and Municipal de Manta markets. The research was carried out during November and December 2024, using DepthmapX software to model accessibility and circulation within the markets. Based on the identification of areas with the highest concentration of people and their relationship with ventilation, in situ measurements were taken of carbon dioxide (CO₂) levels, temperature, and relative humidity using the digital CO₂ meter 7755 AZ. The results reveal that the Plaza Central de Portoviejo market has better natural ventilation, with an envelope permeability of 30.25%, and CO₂ levels ranging between 431 and 456 ppm, remaining within established limits. In contrast, the Municipal de Manta market has an envelope permeability of only 8.68%, with CO₂ levels ranging between 664 and 965 ppm, approaching the threshold of 1,000 ppm, indicating lower efficiency in air renewal and poor air quality. It is concluded that efficient design of architectural envelopes is essential to ensure air quality, reduce the accumulation of pollutants, and improve well-being in public buildings with high user traffic.

Keywords: air quality, ventilation, architectural envelope, carbon dioxide.

Índice

CERTIFICADO DEL TUTOR	ii
ACTA DE APROVACION DEL TRIBUNAL	iii
DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD	iv
DECLARACIÓN DE DERECHO DEL AUTOR	v
Dedicatoria y Agradecimiento	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
Índice de Figuras	xiii
Índice de Tablas	xiv
Introducción	1
Planteamiento.....	3
Problema General.....	3
Hipótesis Central.....	3
Justificación	3
Estado de la cuestión.....	5
Formulación	6
Problema específico	6
Preguntas de la investigación.....	7
Marco Teórico.....	7
Calidad del aire interior en espacios comerciales.	7

Ventilación y Contaminantes Clave.....	8
Factores Arquitectónicos y Ambientales que Afectan la Calidad del Aire.....	8
La Envolvente Arquitectónica y la Calidad del Aire.	8
Factores de la Envolvente que Afectan la Calidad del Aire.	9
Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC-HS-CL) y Calidad del Aire	
Interior.....	10
Plan Nacional de Calidad del Aire del Ministerio del Ambiente.....	11
Categorías de calidad del aire interior en función del uso del edificio Reglamento de	
Instalaciones en los Edificios (RITE) Normativa Española CTE.....	11
Instrumento de Medición para Evaluación de Calidad del Aire Interior	13
Análisis Espacial con DepthmapX.....	14
Objetivos.....	15
Objetivo General	15
Objetivos Específicos.....	15
Materiales y Métodos.....	16
Diseño de la investigación	16
Tipo de la investigación	16
Modelo de análisis	16
Condiciones del lugar	16
Análisis Espacial con DepthmapX.....	18

Análisis Comparativo de la Envolvente Arquitectónica:	19
Análisis e interpretación de datos	20
Materiales.....	21
<i>Materiales de Campo</i>	21
<i>Materiales de Oficina</i>	21
Unidad de análisis	21
Áreas de estudio dentro de las edificaciones.	21
Variables y dimensiones	22
Flujograma de la metodología de la investigación.....	23
Resultados	23
Recolección y procesamiento.....	24
Identificación de áreas de mayor influencia en el Mercado Plaza central de Portoviejo y Mercado Municipal de Manta.....	24
Presentación de Resultados	26
Análisis Espacial con DepthmapX Mercado Central de Portoviejo y Manta.....	26
Tratamiento de y análisis	30
Análisis de los resultados con mediciones in situ de la calidad del aire Mercado Plaza central de Portoviejo y Mercado Municipal de Manta.....	30
Análisis de Resultados	34

Comparación de las condiciones de la envolvente arquitectónica en la calidad del aire en los Mercado Plaza central de Portoviejo y Mercado Municipal de Manta.	34
Análisis de la correlación entre el porcentaje de permeabilidad y la calidad del aire	36
Comparación entre las Tomas de Entrada y las Condiciones Internas	38
Discusiones	40
Conclusiones	42
Recomendaciones.....	44
Bibliografía	45
Anexos....	47

Índice de Figuras

Figura 1: <i>Mercado Central de Portoviejo</i>	28
Figura 2: <i>Mercado Municipal de Manta</i>	28
Figura 3: <i>Mapeo del software DepthMapX.</i>	30
Figura 4: <i>Medidor CO2 7755 AZ</i>	31
Figura 5: <i>Envolvente arquitectónica en la influencia en la ventilación Mercado plaza central de Portoviejo.</i>	32
Figura 6: <i>Envolvente arquitectónica en la influencia en la ventilación municipal de Manta</i>	32
Figura 7: <i>Plano de puntos de análisis de influencia de personas del Mercado Plaza Central de Portoviejo</i>	36
Figura 8: <i>Plano de puntos de análisis de influencia de personas del Mercado municipal de Manta</i>	38
Figura 9: <i>Plano análisis espacial con DephmanX Mercado Plaza Central Portoviejo</i> ..	40
Figura 10: <i>Plano análisis espacial con DephmanX Mercado Municipal Portoviejo</i>	42
Figura 11: <i>Grafica medidas de CO2(ppm) en función con la permeabilidad.</i>	48
Figura 12: <i>Grafica Temperatura °C en función con la permeabilidad.</i>	49
Figura 13: <i>Grafica humedad Relativa(%)en función con la permeabilidad.</i>	50
Figura 14: <i>Mosaico de fotos identificando y tomando lecturas de los parámetros de calidad del aire del Mercado Plaza Central De Portoviejo</i>	60
Figura 15: <i>Mosaico de fotos identificando y tomando lecturas de los parámetros de calidad del aire del Mercado Municipal de Manta</i>	61

Índice de Tablas

Tabla 1: Parámetros de concentración de CO ₂ categoría IDA según la RITE para edificaciones	24
Tabla 2: Parámetros de medición de la calidad de aire del Mercado Plaza Central de Portoviejo y Mercado Municipal de Manta.....	40
Tabla 3: Tabla de reporte de datos obtenidos sobre el mercado Plaza Central de Portoviejo y Mercado Municipal de Manta.....	.44

Introducción

La calidad del aire interior, particularmente en espacios de alta afluencia como mercados públicos, es un tema crucial debido a su impacto directo en la salud pública. Estudios globales de organismos como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) han identificado que la exposición prolongada a altos niveles de dióxido de carbono (CO₂), temperaturas extremas y humedad relativa incrementa el riesgo de enfermedades respiratorias, cardiovasculares e incluso puede conducir a la muerte prematura (OMS, 2018; EPA, 2024). A nivel local, en América Latina, países como México, Brasil y Chile han implementado políticas públicas para mitigar la contaminación urbana, enfatizando en áreas de alta densidad demográfica donde los factores como el tráfico vehicular y las industrias son determinantes para la calidad del aire.

En Ecuador, el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica ha establecido el "Plan Nacional de Calidad del Aire" para mejorar las condiciones tanto exteriores como interiores. Este plan subraya la necesidad de sistemas de ventilación efectivos, particularmente en entornos cerrados como mercados, donde la acumulación de contaminantes puede ser más elevada (Ministerio del Ambiente, 2022). Además, la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC-HS, 2011) establece estándares específicos para la concentración de CO₂, recomendando que los niveles en espacios cerrados comerciales no excedan las 800 ppm.

En el contexto de Manabí, ciudades como Portoviejo y Manta destacan por su intensa actividad comercial, con mercados públicos que concentran grandes cantidades de personas diariamente. Este flujo, combinado los elementos arquitectónicos de la envolvente en la estructura y la calidad de aire interior que limitan la ventilación natural contribuye a niveles altos de

contaminantes. Investigaciones previas han señalado que en estos espacios la calidad del aire interior podría no cumplir con los estándares recomendados, representando un riesgo significativo para la salud pública (Carazo et al., 2013).

Los mercados públicos de Portoviejo y Manta presentan condiciones críticas en términos de calidad del aire debido a varios factores: alta afluencia de personas, ventilación inadecuada y características arquitectónicas que dificultan el flujo de aire. La acumulación de contaminantes como el dióxido de carbono (CO₂) y el material particulado puede superar los límites establecidos por la NEC-HS (800 ppm), lo cual representa un riesgo para la salud de los usuarios y trabajadores.

Además, existe un vacío de información respecto al cumplimiento de estas normativas y cómo los diseños arquitectónicos influyen en la ventilación y dispersión de contaminantes. Esto plantea la necesidad de realizar un análisis comparativo entre los mercados de Portoviejo y Manta, utilizando herramientas tecnológicas como DepthmapX para evaluar la afluencia de personas, así como dispositivos para medir parámetros ambientales clave (CO₂, temperatura y humedad relativa). Este estudio no solo buscará identificar las deficiencias actuales, sino también generar recomendaciones que contribuyan a mejorar las condiciones ambientales y de salud en estos espacios.

La realización de esta investigación permitirá establecer la relación entre las características espaciales de los mercados y la calidad del aire, aportando evidencias para la toma de decisiones que promuevan un ambiente saludable y seguro.

Planteamiento

Problema General

La calidad del aire en mercados públicos de alta afluencia de personas, como el mercado de la Plaza Central de Portoviejo y el Mercado Municipal de Manta, se ve comprometida por factores arquitectónicos que limitan la ventilación natural. Esta deficiencia propicia un incremento en los niveles de CO₂ y otros contaminantes, lo que representa un riesgo para la salud de comerciantes, trabajadores y usuarios. Además, esta situación evidencia el posible incumplimiento de normativas como la NEC-HS-CL. Por lo tanto, es fundamental analizar cómo las características de la envolvente arquitectónica influyen en la calidad del aire con el fin de desarrollar estrategias de mitigación efectivas.

Hipótesis Central

La calidad del aire interior en los mercados públicos está significativamente influenciada por las características de la envolvente arquitectónica, como la disposición de aberturas, la altura de los techos y los materiales de construcción especialmente la permeabilidad de los muros. Se espera que los mercados con una mejor ventilación natural y una disposición espacial más eficiente presenten menores concentraciones de CO₂ y un mejor confort del entorno, en comparación con aquellos cuya arquitectura limita el intercambio de aire.

Justificación

El presente estudio aborda un problema de gran relevancia social y ambiental al enfocarse en la calidad del aire interior de los mercados públicos, espacios que concentran a miles de personas diariamente y son vitales para la economía local. Según datos del Ministerio del Ambiente y

Transición Ecológica de Ecuador (2022), los niveles de contaminación en espacios cerrados pueden ser incluso más altos que en exteriores, exponiendo a los usuarios a riesgos de salud evitables. Este problema es particularmente grave en edificaciones de uso público como los mercados, donde las dinámicas urbanas y arquitectónicas no siempre están alineadas con los estándares de ventilación recomendados.

Desde el punto de vista arquitectónico, el estudio busca generar conocimientos aplicables sobre cómo las características del diseño influyen en la calidad del aire. Este enfoque tiene el potencial de contribuir al diseño de estrategias que optimicen la ventilación y reduzcan los niveles de contaminantes en mercados públicos. Además, el uso de herramientas tecnológicas como DepthmapX y dispositivos de medición de alta precisión asegura que los resultados del estudio sean basados en datos fiables y representativos.

En términos normativos, la investigación evalúa los requerimientos estandarizados de la NEC-HS-CL, lo que puede servir como base para futuras intervenciones urbanas y arquitectónicas orientadas al bienestar de la población. Asimismo, este trabajo proporciona información valiosa para los responsables de políticas públicas, al resaltar la necesidad de implementar medidas más estrictas de monitoreo y control de la calidad del aire en espacios comerciales cerrados.

Finalmente, este proyecto tiene un impacto académico significativo, ya que amplía el conocimiento sobre la relación entre arquitectura y calidad ambiental, un campo aún poco explorado en Ecuador. Sus hallazgos pueden servir como referencia para investigaciones futuras y proyectos de intervención en mercados y otros espacios urbanos con características similares.

Estado de la cuestión

El análisis de la calidad del aire interior (CAI) en mercados públicos es un tema de creciente relevancia debido a su impacto directo en la salud de las personas que ocupan estos espacios, tanto comerciantes como usuarios. Según estudios de organismos internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia de Protección Ambiental (EPA), la exposición prolongada a contaminantes como el dióxido de carbono (CO₂), la humedad relativa y la temperatura elevada aumenta el riesgo de enfermedades respiratorias y cardiovasculares (OMS, 2018; EPA, 2024). Además, investigaciones han documentado que los espacios cerrados con alta afluencia de personas pueden tener niveles de contaminantes 2 a 5 veces más elevados que el aire exterior (Caloryfrio, 2023).

En Ecuador, el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica implementó el "Plan Nacional de Calidad del Aire" (PNCA), que tiene como objetivo mejorar la calidad del aire en ambientes urbanos. Este plan subraya la importancia de establecer sistemas de ventilación eficaces en espacios cerrados, como los mercados públicos, donde la acumulación de contaminantes puede ser más significativa (Ministerio del Ambiente, 2022). La Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC-HS-CL, 2011) también establece límites en la concentración de CO₂, recomendando que en espacios comerciales cerrados no se superen los 800 ppm. Sin embargo, la aplicación efectiva de estas regulaciones en los mercados públicos sigue siendo un desafío debido a factores arquitectónicos y operativos.

Estudios previos en América Latina han demostrado que la disposición arquitectónica y la ventilación son factores determinantes en la calidad del aire interior. En el contexto ecuatoriano, los mercados de Portoviejo y Manta presentan un caso particular debido a la alta densidad de

ocupación, la limitación en la ventilación natural y las deficiencias en el cumplimiento de normativas como la NEC-HS-CL, lo que pone en evidencia la necesidad de un análisis detallado de estos espacios. En particular, los mercados de estas ciudades enfrentan dificultades para mantener niveles adecuados de calidad del aire, lo que puede generar un riesgo considerable para la salud de los usuarios y trabajadores (García et al., 2020).

Aunque existen investigaciones sobre la calidad del aire en otros mercados de América Latina, pocos estudios se han enfocado en cómo las características arquitectónicas y la gestión de la ventilación en los mercados ecuatorianos influyen en los niveles de contaminantes. Esta brecha en la investigación resalta la necesidad de realizar un análisis comparativo detallado de los mercados de Portoviejo y Manta, empleando herramientas como DepthmapX para evaluar la afluencia de personas y dispositivos tecnológicos para medir parámetros clave como el CO₂, la temperatura y la humedad relativa. Los resultados de esta investigación no solo identificarán las deficiencias actuales, sino que también proporcionarán recomendaciones prácticas para mejorar las condiciones de salud y seguridad en estos espacios comerciales (Ministerio del Ambiente, 2022).

Formulación

Problema específico

La investigación se centra en cómo la disposición de las aberturas, los materiales de construcción y la altura de los techos afectan la calidad del aire en los mercados de Portoviejo y Manta, evaluando si estas características cumplen con los estándares de ventilación y niveles máximos de contaminantes establecidos por la NEC-HS-CL.

Preguntas de la investigación

1. ¿Cuáles son las características arquitectónicas de la envolvente en los mercados de Portoviejo y Manta que afectan la calidad del aire interior?
2. ¿Qué niveles de CO₂, humedad relativa y temperatura se presentan en los mercados municipales como equipamientos clave, específicamente en los puntos críticos de evaluación, y cómo se comparan con los límites establecidos por la NEC-HS-CL?
3. ¿Qué relación existe entre la ventilación natural y las concentraciones de contaminantes en las áreas de mayor afluencia?
4. ¿Cómo impactan las diferencias en la envolvente arquitectónica de los mercados en la calidad del aire percibida por usuarios y trabajadores?

Marco Teórico

Calidad del aire interior en espacios comerciales.

La calidad del aire interior (IAQ, por sus siglas en inglés) es fundamental para la salud y bienestar de las personas en espacios comerciales. Una IAQ deficiente puede incrementar la concentración de contaminantes como dióxido de carbono (CO₂) y partículas en suspensión, afectando la salud respiratoria de los usuarios y el rendimiento de los trabajadores. En mercados públicos como los de Portoviejo y Manta, donde la afluencia es constante, la gestión adecuada de la ventilación es crucial para garantizar un ambiente saludable (Ministerio del Ambiente, 2015).

Ventilación y Contaminantes Clave.

Max von Pettenkofer, en su obra *Über den Luftwechsel in Wohngebäuden* (1858), destacó la importancia del intercambio de aire en espacios cerrados. Usó la concentración de CO₂ como indicador clave para evaluar si un espacio está bien ventilado. Un nivel alto de CO₂ sugiere una deficiencia en la ventilación, lo que podría ocasionar problemas de salud, como fatiga y dificultades respiratorias (Pettenkofer, 1858).

Factores Arquitectónicos y Ambientales que Afectan la Calidad del Aire.

El diseño de los mercados públicos tiene un impacto significativo en la calidad del aire interior. Envolturas cerradas o con poca ventilación natural pueden contribuir a la acumulación de CO₂ y partículas nocivas. Por otro lado, los sistemas de climatización y ventilación mecánica (HVAC) deben ser diseñados para satisfacer las demandas específicas de cada espacio, teniendo en cuenta la afluencia de personas y las características ambientales locales (MIDUVI, 2011).

La Envoltura Arquitectónica y la Calidad del Aire.

La envoltura arquitectónica de un edificio juega un rol fundamental en la determinación de la calidad del aire interior (CAI), especialmente en espacios cerrados con alta afluencia de personas, como los mercados públicos. La envoltura, entendida como el conjunto de elementos que delimitan y protegen el espacio interior (muros, techos, ventanas, y puertas), actúa como una barrera entre el ambiente interior y exterior, regulando la entrada de aire y su renovación, así como la transferencia de calor y humedad (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda [MIDUVI], 2011).

Factores de la Envolvente que Afectan la Calidad del Aire.

Existen diversos factores en el diseño de la envolvente que impactan la calidad del aire interior:

Aperturas y Ventilación Cruzada: La disposición de ventanas, puertas y otras aberturas estratégicamente colocadas facilita la ventilación cruzada, que es esencial para reducir las concentraciones de CO₂ y humedad. La ventilación cruzada permite un flujo constante de aire, mitigando la acumulación de contaminantes en áreas de alta densidad de ocupación (Pettenkofer, 1858).

Materiales y sellado de la envolvente: Los materiales utilizados en la envolvente y el nivel de sellado pueden influir en la cantidad de intercambio de aire. En estructuras con sellado hermético, la falta de ventilación adecuada puede llevar a una rápida acumulación de CO₂ y otros contaminantes. La incorporación de materiales que permiten una permeabilidad controlada puede mejorar la renovación de aire en espacios cerrados (NEC-HS, 2011).

Altura de los Techos y Volumen del Espacio Interior: Las envolventes con techos altos y mayor volumen interior tienden a dispersar mejor el aire contaminado, distribuyendo los niveles de CO₂ y manteniendo un aire más respirable. Esto es particularmente relevante en mercados públicos, donde una envolvente con techos bajos puede intensificar la concentración de contaminantes en zonas específicas (Escamilla-Núñez et al., 2014).

Sistemas de Ventilación y Filtración: En muchos casos, la envolvente arquitectónica puede complementarse con sistemas de ventilación mecánica para mejorar la calidad del aire interior. Estos sistemas permiten un control preciso sobre la entrada y salida de aire, manteniendo

niveles seguros de CO₂ y humedad, independientemente de las condiciones exteriores. Además, estos sistemas pueden incluir filtros que eliminan partículas y otros contaminantes, mejorando aún más la calidad del aire (Ministerio del Ambiente, 2015).

Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC-HS-CL) y Calidad del Aire Interior

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-HS-CL) establece los requisitos mínimos para la calidad del aire en edificaciones, con el objetivo de proteger la salud y el bienestar de los ocupantes. En entornos comerciales como mercados públicos, la normativa enfatiza la necesidad de mantener una ventilación suficiente para reducir la concentración de contaminantes como el dióxido de carbono (CO₂).

Uno de los parámetros más relevantes que se menciona en la NEC-HS-CL es el mantenimiento de niveles de CO₂ por debajo de 800 ppm, asegurando un entorno seguro tanto para los usuarios como para los trabajadores (MIDUVI, 2011). La normativa contempla tanto sistemas de ventilación natural como mecánica (HVAC) y recomienda el uso de monitoreo constante para asegurar que las condiciones del aire se mantengan dentro de los límites permitidos. Esto es fundamental en espacios con alta afluencia, donde la acumulación de contaminantes puede ser más rápida debido a la actividad humana.

Adicionalmente, la NEC establece lineamientos para que los sistemas de climatización no solo regulen la temperatura, sino que contribuyan a la renovación constante del aire. Este aspecto es crítico en los mercados de Portoviejo y Manta, donde las características arquitectónicas pueden limitar la ventilación natural y demandar soluciones mecánicas más eficientes. La normativa también indica que los sistemas HVAC deben diseñarse considerando la densidad de ocupación y

las dinámicas de uso, garantizando un confort ambiental adecuado y evitando riesgos a la salud respiratoria.

Plan Nacional de Calidad del Aire del Ministerio del Ambiente

El Plan Nacional de Calidad del Aire (2015) desarrollado por el Ministerio del Ambiente del Ecuador tiene como objetivo mejorar la calidad del aire en entornos urbanos y públicos mediante la reducción de contaminantes atmosféricos. Este plan enfatiza la importancia de controlar tanto las emisiones de fuentes móviles (vehículos) como fijas (industrias) y mejorar las condiciones del aire en espacios interiores, especialmente en lugares de alta concurrencia como mercados y centros comerciales.

El plan resalta la importancia de la gestión de contaminantes clave, como CO₂, humedad relativa y temperatura en áreas urbanas de alta afluencia. En el contexto de mercados como los de Portoviejo y Manta, el Plan Nacional recomienda la implementación de estrategias de monitoreo ambiental que permitan detectar niveles peligrosos de contaminantes y tomar medidas correctivas de forma oportuna (Ministerio del Ambiente, 2015).

Categorías de calidad del aire interior en función del uso del edificio Reglamento de Instalaciones en los Edificios (RITE) Normativa Española CTE.

En función del uso que se dé al edificio o local, existen diferentes categorías de calidad del aire interior (IDA) que se deberán alcanzar como mínimo. Estas categorías son: (RITE,2007)

IDA 1 (aire de óptima calidad): hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.

IDA 2 (aire de buena calidad): oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.

IDA 3 (aire de calidad media): edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores.

IDA 4 (aire de calidad baja): no se considera en ninguna aplicación.

Estos rangos se alinean con las recomendaciones del Código Técnico de la Edificación (CTE) en España, que sugiere que las concentraciones de CO₂ en interiores no deben superar las 1000 ppm para mantener una calidad del aire aceptable.

Además, el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) establece niveles de calidad del aire interior (IDA) basados en la concentración de CO₂:

Tabla 1

Parámetros concentraciones de CO₂ categoría IDA según Rite para edificaciones.

Categoría IDA	Descripción	Concentración de CO₂ (ppm)
IDA 1	Alta calidad	≤ 400
IDA 2	Media calidad	400 – 600
IDA 3	Calidad moderada	600 – 1000
IDA 4	Baja calidad	> 1000

Nota: Estos rangos se alinean con las recomendaciones del Código Técnico de la Edificación (CTE) en España, que sugiere que las concentraciones de CO₂ en interiores

Instrumento de Medición para Evaluación de Calidad del Aire Interior

Para llevar a cabo la recolección precisa de datos sobre los niveles de dióxido de carbono (CO₂), humedad relativa y temperatura en los mercados seleccionados, se empleará el medidor digital portátil “CO2 7755 AZ”. Este instrumento es ampliamente utilizado en estudios de calidad del aire interior debido a su capacidad de proporcionar lecturas exactas y en tiempo real de estos tres parámetros, que son críticos para evaluar el confort ambiental y la ventilación en espacios cerrados (AZ Instrument Corp., 2020).

El medidor “CO2 7755 AZ” está diseñado para detectar variaciones en la concentración de CO₂, lo cual permite identificar áreas con deficiencia de ventilación, esencial para espacios de alta concurrencia como los mercados. Además, mide con precisión la humedad relativa y la temperatura, factores que, junto con el CO₂, afectan directamente la percepción de confort y la calidad del aire percibida por los usuarios. La facilidad de uso y la portabilidad de este equipo posibilitan realizar mediciones en diferentes puntos del mercado y en distintos horarios, permitiendo obtener una visión integral de las condiciones ambientales y su variación a lo largo del día (AZ Instrument Corp., 2020).

Este instrumento es clave en el presente estudio, ya que permite establecer una relación directa entre la envolvente arquitectónica, el flujo de personas y la calidad del aire, facilitando un análisis comparativo que contribuirá al diseño de estrategias de mejora en la ventilación y el confort ambiental de los mercados analizados.

Análisis Espacial con DepthmapX

DepthmapX es una herramienta de software que permite el análisis espacial de áreas urbanas y edificaciones. Este programa es utilizado en la investigación arquitectónica para evaluar la accesibilidad y la densidad de uso en diferentes áreas, generando mapas de visibilidad y análisis de afluencia en función del diseño espacial. En el contexto de esta investigación, DepthmapX permitirá identificar las zonas de mayor y menor afluencia dentro de los mercados, ayudando a correlacionar estas áreas con las concentraciones de CO₂, humedad y temperatura. Esto permitirá analizar cómo la disposición arquitectónica y la envolvente afectan la ventilación y el confort en cada espacio (Turner et al., 2001).

Objetivos

Objetivo General

Evaluar la influencia de la envolvente arquitectónica en la calidad del aire dentro del Mercado Plaza Central de Portoviejo y el Mercado Municipal de Manta.

Objetivos Específicos

Determinar las zonas de concentración personas en los mercados Plaza Central de Portoviejo y el Mercado Municipal de Manta utilizando el software DepthmapX.

Analizar la relación entre la envolvente arquitectónica y la ventilación natural en los mercados, y cómo estas características impactan la calidad del aire en las zonas de mayor afluencia.

Evaluar calidad del aire in situ, en función de los resultados obtenidos con el software DepthmapX, de acuerdo niveles de dióxido de carbono (CO₂), humedad relativa y temperatura

Determinar la relación entre la calidad del aire con el diseño de las envolventes arquitectónicas de los mercados Plaza Central de Portoviejo y el Mercado Municipal de Manta.

Materiales y Métodos

Diseño de la investigación

Tipo de la investigación

El estudio se llevará a cabo con un enfoque cuantitativo, no experimental, y tendrá un alcance descriptivo y correlacional. Este diseño permitirá analizar las características de las variables ambientales en los mercados de Portoviejo y Manta, así como explorar las relaciones entre ellas. La investigación descriptiva se enfocará en detallar el estado de las variables, mientras que el enfoque correlacional permitirá identificar cómo se interrelacionan, sin establecer causalidades. De este modo, se busca comprender cómo las características arquitectónicas y las dinámicas de ocupación afectan la calidad del aire en estos espacios.

Modelo de análisis

Condiciones del lugar

La investigación se llevará a cabo en la provincia de Manabí, específicamente en el mercado plaza central de Portoviejo y mercado municipal de Manta, ambos puntos neurálgicos de actividad comercial y social en la región. Estos mercados, caracterizados por una alta afluencia diaria de personas, representan entornos donde las condiciones arquitectónicas, sumadas al flujo constante de usuarios, pueden influir significativamente en la calidad del aire interior. El análisis se centrará en evaluar los niveles de contaminantes clave, como dióxido de carbono (CO₂), humedad relativa y temperatura, tomando en cuenta cómo la densidad de ocupación y la dinámica espacial afectan la ventilación y el confort ambiental.

Figura 1

Mercado Plaza Central de Portoviejo.



Nota: Esta imagen muestra la configuración del sistema estructural de la cubierta del Mercado Plaza Central de Portoviejo, así como su escala en función del espacio urbano que ocupa en la ciudad.

Figura 2

Mercado Municipal de Manta.



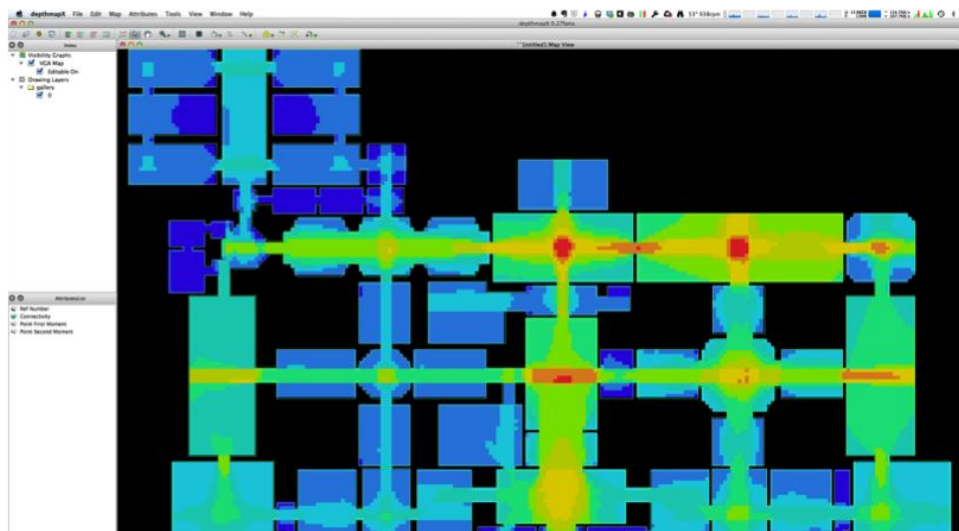
Nota: Esta imagen muestra la configuración del sistema estructural de la cubierta del Mercado Municipal de Manta, así como su escala en función del espacio urbano que ocupa en la ciudad.

Análisis Espacial con DepthmapX

Se realizará un análisis preliminar con DepthmapX para identificar las áreas de mayor y menor afluencia en cada mercado. Este análisis incluirá mapas de visibilidad y accesibilidad, lo cual ayudará a seleccionar puntos específicos para la medición de calidad del aire en función del flujo de personas y las condiciones de ventilación en esas áreas.

Figura 3

Mapeo del software DepthMapX.



Nota: DepthMapX. nos permite identificar las áreas críticas para mediciones en función a la frecuencia de personas.

Selección de Puntos de Medición: Con base en el análisis de DepthmapX, se identificarán las áreas críticas para la medición de los niveles de CO₂, humedad y temperatura. Los puntos seleccionados incluirán áreas bien ventiladas, zonas cerradas y áreas de alta densidad de personas.

Registro de Datos con el Medidor CO2 7755 AZ: En cada punto de medición, se registraron los valores de CO₂, humedad relativa y temperatura con el medidor CO2 7755 AZ, que

proporciona lecturas precisas en tiempo real. El dispositivo utiliza un sensor infrarrojo para CO₂ y sensores integrados para humedad y temperatura, garantizando datos confiables para el análisis.

Figura 4

Medidor CO2 7755 AZ

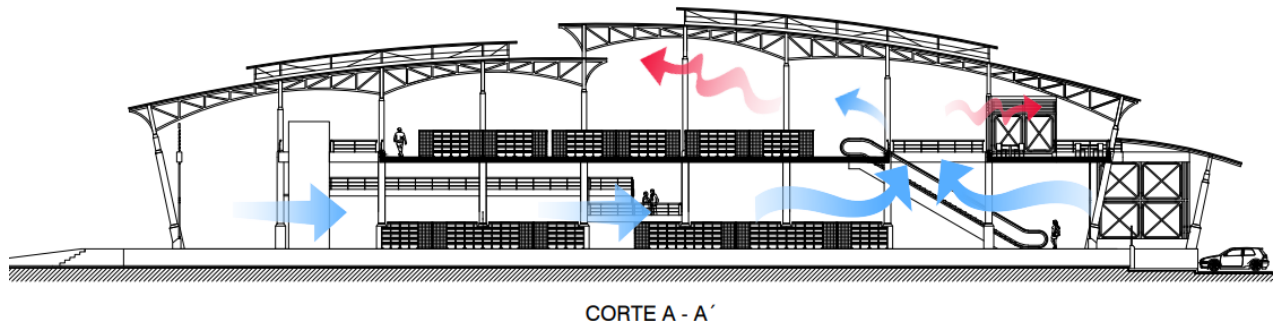


Análisis Comparativo de la Envoltura Arquitectónica:

Para llevar a cabo este análisis, se empleó el software DepthmapX para modelar la distribución espacial y la conectividad de los ambientes, facilitando la correlación entre la densidad de personas y los niveles de contaminantes, en función de la envoltura. Asimismo, se realizaron simulaciones ambientales para estudiar la circulación del aire y el comportamiento térmico de los espacios, tomando en cuenta variables como la dirección y velocidad del viento, así como la temperatura y la humedad relativa. Durante el proceso, se efectuaron mediciones de los contaminantes más comunes, como dióxido de carbono (CO₂), compuestos orgánicos volátiles (COV) y partículas en suspensión, en distintos puntos de los edificios evaluados. Los resultados obtenidos fueron comparados con los estándares internacionales de calidad del aire interior, lo que permitió identificar posibles áreas de mejora en cuanto a la ventilación y calidad del aire.

Figura 5

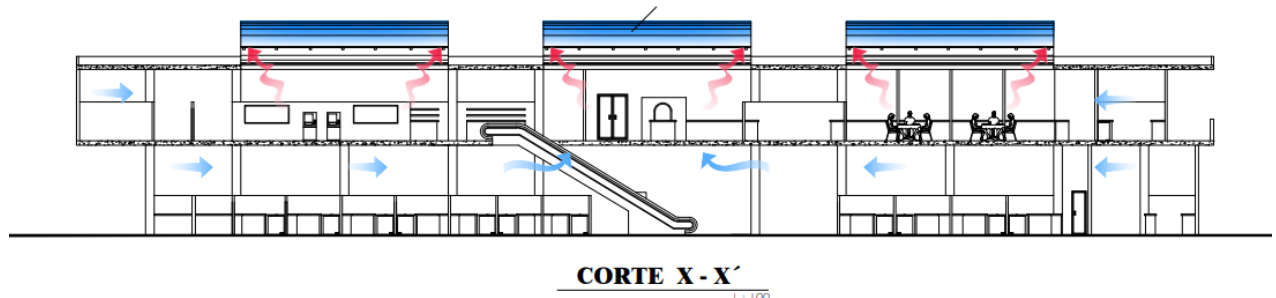
Envolvente arquitectónica en la influencia en la ventilación.



Nota: Corte de la envolvente arquitectónica de la edificación del mercado plaza central de Portoviejo en la influencia en la ventilación.

Figura 6

Envolvente arquitectónica en la influencia en la ventilación



Nota: Corte de la envolvente arquitectónica de la edificación del mercado municipal de Manta en la influencia en la ventilación.

Análisis e interpretación de datos

Los datos recolectados se organizarán y analizarán mediante estadísticas descriptivas para determinar las concentraciones promedio de CO₂, humedad y temperatura en cada punto de

medición. Se empleará un análisis de correlación para observar la relación entre los niveles de afluencia (determinados con DepthmapX) y la configuración de la envolvente en cada mercado.

Este análisis permitirá identificar áreas donde la envolvente podría mejorarse para favorecer la ventilación y la calidad del aire.

Materiales

Materiales de Campo

GPS Garmin

Medidor CO2 7755 AZ

Cámara

Materiales de Oficina

Laptop.

Software Office.

Software DepthmapX

Planos impresos

Marcadores

Impresora.

Unidad de análisis

Áreas de estudio dentro de las edificaciones.

Se seleccionarán puntos estratégicos dentro de los los mercados Plaza Central de Portoviejo y Mercado Central de Manta, como áreas de entrada, zonas de circulación y áreas de

alta concentración de personas, basados en el análisis de afluencia generado con DepthmapX. Las áreas de entrada son clave para el intercambio de aire entre el interior y el exterior, lo que impacta la ventilación. Las zonas de circulación permiten evaluar cómo se dispersan los contaminantes, mientras que las áreas de alta concentración de personas, como los puestos de venta, son críticas debido a la acumulación de CO₂ y otros contaminantes. La unidad de observación es la calidad del aire y la permeabilidad de la envolvente

Variables y dimensiones

Se utilizarán varias variables clave para medir y evaluar la calidad del aire y la influencia de las características arquitectónicas:

Concentración de CO₂: (medida en partes por millón - ppm): Esta variable es fundamental para evaluar la calidad del aire en espacios cerrados, ya que indica la eficacia de la ventilación en cada área del mercado. Una alta concentración de CO₂ sugiere una ventilación inadecuada y la posible acumulación de contaminantes.

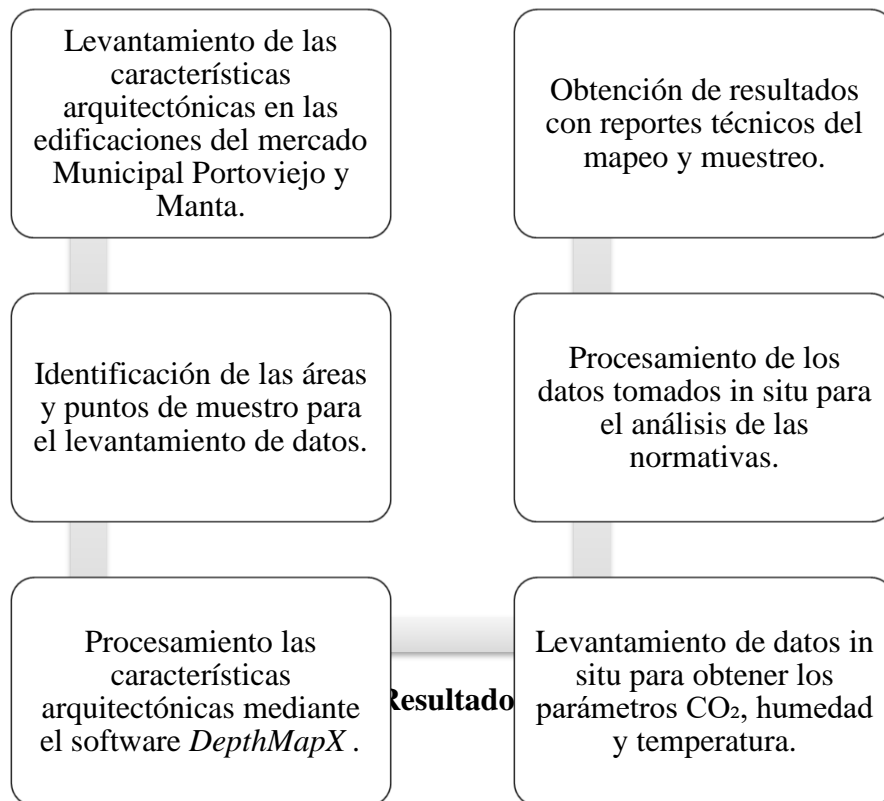
Humedad relativa: (medida en porcentaje): La humedad relativa es un factor ambiental que influye en la percepción de confort y la calidad del aire. Se medirá para observar cómo varía en función de la densidad de personas y el diseño arquitectónico en cada área del mercado.

Temperatura: (medida en grados Celsius): La temperatura, junto con la humedad, proporciona una visión integral del confort térmico en el espacio. Además, puede influir en el flujo de aire y en la dispersión del CO₂ dentro del mercado.

Índice de afluencia de personas: (estimado mediante DepthmapX): Esta variable refleja la cantidad de personas presentes en diferentes zonas del mercado, ayudando a identificar áreas críticas donde la alta concentración de personas puede afectar negativamente la calidad del aire.

Características de la envolvente arquitectónica: Esta variable examina elementos como la altura del techo, la ubicación de aberturas y el tipo de materiales. Estas características estructurales influyen directamente en la ventilación y la capacidad del mercado para mantener niveles saludables de calidad del aire. DepthmapX permitirá correlacionar estos factores arquitectónicos con la densidad de personas y los niveles de CO₂.

Flujograma de la metodología de la investigación



Recolección y procesamiento

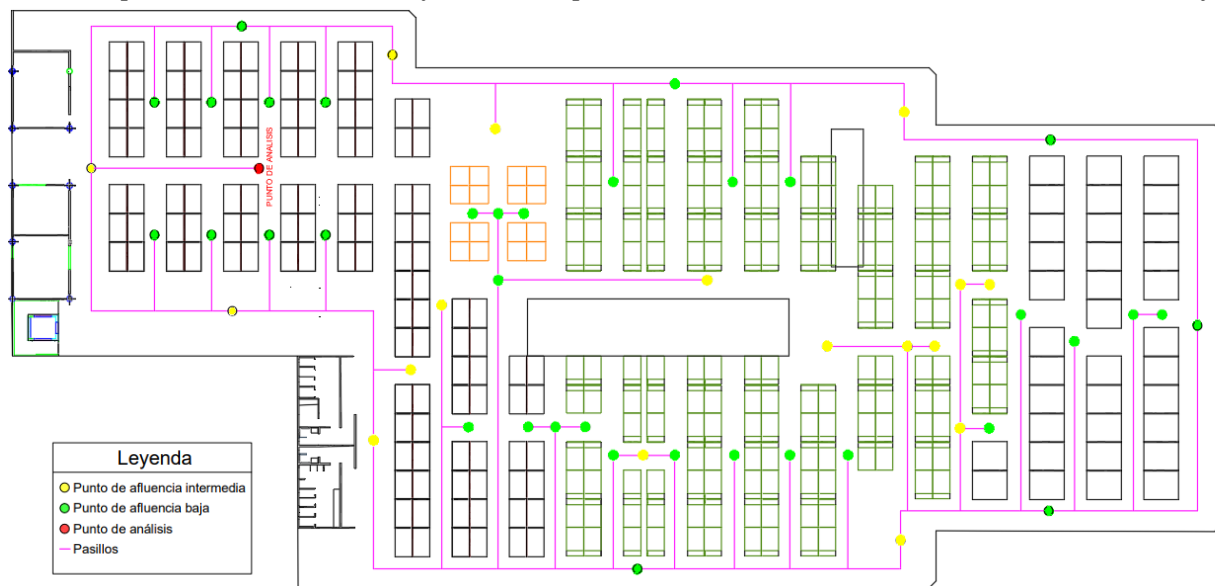
Identificación de áreas de mayor influencia en el Mercado Plaza central de Portoviejo y Mercado Municipal de Manta.

El plano observamos distribución detallada que incluye los espacios interiores del mercado, las zonas de circulación, las áreas de ventas, y las entradas y salidas principales. En este esquema se destacan puntos específicos (marcados con círculos de colores), correspondientes a las áreas seleccionadas para realizar las mediciones de los parámetros ambientales, como humedad relativa, temperatura y concentración de CO₂.

Como podemos observar en la (Figura 7) donde nos muestra el plano arquitectónico de la planta baja del mercado donde se identificó lo siguiente:

Figura 7

Plano de puntos de análisis de influencia de personas del Mercado Plaza Central de Portoviejo .



Nota: Planos arquitectónicos para el análisis de puntos de muestro y zonas de identificación de análisis del mercado plaza central de Portoviejo.

Puntos de medición:

En el plano, los puntos de análisis están representados por círculos verdes y amarillos, los cuales fueron seleccionados mediante un enfoque técnico que combina la observación directa y el análisis espacial realizado con herramientas como DepthmapX. El análisis espacial permitió identificar áreas de alta afluencia peatonal, basándose en el estudio de la circulación y las rutas de mayor tránsito dentro del mercado. Estas áreas incluyen pasillos centrales, accesos principales y zonas de mayor interacción entre los usuarios.

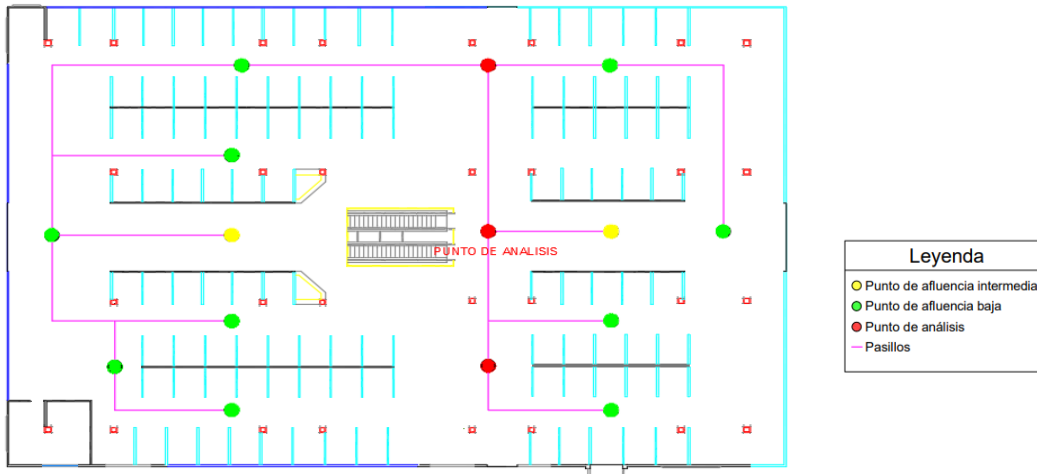
Afluencia de personas:

La elección de los puntos de medición también responde a un estudio previo de circulación, realizado mediante el uso de DepthmapX, que permitió identificar las rutas de mayor tránsito y aglomeración de personas dentro de los mercados. Este análisis fue complementado con la observación directa para corroborar las zonas de mayor concentración. Las áreas seleccionadas son representativas de las zonas con mayor ocupación, lo cual es crítico para evaluar la calidad del aire bajo condiciones de alta densidad. Este enfoque asegura que las mediciones se realicen en los puntos más relevantes, permitiendo obtener datos precisos sobre la calidad del aire en situaciones de mayor demanda, lo que es esencial para garantizar tanto la salud como el confort de los usuarios

Como podemos observar en la (Figura 8) el plano se observa una distribución uniforme de los puntos de medición (marcados con diferentes colores: verde, amarillo y rojo), ubicados en áreas de interés relacionadas con la afluencia de personas y las características arquitectónicas del mercado. Zonas de mayor afluencia de personas, como pasillos principales y accesos.

Figura 8

Plano de puntos de análisis de influencia de personas del Mercado Municipal de Manta.



Nota: Planos arquitectónicos para el análisis de puntos de muestro y zonas de identificación de análisis del mercado de municipal de Portoviejo.

Circulación de Aire: La disposición de los pasillos y las aberturas visibles en el plano indican posibles zonas de ventilación natural. Sin embargo, el flujo de aire podría estar limitado en áreas centrales debido a la falta de ventilación cruzada o aberturas estratégicas.

Los puntos de análisis: colocados en zonas de circulación principal (señalados en rojo) coinciden con las áreas donde se espera mayor densidad de personas. Estas áreas son críticas para la evaluación del dióxido de carbono y la temperatura, ya que una mayor ocupación puede influir en estos parámetros.

Presentación de Resultados

Análisis Espacial con DepthmapX Mercado Central de Portoviejo y Manta.

Se empleó la metodología de análisis de accesibilidad espacial utilizando el software DepthmapX para estudiar los patrones de movimiento y la concentración de personas en los

Mercados Centrales de Portoviejo y Manta. Para ello, se digitalizaron los planos arquitectónicos de ambos mercados, importándolos al DepthmapX. Este proceso permitió representar las interconexiones entre las diversas áreas del mercado y calcular medidas de integración y conectividad.

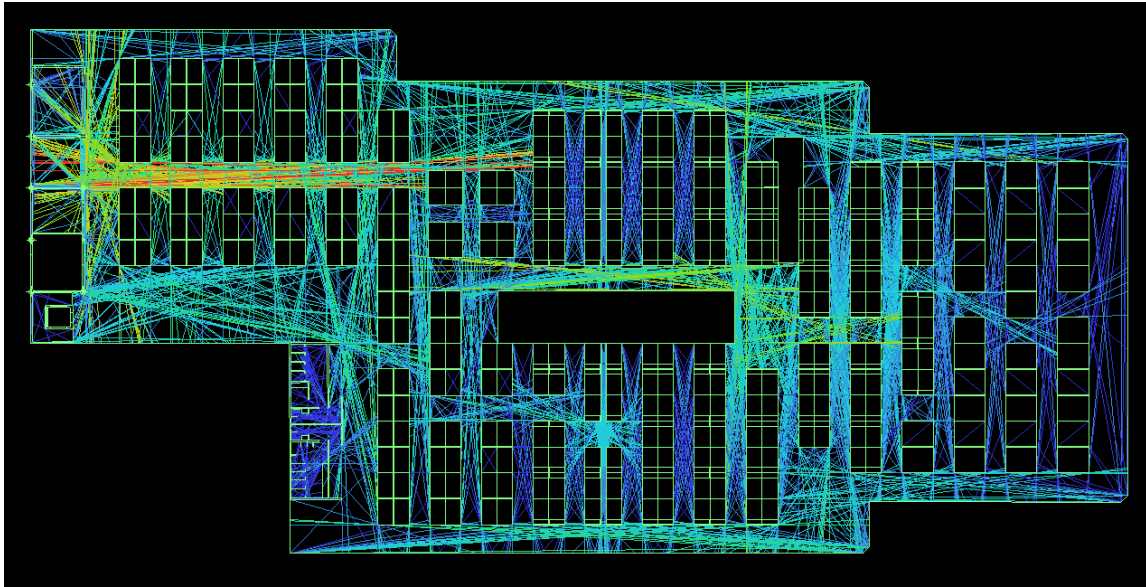
El análisis de integración, visualizado mediante una escala cromática de azul (menor integración) a rojo (mayor integración), identificó áreas con alta accesibilidad en ambos mercados. Estas zonas, destacadas en tonos rojos y naranjas, corresponden a puntos neurálgicos con mayor actividad comercial y flujo de personas. Paralelamente, el análisis de conectividad, representado por la densidad de líneas convergentes en cada punto, confirmó la alta concentración de movimiento en las áreas previamente identificadas.

Las áreas con mayor integración y conectividad fueron seleccionadas como puntos estratégicos para la toma de muestras de calidad del aire. Se priorizaron zonas de entrada, pasillos centrales y áreas de alta concentración, basándose en el análisis de afluencia generado con DepthmapX. Esta selección se fundamenta en que los patrones de movimiento y la densidad de personas en estas áreas influyen directamente en la acumulación y dispersión de contaminantes en el aire.

La correlación entre los datos de accesibilidad espacial y las mediciones de calidad del aire permitirá identificar las relaciones entre el diseño arquitectónico, el flujo de personas y la concentración de contaminantes. Estos resultados servirán como base para proponer intervenciones arquitectónicas y estrategias de ventilación que mejoren la calidad del aire y el confort de los usuarios en estos espacios comerciales.

Figura 9

Plano Análisis espacial con DepthmapX Mercado Plaza Central de Portoviejo



Nota: Identificación de las zonas de mayor afluencia en función a las zonas de estudios y muestreos del mercado municipal de Portoviejo.

El análisis espacial realizado mediante el software DepthmapX para el Mercado Municipal de Manta reveló un patrón mucho más centralizado en comparación con el mercado anterior. La mayor concentración de líneas y colores cálidos (rojo, naranja y amarillo) se encuentra en el centro del plano, lo que sugiere que el diseño del mercado está estructurado en torno a un punto central que actúa como el principal distribuidor del flujo de personas.

La zona central muestra una integración extremadamente alta, superando con creces la de cualquier otra área. Esto implica que dicho punto es el más accesible desde todas las demás partes del mercado, siendo, por lo tanto, el que concentrará la mayor cantidad de personas. Las líneas irradian desde este punto hacia la periferia, generando un patrón radial que indica que el flujo de personas se dirige principalmente hacia y desde el centro, con una menor conexión entre las zonas periféricas.

Las áreas periféricas presentan una integración mucho menor, como lo indican los colores más fríos (azul y verde), lo que sugiere que estas zonas tienen una accesibilidad inferior en comparación con el centro y, en consecuencia, experimentarán un menor flujo de personas. Esta disposición podría sugerir la presencia de un espacio abierto central, como una plaza, patio o área de distribución principal, que serviría como un punto de encuentro y circulación de personas.

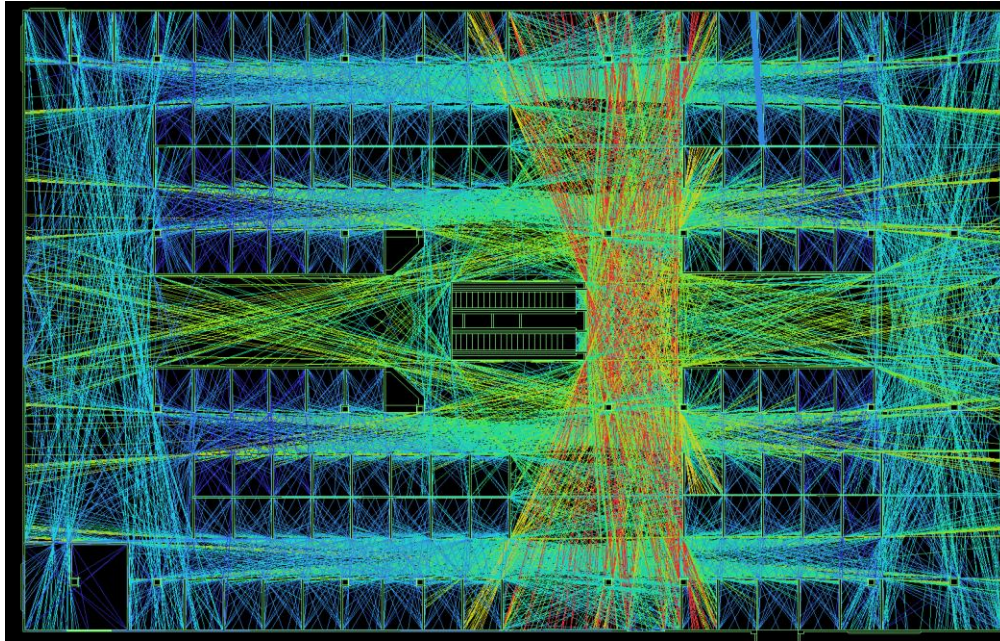
La zona central es el punto crítico para el estudio de la calidad del aire, debido a su alta integración y conectividad. En este espacio se espera la mayor concentración de personas, lo que justifica la necesidad de priorizar las mediciones de calidad del aire y la implementación de estrategias de mitigación. Además, el flujo de ventilación, determinado por el patrón radial de conectividad, puede influir en la dispersión de contaminantes dentro del mercado, siendo un factor importante para considerar al evaluar la efectividad de las estrategias de ventilación.

El análisis de integración reveló una alta concentración de actividad en el centro del mercado, identificada por colores rojos y naranjas, mientras que las zonas periféricas, representadas en azul y verde, mostraron menor accesibilidad y flujo de personas. De manera complementaria, el análisis de conectividad confirmó este patrón, evidenciando una alta densidad de líneas convergiendo en el centro y dispersándose hacia la periferia, lo que indica una circulación predominantemente centralizada.

Debido a esta distribución, el área central se considera crítica para el estudio de calidad del aire, ya que alberga la mayor concentración de personas y, por ende, una mayor exposición a contaminantes. Además, el patrón radial sugiere que la acumulación de contaminantes disminuye gradualmente hacia las zonas periféricas, donde la circulación es menor.

Figura 10

Plano Análisis espacial con DepthmapX Mercado Municipal de Manta.



Nota: Identificación de las zonas de mayor afluencia en función a las zonas de estudios y muestreos del mercado municipal de Portoviejo.

Tratamiento de y análisis

Análisis de los resultados con mediciones in situ de la calidad del aire Mercado Plaza central de Portoviejo y Mercado Municipal de Manta.

Para corroborar si los puntos críticos obtenidos por medio del programa DepthmapX realmente lo son, se realizaron mediciones in situ de la calidad del aire en ambas localizaciones. Se midieron parámetros clave como los niveles de dióxido de carbono (CO₂), la humedad relativa y la temperatura, los mismos que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2

Parámetros de medición de calidad de aire del Mercado Central de Portoviejo y Manta.

		Parámetros								
	Hora de Tomas	Número de Tomas	Humedad Relativa (%)	Temperatura (°C)	CO ₂ (ppm)		Número de Tomas	Humedad Relativa (%)	Temperatura (°C)	CO ₂ (ppm)
Portoviejo	8:00	N1	64,50	28,90	446,00	Manta	N1	58,90	29,60	965,00
	8:30	N2	65,10	28,80	431,00		N2	59,10	29,60	965,00
	9:00	N3	65,80	29,00	459,00		N3	59,20	29,60	896,00
	9:30	N4	65,80	29,00	442,00		N4	59,20	29,70	896,00
	10:00	N5	66,10	29,00	456,00		N5	59,20	29,70	823,00
	10:30	N6	65,00	29,10	455,00		N6	59,30	29,80	759,00
	11:00	N7	65,00	29,10	454,00		N7	59,30	29,80	759,00
	11:30	N8	64,90	29,10	453,00		N8	59,50	29,80	702,00
	12:00	N9	65,20	29,10	450,00		N9	59,30	29,80	702,00
	12:30	N10	65,30	29,20	449,00		N10	59,10	29,80	664,00
	13:00	Toma Entrada	62,90	30,70	436,00		Toma Entrada	67,90	30,00	438,00
		Media	65,27	29,03	449,50		Media	59,21	29,72	813,10
		Moda	65,80	29,10	-		Moda	59,20	29,80	965,00
		Mediana	65,15	29,05	451,50		Mediana	59,20	29,75	791,00
		Rango	1,60	0,40	28,00		Rango	0,60	0,20	301,00
		Varianza	0,24	0,01	67,39		Varianza	0,03	0,01	12529
		Desviación Estandar	0,49	0,12	8,21		Desviación Estandar	0,16	0,09	111,93

Nota: Cuadro de parámetros de análisis estadístico las tomas de medición para los parámetros de calidad de aire del mercado Central de Portoviejo y Manta.

La evaluación de los parámetros ambientales en los mercados de Portoviejo y Manta permite identificar diferencias significativas en humedad relativa, temperatura y concentración de dióxido de carbono (CO₂), lo que incide en la calidad del aire y el confort de los usuarios.

Los niveles de humedad relativa registrados en el Mercado de Portoviejo oscilaron entre 64,50 % y 66,10 %, con una media de 65,27 %, superando el rango recomendado por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-HS-CL), que establece valores óptimos entre 30 % y 60 %. La presencia de humedad elevada puede generar condiciones propicias para la proliferación de microorganismos, afectando la calidad del aire y el bienestar de los ocupantes.

Por otro lado, en el Mercado de Manta, los valores de humedad relativa fluctuaron entre 58,90 % y 59,50 %, con un promedio de 59,21 %, lo que indica que se encuentra dentro del límite superior de la normativa. Aunque este mercado cumple con los estándares establecidos, la proximidad al umbral máximo podría generar incomodidad, especialmente en zonas con alta afluencia de personas, donde la condensación y la sensación térmica pueden ser más perceptibles.

Desde una perspectiva estadística, se observa que la varianza y la desviación estándar en Manta (0,03 y 0,16, respectivamente) son menores en comparación con Portoviejo (0,24 y 0,49), lo que sugiere una mayor estabilidad en los valores de humedad relativa dentro del mercado de Manta. Esto podría atribuirse a una mejor regulación ambiental en el recinto o a una menor fluctuación en los niveles de ventilación.

En lo que respecta a la temperatura, los valores en el Mercado de Portoviejo oscilaron entre 28,80 °C y 29,20 °C, con una media de 29,03 °C, mientras que en el Mercado de Manta se registraron valores entre 29,60 °C y 29,80 °C, con un promedio de 29,72 °C. En ambos casos, las temperaturas exceden el rango recomendado por la NEC-HS-CL (20 °C a 26 °C), lo que puede generar condiciones térmicas incómodas para los usuarios y trabajadores.

La medición en los accesos evidenció que la temperatura de entrada en Portoviejo fue de 30,70 °C, superando la media interna y evidenciando una disminución térmica al ingresar al mercado, lo que sugiere una regulación parcial de la temperatura en el interior. En Manta, la temperatura en la entrada fue de 30,00 °C, mostrando una tendencia similar, aunque con valores generales más elevados en comparación con Portoviejo.

Desde un enfoque estadístico, la variabilidad térmica en ambos mercados es relativamente baja, con una varianza de 0,01 y una desviación estándar de 0,12 en Portoviejo, mientras que en Manta se registraron 0,01 de varianza y 0,09 de desviación estándar. Estas cifras indican condiciones térmicas homogéneas dentro de cada recinto, a pesar de las diferencias en los valores absolutos de temperatura.

En cuanto a la calidad del aire, el análisis de la concentración de CO₂ revela diferencias significativas entre ambos mercados. En Portoviejo, los niveles oscilaron entre 431 ppm y 456 ppm, con una media de 449,50 ppm, valores que se encuentran muy por debajo del límite de 1.000 ppm establecido por la NEC-HS-CL. Este resultado indica una ventilación adecuada y un intercambio de aire eficiente dentro del mercado.

En Manta, los niveles de CO₂ variaron entre 664 ppm y 965 ppm, con un promedio de 813,10 ppm, lo que, si bien aún está dentro del límite normativo, se acerca peligrosamente al umbral superior, especialmente en zonas con mayor afluencia de personas. Este comportamiento sugiere que la ventilación en el mercado de Manta es menos eficiente que en Portoviejo, lo que podría generar una mayor acumulación de contaminantes en horas de mayor concurrencia.

Las mediciones en los accesos también reflejaron una diferencia notable. En Portoviejo, la concentración de CO₂ en la entrada fue de 436 ppm, ligeramente inferior a la media interna, lo que indica un flujo de aire que contribuye a mantener niveles estables en el interior. En Manta, la entrada presentó 438 ppm, también inferior a la media interna, pero con una diferencia más pronunciada en la concentración dentro del mercado, lo que refuerza la idea de una acumulación progresiva de CO₂ en áreas de mayor actividad.

Desde una perspectiva estadística, la variabilidad en los niveles de CO₂ en Manta es significativamente mayor, con una varianza de 12.529 y una desviación estándar de 111,93, mientras que en Portoviejo la varianza fue de 67,39 y la desviación estándar de 8,21. Estos valores sugieren una distribución más heterogénea de CO₂ en el mercado de Manta, lo que puede estar relacionado con un diseño arquitectónico que restringe el intercambio de aire en ciertas zonas.

Análisis de Resultados

Comparación de las condiciones de la envolvente arquitectónica en la calidad del aire en los Mercado Plaza central de Portoviejo y Mercado Municipal de Manta.

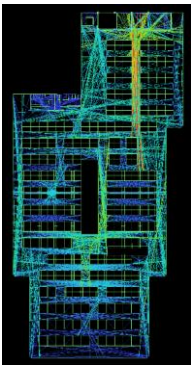
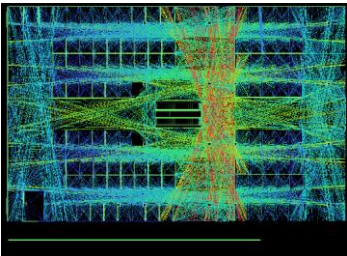
En la Tabla 3 observamos evaluación de los parámetros ambientales en ambos mercados evidencia diferencias sustanciales en las condiciones de calidad del aire y la eficiencia de la ventilación. En el Mercado Central de Portoviejo, se registraron promedios de 65,27 % para la humedad relativa, 29,03 °C para la temperatura y 449,5 ppm para la concentración de dióxido de carbono (CO₂). Estos valores reflejan una humedad elevada que excede los límites establecidos por la NEC-HS-CL, así como una temperatura que también supera los rangos normativos recomendados. Sin embargo, la concentración de CO₂ se mantiene significativamente por debajo del límite de 1.000 ppm, lo que indica una ventilación adecuada.

Por otro lado, en el Mercado Municipal de Manta, los valores promedio fueron de 59,21 % para la humedad relativa, 29,72 °C para la temperatura y 813,1 ppm para el CO₂. Aunque la humedad relativa está dentro del rango permitido, se encuentra cerca del límite superior, lo que podría generar incomodidad en áreas congestionadas. La temperatura promedio es aún más elevada que en Portoviejo, lo que sugiere un mayor problema en la disipación del calor interior.

En cuanto al CO₂, los valores se acercan al límite superior permitido por la normativa, reflejando una menor eficiencia en la ventilación en comparación con Portoviejo.

Tabla 3

Tabla de reporte de datos obtenidos sobre el mercado de Portoviejo y Manta

Mapa de aglomeración	Porcentaje de permeabilidad con respecto a la fachada	Media de CO ₂ (ppm)	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Ventilación Mecánica
	30,25%	449,5	29,03	65,27	Si
Mapa de aglomeración	Porcentaje de permeabilidad con respecto a la fachada	Media de CO ₂ (ppm)	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Ventilación Mecánica
	8,68%	813,1	29,72	59,21	Si

tener mejores condiciones en términos de permeabilidad de la fachada y calidad del aire. En cambio, el Mercado Municipal de Manta presenta un desafío mayor debido a la baja permeabilidad de su fachada, lo que contribuye a niveles más altos de CO₂ y un ambiente más incómodo para los ocupantes. Es recomendable que el Mercado Municipal de Manta implemente estrategias para mejorar la circulación de aire, como optimizar la ventilación cruzada y aumentar

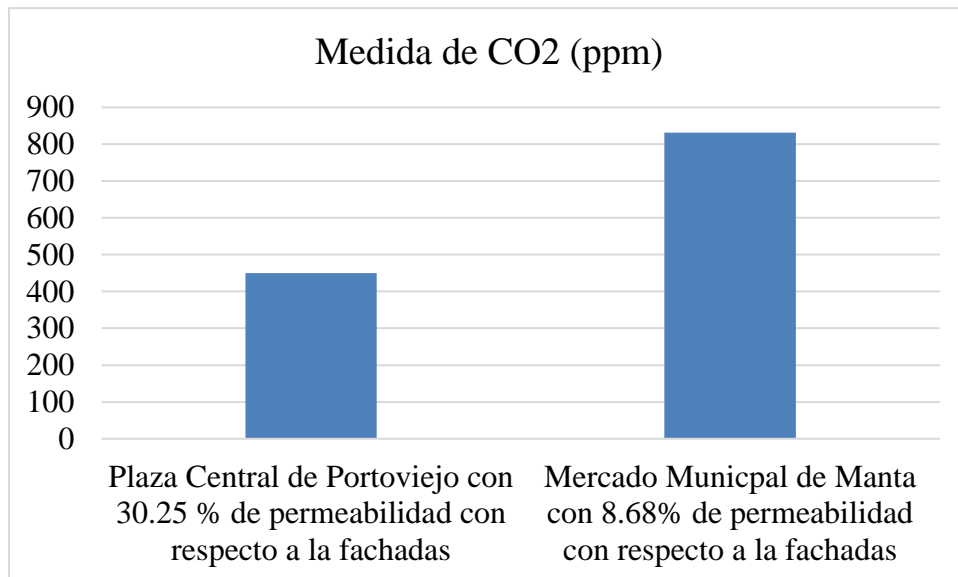
la permeabilidad de su fachada, mientras que el Mercado Central de Portoviejo podría centrarse en optimizar el diseño existente para mantener un ambiente más saludable y cómodo.

Análisis de la correlación entre el porcentaje de permeabilidad y la calidad del aire

La Figura 11 muestra las concentraciones promedio de CO₂ en partes por millón (ppm) en dos mercados: el Mercado Plaza Central de Portoviejo y el Mercado Municipal de Manta. El Mercado Plaza Central de Portoviejo presenta una concentración de CO₂ de aproximadamente 449.5 ppm, que se encuentra dentro de los niveles recomendados para ambientes interiores. En cambio, el Mercado Municipal de Manta muestra una concentración significativamente más alta, alrededor de 813.1 ppm, lo que excede el límite recomendado de 800 ppm, sugiriendo deficiencias en la ventilación o una alta densidad de ocupación que contribuye a la acumulación de CO₂.

Figura 11

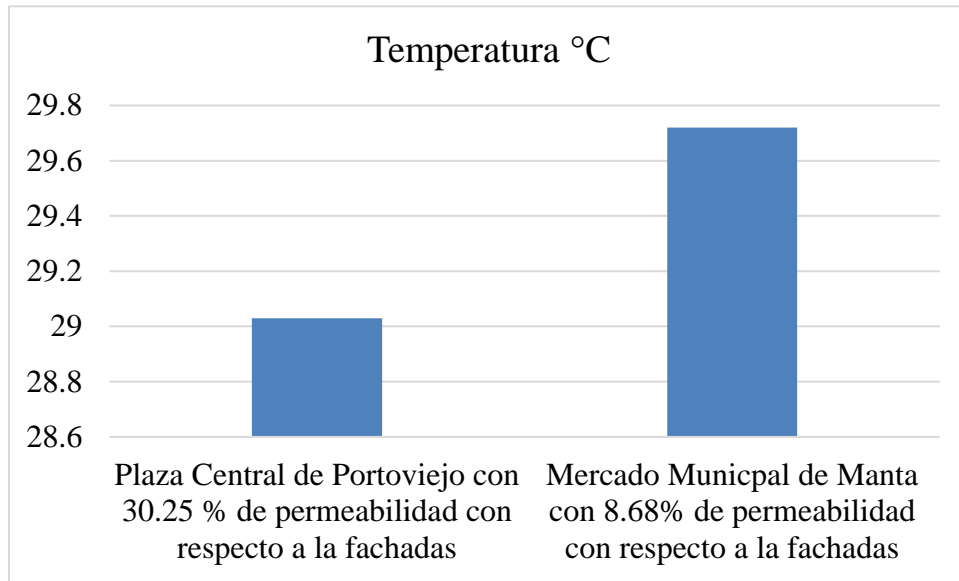
Grafica medidas de CO₂(ppm) en función con la permeabilidad.



En la Figura 12, se comparan las temperaturas promedio en ambos mercados. El Mercado Plaza Central de Portoviejo presenta una temperatura de 29.03°C, mientras que el Mercado Municipal de Manta muestra una temperatura ligeramente más alta, de 29.72°C. Aunque ambos valores son similares, la diferencia en la temperatura y la concentración de CO₂ más elevada en el Mercado Municipal de Manta podría generar un ambiente menos cómodo para los ocupantes.

Figura 12

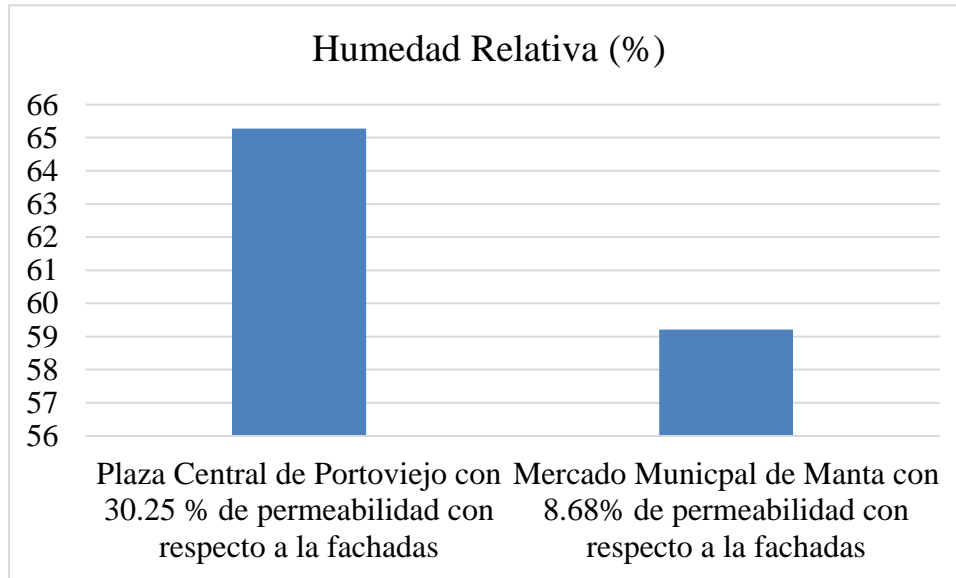
Grafica Temperatura (°C) en función con la permeabilidad.



La Figura 13 ilustra las mediciones de humedad relativa en ambos mercados. El Mercado Plaza Central de Portoviejo tiene una humedad relativa del 65.27%, mientras que el Mercado Municipal de Manta tiene una humedad del 59.21%. La mayor humedad en el Mercado Plaza Central puede generar una sensación de incomodidad, mientras que el mercado de Manta, con menor humedad, podría ofrecer un entorno más confortable en términos de humedad, aunque sigue siendo necesario mejorar la ventilación para asegurar la calidad del aire.

Figura 13

Grafica Humedad Relativa(%) en función con la permeabilidad.



Comparación entre las Tomas de Entrada y las Condiciones Internas

La comparación entre las tomas de entrada y las condiciones internas de ambos mercados evidencia diferencias notables que ayudan a comprender la influencia de los factores externos en los parámetros ambientales. En Portoviejo, la toma de entrada mostró un promedio de humedad relativa de 62,90 %, inferior al promedio interno de 65,27 %, lo que sugiere un incremento de humedad dentro del mercado, posiblemente debido a la densidad de personas y la ventilación limitada en ciertas áreas. Asimismo, la toma de entrada registró una temperatura de 30,70 °C, superior al promedio interno de 29,03 °C, lo que indica que las condiciones internas son ligeramente más favorables en cuanto a temperatura. La concentración de CO₂ en la entrada fue de 436 ppm, ligeramente inferior al promedio interno de 449,5 ppm, evidenciando una leve acumulación de este gas en el interior.

En el caso de Manta, la toma de entrada mostró un promedio de humedad relativa de 67,90 %, superior al promedio interno de 59,21 %. Este contraste indica que las condiciones internas del mercado son más controladas en términos de humedad relativa. Sin embargo, la temperatura en la entrada fue de 30,00 °C, superior al promedio interno de 29,72 °C, lo que refleja un comportamiento similar al de Portoviejo, aunque con temperaturas más elevadas en general. La concentración de CO₂ en la entrada fue de 438 ppm, mucho más baja que el promedio interno de 813,1 ppm, lo que evidencia una mayor acumulación de este gas en el interior, probablemente debido al diseño arquitectónico que limita el intercambio de aire en áreas de alta concentración de personas.

Discusiones

La calidad del aire interior en los mercados de Portoviejo y Manta está profundamente influenciada por las características arquitectónicas, como la disposición de aberturas, la ventilación natural y la densidad de personas. En el Mercado Plaza Central de Portoviejo, el diseño favorece la ventilación natural, lo que contribuye a la disminución de los niveles de CO₂, alcanzando una media de **449.5 ppm**, que se encuentra dentro de los límites recomendados por la normativa (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2018). Este mercado presenta una mayor permeabilidad en su fachada, lo que facilita el intercambio de aire entre el interior y el exterior. Sin embargo, los niveles de temperatura y humedad relativa están por encima de los ideales, lo que puede generar incomodidad en los usuarios. Este fenómeno es consistente con las observaciones de García, Cotera y Gallegos (2021), quienes indican que la ventilación natural, aunque eficaz para reducir el CO₂, no siempre es suficiente para controlar otros parámetros, como la temperatura y la humedad.

Por otro lado, el Mercado Municipal de Manta muestra una acumulación de CO₂ considerablemente mayor, con un promedio de **813.1 ppm**, lo que excede el límite recomendado. Esto puede atribuirse a las características arquitectónicas del mercado, que limitan la ventilación natural. La baja permeabilidad de las fachadas y la disposición de las aberturas restringen el flujo de aire, lo que provoca una mayor concentración de contaminantes. Este fenómeno es coherente con estudios previos de Olgyay (1963), que argumentan que la orientación y el diseño de los edificios influyen significativamente en la calidad del aire interior. La acumulación de CO₂ en espacios cerrados con alta afluencia de personas es un factor crítico, tal como se destaca en la

investigación de Serrano y López (2019), que señala la importancia de una ventilación adecuada para mantener niveles seguros de CO₂ y confort térmico.

A pesar de las diferencias en la calidad del aire entre los dos mercados, ambos presentan desafíos en términos de confort térmico. La temperatura y la humedad relativa afectan la percepción de bienestar de los usuarios, lo que puede derivar en una menor productividad y confort. La implementación de estrategias arquitectónicas bioclimáticas, como el uso de materiales con alta capacidad de aislamiento térmico, podría ayudar a mitigar estos problemas y mejorar el entorno.

Conclusiones

La investigación confirma que las características arquitectónicas, como la disposición de aberturas y la permeabilidad de las fachadas, impactan directamente en la calidad del aire en los mercados de Portoviejo y Manta. En el Mercado Plaza Central de Portoviejo, el diseño favorece la ventilación natural, lo que resulta en niveles de CO₂ dentro de los parámetros recomendados. En contraste, el Mercado Municipal de Manta, con una menor permeabilidad en sus fachadas, presenta niveles de CO₂ significativamente más altos, lo que sugiere una deficiencia en la ventilación natural.

La alta densidad de personas en áreas clave del mercado contribuye a la acumulación de contaminantes, especialmente en el Mercado Municipal de Manta, donde los niveles de CO₂ superan los límites establecidos. El análisis de afluencia de personas, realizado mediante herramientas como DepthmapX, demuestra que las áreas con mayor circulación son también las de mayor concentración de contaminantes, lo que refuerza la necesidad de abordar este factor en la planificación y el diseño arquitectónico de estos espacios.

A partir de los resultados obtenidos, se concluye que la implementación de medidas para mejorar la ventilación en los mercados es esencial para mantener un ambiente saludable. Se recomienda la optimización de las fachadas y aberturas para permitir una ventilación cruzada adecuada, así como la incorporación de tecnologías de ventilación mecánica en áreas críticas. Además, la incorporación de estrategias bioclimáticas, como el uso de techos y muros verdes, contribuiría a la mejora de la calidad del aire y el confort térmico.

mbos mercados presentan deficiencias en la regulación de parámetros térmicos y de humedad. A pesar de que los niveles de CO₂ en el Mercado Plaza Central de Portoviejo cumplen con la normativa, la temperatura y la humedad deben ser mejoradas. En el Mercado Municipal de Manta, los niveles de CO₂ exceden los límites permitidos, lo que subraya la necesidad urgente de cumplir con la normativa de calidad del aire establecida por la NEC-HS-CL.

Recomendaciones

Se recomienda que el Mercado Municipal de Manta implemente reformas en su fachada para aumentar la permeabilidad y promover una mejor ventilación natural. La incorporación de aberturas adicionales en puntos estratégicos podría mejorar la circulación del aire y reducir los niveles de CO₂, lo cual es esencial para cumplir con los estándares de calidad del aire interior recomendados por la OMS (2018).

Para los puntos críticos del mercado que presentan una alta concentración de personas, como los pasillos principales y áreas de venta, se sugiere instalar sistemas de ventilación mecánica. Estos sistemas ayudarían a mantener la renovación del aire, especialmente en el Mercado Municipal de Manta, donde la ventilación natural es insuficiente. Además, se recomienda el uso de extractores de aire para reducir la acumulación de CO₂ en áreas de alta ocupación.

Se recomienda la implementación de estrategias de diseño bioclimático, como la incorporación de muros y techos verdes, que no solo mejoran la calidad del aire al filtrar contaminantes, sino que también contribuyen a la regulación térmica, reduciendo la temperatura interna de los mercados. Este enfoque podría ser particularmente útil en el Mercado Plaza Central de Portoviejo, donde los niveles de temperatura son elevados.

Para garantizar que los niveles de CO₂, temperatura y humedad se mantengan dentro de los parámetros ideales, se sugiere la instalación de un sistema automatizado de monitoreo ambiental. Este sistema podría proporcionar datos en tiempo real, permitiendo ajustes rápidos en los sistemas de ventilación y asegurando un ambiente saludable y confortable para los usuarios.

Bibliografía

AZ Instrument Corp. (2020). *Temperatura. Medidor de CO2 RH - AZ Instrument*. Recuperado el

5 de noviembre de 2024, de [https://www.az-instrument.com.tw/es/product-](https://www.az-instrument.com.tw/es/product-616380/Temperatura-Medidor-de-CO2-RH-7755-AZ.html)

[616380/Temperatura-Medidor-de-CO2-RH-7755-AZ.html](https://www.az-instrument.com.tw/es/product-616380/Temperatura-Medidor-de-CO2-RH-7755-AZ.html)

Caloryfrio, P. S. (2020, May 25). *Calidad del aire interior en edificios de uso público -*

caloryfrio.com. Caloryfrio.com; Caloryfrio. [https://www.caloryfrio.com/construccion-](https://www.caloryfrio.com/construccion-sostenible/ventilacion-y-calidad-aire-interior/calidad-del-aire-interior-en-edificios-de-uso-publico.html)

[sostenible/ventilacion-y-calidad-aire-interior/calidad-del-aire-interior-en-edificios-de-uso-publico.html](https://www.caloryfrio.com/construccion-sostenible/ventilacion-y-calidad-aire-interior/calidad-del-aire-interior-en-edificios-de-uso-publico.html)

Código Técnico de la Edificación (CTE): Ministerio de Fomento. (2006). *Real Decreto 314/2006,*

de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Boletín Oficial

del Estado. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2006-5515>

EPA. (2024). *Calidad del aire interior*. Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. Disponible

en: <https://es.epa.gov>.

Escamilla-Núñez, M., et al. (2014). *Impacto de la contaminación en la salud urbana en América*

Latina. Revista Latinoamericana de Salud Ambiental, 34(3), 123-136.

Espinoza, J. (2021). Optimización de la ventilación en espacios cerrados mediante estrategias

pasivas. *Revista de Arquitectura Sostenible*, 7(2), 45–56.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2011). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*

NEC-HS-CL: Climatización y calidad del aire interior. Quito, Ecuador: MIDUVI.

Ministerio del Ambiente. (2015). *Plan Nacional de Calidad del Aire: Estrategias para la mejora de la calidad del aire en Ecuador*. Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente.

NEC-HS. (2011). *Norma Ecuatoriana de la Construcción – Capítulo de Higiene y Seguridad*. Quito, Ecuador.

Pettenkofer, M. (1858). *Über den Luftwechsel in Wohngebäuden*. Verlag von Theodor Ackermann. Disponible en www.luftdicht.de

Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE): Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2007). *Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios*.

<https://www.miteco.gob.es/es/energia/eficiencia/rite.html>

Turner, A., Doxa, M., O'Sullivan, D., & Penn, A. (2001). From isovists to visibility graphs: A methodology for the analysis of architectural space. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 28(1), 103-121.

Serrano, P., & López, M. (2019). Efectos de la ventilación natural en la calidad del aire de mercados municipales. *Revista de Ciencias Ambientales*, 5(3), 12–25.

Anexos

Figura 14

Mosaico de fotos identificando y tomando lecturas de los parámetros de calidad del aire del Mercado Plaza Central De Portoviejo.

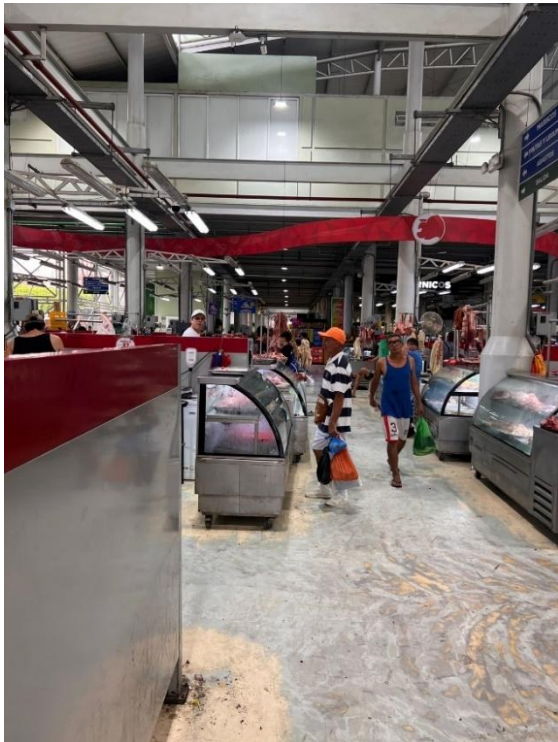


Figura 15

Mosaico de fotos identificando y tomando lecturas de los parámetros de calidad del aire del Mercado Municipal de Manta.

