



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Aplicación de membrana de nanocelulosa con nanopartículas de
hierro para reducir CO₂ proveniente del parque automotor
de Los Olivos – Lima

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Miranda Rojas, Kimberly Yamille (orcid.org/0000-0001-5623-1578)

Núñez Illaccanqui, Carlos Renato (orcid.org/0000-0002-0975-5771)

ASESOR:

Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo (orcid.org/0000-0003-2526-112X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2023

Dedicatoria

A mi padre Carlos por toda su sabiduría impartida, a mi madre Elizabeth por enseñarme que todo es posible sin importar nada, mis hermanos que son el motor de cada día y a la persona que me apoyo, con sus ideas, su tiempo y consejos para que toda esta investigación sea posible.

Carlos Renato Núñez Illaccanqui.

Dedico esta presente investigación primeramente a Dios y al asesor durante la realización del proyecto y formación universitaria, brindando su conocimiento para así formarme como futura profesional.

Kimberly Yamille Miranda Rojas.

Agradecimiento

A la Universidad por brindarnos una experiencia universitaria que nos inspiró a ser mejores, brindándonos la oportunidad de conocer a docentes que inspiren a ser exitosos y mejores cada día.

Al Ingeniero Valverde por compartarnos sus conocimientos, por el tiempo y la paciencia, motivándonos y direccionándonos para poder culminar este trabajo de manera satisfactoria, nuestra admiración y respeto.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, VALVERDE FLORES JHONNY WILFREDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis Completa titulada: "Aplicación de membrana de nanocelulosa con nanopartículas de hierro para reducir CO2 proveniente del parque automotor de Los Olivos – Lima", cuyos autores son NUÑEZ ILLACCANQUI CARLOS RENATO, MIRANDA ROJAS KIMBERLY YAMILLE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 10.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 15 de Setiembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
VALVERDE FLORES JHONNY WILFREDO DNI: 18120253 ORCID: 0000-0003-2526-112X	Firmado electrónicamente por: VALVERDE el 15-09- 2023 13:43:52

Código documento Trilce: TRI - 0651156



Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, MIRANDA ROJAS KIMBERLY YAMILLE, NUÑEZ ILLACCANQUI CARLOS RENATO estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Aplicación de membrana de nanocelulosa con nanopartículas de hierro para reducir CO2 proveniente del parque automotor de Los Olivos – Lima", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
NUÑEZ ILLACCANQUI CARLOS RENATO DNI: 48755817 ORCID: 0000-0002-0975-5771	Firmado electrónicamente por: CNUNEZI el 16-09-2023 20:24:33
MIRANDA ROJAS KIMBERLY YAMILLE DNI: 77240030 ORCID: 0000-0001-5623-1578	Firmado electrónicamente por: KMIRANDARO2596 el 17-09-2023 00:53:24

Código documento Trilce: INV - 1532103

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor.....	iv
Declaratoria de Originalidad de los Autores.....	v
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	17
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	17
3.1.1. Tipo de investigación.....	17
3.1.2. Diseño de investigación	17
3.2. Variables y Operacionalización.....	18
3.3. Población, muestra y muestreo	19
3.3.1. Población	19
3.3.2. Muestra	19
3.3.3. Muestreo	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	19
3.4.1. Técnicas de recojo de datos.....	19
3.4.2. Instrumentos de recojo de datos	20
3.5. Procedimiento.....	21
3.6. Método de análisis de datos	26
3.7. Aspectos éticos	26

IV. RESULTADOS	27
V. DISCUSIÓN.....	63
VI. CONCLUSIONES	66
VII. RECOMENDACIONES.....	67
REFERENCIAS	69
ANEXOS.....	75

Índice de tablas

Tabla 1: Características propias de las Membranas.....	12
Tabla 2: Técnicas de preparación de Membranas y propiedades	13
Tabla 3: Valores del Índice de Calidad del Aire	16
Tabla 4: Técnicas e instrumentos de recolección de datos	20
Tabla 5: Validez de los instrumentos.....	21
Tabla 6: Ubicación de punto de muestreo en zona de estudio	23
Tabla 7: Concentración inicial de CO ₂	27
Tabla 8: Solución de nanopartículas de hierro en membranas de nanocelulosa de algodón	31
Tabla 9: Caracterización de la membrana de nanocelulosa de algodón con nanopartículas de hierro	33
Tabla 10: Caracterización de nanopartículas de hierro	34
Tabla 11: Promedio del tamaño mínimo de nanocelulosa de algodón.....	34
Tabla 12: Descripción del tratamiento de adsorción de CO ₂	36
Tabla 13: Tratamiento de adsorción de CO ₂ con la muestra: M1–R1–NP-0.025 en el rango de 8 segundos.....	36
Tabla 14: Tratamiento de adsorción de CO ₂ con la muestra: M1–R2–NP-0.025 en el rango de 4 segundos.....	38
Tabla 15: Tratamiento de adsorción de CO ₂ con la muestra: M1–R3–NP-0.025 en el rango de 2 segundos.....	41
Tabla 16: Tratamiento de adsorción de CO ₂ con la muestra: M2–R1–NP-0.500 en el rango de 8 segundos.....	46
Tabla 17: Tratamiento de adsorción de CO ₂ con la muestra: M2–R2–NP-0.500 en el rango de 4 segundos.....	47
Tabla 18: Tratamiento de adsorción de CO ₂ con la muestra: M2–R3–NP-0.500 en el rango de 2 segundos.....	49
Tabla 19: Tratamiento de adsorción de CO ₂ con la muestra: M3–R1–NP-1.00 en el rango de 8 segundos.....	53

Tabla 20: Tratamiento de adsorción de CO ₂ con la muestra: M3–R2–NP-1.00 en el rango de 4 segundos.....	54
Tabla 21: Tratamiento de adsorción de CO ₂ con la muestra: M3–R3–NP-1.00 en el rango de 2 segundos.....	56
Tabla 22: Resumen del porcentaje de reducción de CO ₂ para cada muestra y repetición	58
Tabla 23: Pruebas de Normalidad para Tratamiento membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro.....	59
Tabla 24: Prueba de normalidad concentración inicial	60
Tabla 25: Prueba de Normalidad Hipótesis específica 3	61
Tabla 26: Prueba de Normalidad Aplicación de membrana de nanocelulosa con nanopartículas de hierro	61
Tabla 27: Tabla ANOVA por Tratamiento.....	62
Tabla 28: Pruebas de Múltiples Rangos – Grupos Homogéneos	62

Índice de figuras

Figura 1: Fuentes de contaminación de aire	15
Figura 2: Procedimiento de la investigación	21
Figura 3: Punto de recolección de muestras en la zona de estudio.....	22
Figura 4: Vista panorámica de la zona de estudio.....	23
Figura 5: Prototipo para la recolección de muestras	24
Figura 6: Analizador de gases Gasboard – 5020	24
Figura 7: Características del prototipo.....	27
Figura 8: Recolección de muestras con vehículo motorizado.....	28
Figura 9: Bloqueo de tratamiento de membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro	28
Figura 10: Jeringa con la membrana de nanocelulosa de algodón con nanopartículas de hierro	29
Figura 11: Algodón Nativo.....	29
Figura 12: Formación de gel de nanocelulosa de algodón	30
Figura 13: Tratamiento de deslignificación	30
Figura 14: Filtrado de celulosa y lavado	32
Figura 15: Polvo de nanocelulosa de algodón.....	32
Figura 16: Moldes comprimidos de membranas de nanocelulosa de algodón con nanopartículas de hierro	33
Figura 17: Tamaño mínimo de nanocelulosa de algodón	34
Figura 18: Sistema de tratamiento de membrana de nanocelulosa de algodón con nanopartículas de hierro.....	35
Figura 19: Resultados del porcentaje de reducción CO ₂	59

RESUMEN

La investigación tiene como objetivo aplicar membrana de nanocelulosa con nanopartículas de hierro para reducir CO₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos – Lima. La metodología manejada fue Pre – Experimental de tipo aplicada. La presente tomó 3 muestras iniciales, con 3 repeticiones, en el intervalo de reducción de CO₂ cada 8,4 y 2 segundos hasta llegar al 0% de concentración.

Los resultados obtenidos mostraron que membranas de nanocelulosa con solución de nanopartículas de hierro de 0.025 mL, en el tratamiento M1, repetición R2, logró reducir el porcentaje de CO₂ con una concentración inicial de 10.61% a 0% de concentración en 6 minutos con 36 segundos (M1-R2-NP-0.025 ml = 00:06:36), con la solución de nanopartículas de hierro de 0.05 mL, en el tratamiento M1, repetición R1, redujo el porcentaje de CO₂ con una concentración inicial de 10.20% a 0%, en 5 minutos y 12 segundos (M2-R1-NP-0.05 ml = 00:05:12), mientras que, con la solución de nanopartículas de hierro de 1.00 mL, en el tratamiento M3, repetición R3, redujo el porcentaje de CO₂ con una concentración inicial de 10.22% a 0%, en 3 minutos y 28 segundos (M3-R3-NP-1.00ml = 00:03:28), siendo esta última la más eficiente.

Palabras clave: Nanocelulosa, nanopartículas de hierro, dióxido de carbono, parque automotor.

ABSTRACT

The objective of the research is to apply nanocellulose membranes with iron nanoparticles to reduce CO₂ from the Los Olivos - Lima automotive park. The methodology used was Pre-Experimental of the applied type. The present one took 3 initial samples, with 3 repetitions, in the interval of CO₂ reduction every 8.4 and 2 seconds until reaching 0% concentration.

The results obtained showed that the nanocellulose membranes with a 0.025 mL iron nanoparticle solution, in treatment M1, repetition R2, managed to reduce the percentage of CO₂ with an initial concentration of 10.61% to 0% concentration in 6 minutes with 36 seconds (M1-R2-NP-0.025 ml = 00:06:36), with the 0.05 mL iron nanoparticle solution, in treatment M1, repetition R1, reduced the percentage of CO₂ with an initial concentration of 10.20% at 0%, in 5 minutes and 12 seconds (M2-R1-NP-0.05 ml = 00:05:12), while, with the 1.00 mL solution of iron nanoparticles, in treatment M3, repetition R3, reduced the percentage of CO₂ with an initial concentration of 10.22% to 0%, in 3 minutes and 28 seconds (M3-R3-NP-1.00ml = 00:03:28), the latter being the most efficient.

Keywords: Nanocellulose, iron nanoparticles, carbon dioxide, automotive fleet.

I. INTRODUCCIÓN

El parque automotor es uno de los causantes de originar contaminantes letales en el mundo, el crecimiento acelerado de vehículos en algunos países excede al volumen máximo permitido generando problemas como la emisión de gases en grandes cantidades, entre ellas el dióxido de carbono (CO₂), afectando al ambiente y la salud mundial. (Muñoz et al, 2020).

En los últimos 30 años el número de vehículos se duplica cada 10 años, mayormente en los países asiáticos, en China el 2021, emitió 9 millones de toneladas de CO₂ lo que hace un 30% a nivel mundial. (Sharmilaa y Ilango, 2021).

Se estima que desde el 2014 en América Latina, el aumento de la adquisición vehicular tiene un porcentaje del 3% anual, generando preocupación por el crecimiento que tendrán en los próximos 25 años. Debido al aumento del parque automotor, las calles están más aglomeradas por toda clase de vehículos, generando así el tráfico vehicular, que contribuye a la contaminación y deterioro de la calidad del aire (PNUD, 2019).

A nivel mundial entre los 50 países con peor calidad de aire, Perú se encuentra en el puesto 21 seguido de Chile que ocupa el puesto 26, de acuerdo con la empresa Suiza IQAir en su reporte del 2018. En el Perú la problemática por parte del parque automotor es una amenaza a la calidad de vida y el ambiente. La contaminación de aire en nuestro país es generada un 70% por el parque automotor (Comisión multisectorial para la gestión de iniciativa del aire limpio para Lima y Callao, 2019).

Se calcula que, debido a la contaminación de aire generado por vehículos, más de 7 millones de personas en todo el mundo fallecen al año, debido a este gran problema (PNUD, 2019).

En el monitoreo de la calidad del aire, elaborado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2023), inspeccionó en la estación de Carabayllo, situada en Lima Norte, un índice de alta contaminación por el uso de vehículos durante fechas festivas, lo cual genera estas más movilización de vehículos de lo habitual.

Según el monitoreo y vigilancia del aire que realizó la Dirección General De Salud Ambiental y el Ministerio De Salud, (DIGESA, 2019), los distritos con más contaminación de aire son Comas, Independencia, Los Olivos y el Cercado de Lima debido al parque automotor e industrias que día a día dañan la atmósfera, generando molestias a los ciudadanos, atentando contra su salud y el medio ambiente.

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2023), realizó actividades de muestreo en Lima Este, Norte y Sur en horarios de mayor flujo vehicular, lo cual como resultado se pudo observar gran cantidad de partículas de hollín generando preocupación de este hallazgo, entre los contaminantes tenemos al Ozono troposférico (O_3), dióxido de carbono (CO_2), dióxido de azufre (SO_2), dióxido de nitrógeno (NO_2), compuestos orgánicos volátiles. En las emisiones de CO_2 el Perú en el año 2020 fueron de 418,56 ppm (Tapia, 2018).

Debido a estos grandes problemas la investigación se centra en dar alternativas de solución mediante métodos y tecnología amigables con el ambiente, contribuyendo a la eliminación, degradación de estos contaminantes, esas alternativas se basan en el uso de membranas de nanocelulosa y las nanopartículas, métodos efectivos para la mitigación del impacto en el medio.

Actualmente se vienen implementando varios métodos de captura de carbono, la mayoría de los cuales son demasiado costosas y de eficiencia limitada, actualmente una de las opciones tecnológicas más viables, de bajo costo, buen rendimiento y eco amigables para eliminar CO_2 de los gases de combustión, son el uso nanotecnologías, en este caso utilizar membranas de nanocelulosa (Zhang, 2020).

El problema identificado está ubicado en Lima Norte, en el distrito de Los Olivos, de acuerdo con monitoreos realizados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2023) se encontraron concentraciones altas de contaminantes que afectan la calidad del aire de la zona, entre las más relevantes tenemos: Material particulado, PM_{10} y $PM_{2,5}$, monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO_2), dióxido de nitrógeno (NO_2), ozono troposférico (O_3), dióxido de carbono (CO_2).

De acuerdo con la encuesta realizada por la organización Lima Como Vamos, en el 2021, el nivel de insatisfacción sobre la calidad del aire en Lima y Callao es de 49.8%. También señalan que los principales problemas ambientales que necesitan ser atendidos en Lima y Callao son: La contaminación de playas, carencia de áreas verdes incluyendo su mantenimiento y la contaminación por vehículos, liderando este último con un porcentaje del 50.8% (LCV, 2021).

Actualmente se viene implementando programas de monitoreos, vigilancia del aire juntamente con prevención, sensibilización, capacitación pública en temas del aire, lamentablemente son pocos los resultados positivos, debido a que el parque automotor es un problema muy grande por la existencia de vehículos antiguos con más de 15 años que vienen circulando actualmente (Dirección de Control y Vigilancia, 2022).

En este sentido se formula como Problema general ¿En qué medida la aplicación de las membrana de nanocelulosa con nanopartículas de hierro reduce el CO₂ proveniente del parque automotor en el distrito de Los Olivos – Lima?

Y como problemas específicos: ¿Cuál será la dosis adecuada de nanopartículas de hierro en las membranas de nanocelulosa para reducir CO₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos?, ¿Cómo varía el valor de las concentraciones de CO₂ provenientes del parque automotor de Los Olivos al inicio y final de la aplicación de las membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro?, ¿Cuál será la eficiencia de las membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro para reducir CO₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos?

En cuanto, la presente investigación tiene como justificación teórica, la nanocelulosa de algodón, tiene propiedades únicas debido a que es un biopolímero biodegradable de baja toxicidad y alta resistencia, además posee una excelente capacidad de formar geles y membranas, lo cual hace que sea adecuada para diversas aplicaciones, en cuanto a las propiedades de las nanopartículas de hierro, tienen alta superficie específica y una buena capacidad para interactuar con otras sustancias, lo cual, hace que sea adecuada para aplicaciones en campos como remediaciones ambientales, la combinación de

nanocelulosa de algodón y nanopartículas de hierro, proporciona ventajas significativas su aplicación y efectividad son muy rápidas, de bajo costo y eco amigables. La aplicación de la membrana de nanocelulosa con nanopartículas de hierro, aportara a distintas investigaciones como referencia y usarlos en la toma de decisiones para que su aplicación de éstas sea más frecuente y pueda ser usada en todo el Perú. De igual forma presenta la justificación metodológica, con una metodología pre – experimental de tipo aplicada, esto incluye preparar los materiales, caracterización fisicoquímicas, evaluar la eficiencia de capacidad de adsorción, por lo que, tiene como finalidad contribuir en generar conocimientos científicos nuevos en el campo de la adsorción de CO₂ aplicando membrana de nanocelulosa con nanopartículas de hierro, la presente investigación puede proporcionar información sobre la optimización de modelos de captura de CO₂, de esta forma, reducir la propagación de estos gases, contribuyendo a mejorar la calidad de vida. Asimismo, presenta también la justificación práctica, para evaluar la eficiencia y preparación de membranas de nanocelulosa de algodón con nanopartículas de hierro para la captura de CO₂, proporcionando una solución práctica para reducir las emisiones de gases, desarrollando una tecnología innovadora para la captura de CO₂.

En este sentido, la presente investigación tiene como Objetivo general: Aplicar membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro para reducir CO₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos – Lima.

Y como objetivos específicos: Determinar las características fisicoquímicas de la membranas de nanocelulosa para reducir CO₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos. Determinar características de las nanopartículas de hierro para reducir CO₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos. Analizar la dosis adecuada de nanopartículas de hierro en las membranas de nanocelulosa para reducir CO₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos. Determinar las concentraciones de CO₂ provenientes del parque automotor de Los Olivos al inicio y final de la aplicación de membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro. Evaluar la eficiencia de las membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro para reducir CO₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos.

De acuerdo con los objetivos, se formula la hipótesis general: La aplicación de membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro reduce el porcentaje de CO₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos – Lima. Asimismo, las Hipótesis específicas: Existirá una dosis adecuada de membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro para reducir el CO₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos – Lima. Se logrará determinar la concentración de CO₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos al inicio y final de la aplicación de las membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro. Se evaluará la eficiencia de las membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro reduce significativamente el CO₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos – Lima.

II. MARCO TEÓRICO

Shen (2022) su investigación tuvo como objetivo analizar los líquidos porosos para la separación con nanopartículas de diferentes estructuras, la síntesis de líquidos porosos se realizó en la fabricación en 2 grupos con nanopartículas de sílice porosas grandes y nanopartículas de sílice de agujeros de gusano hueco, para la capacidad de absorción de CO₂ consistió en una cámara tampón de 50 mL y una cámara de extorsión de 25 mL con un agitador magnético y un sistema de control de temperatura, los resultados fueron que la capacidad de absorción de CO₂ con partículas de sílice porosas grandes fue de 0,385 y 0,263 mmol/g y de las nanopartículas de sílice de agujeros de gusano hueco fue de 0,226 mmol/g, la superficie más alta se encontró en partículas de sílice porosas grandes teniendo una mayor capacidad de absorción de CO₂ en las mismas condiciones, teniendo una diferencia de 1,92 mmol/g frente a 1,65 mmol/g. concluyendo que las nanopartículas de sílice porosas grandes posee un gran potencial como medio de captura de CO₂.

Kayode (2022) su investigación tuvo como objetivo las estructuras y derivados de celulosa para la adsorción y separación de CO₂, las técnicas de caracterización de las membranas de tamiz molecular de carbono tienen un modelo de poro bimodal típico con diámetros de microporo aproximadamente de 7-20 y diámetros de microporo menores que 7, para los materiales de celulosa a base de partículas inorgánicas se utilizó un método de sol gel acuoso in situ de un solo paso para hidrolizar y polimerizar con éxito el silicato de sodio, llega la

división de sílice a nanocristales de celulosa, dio como resultado un aerogel con un área superficial enorme de 342 m²/g, después se observó una disminución de área mientras que, la capacidad de adsorción mejoró de 1,49 a 2,2 mmol/g, demostrando que el método sol gel utiliza de manera eficiente la celulosa y los silicatos en un medio acuoso para producir aerogel de nanocristales de celulosa con alta resistencia a la compresión, concluyendo que se mejoraron la superficie específicas de aerogel de nanocristales de celulosa obteniendo el ajuste estructural y las estabildades térmicas. También investigaron membranas de acetato de celulosa producida por acetilación de celulosa, se utilizó una técnica de recubrimiento por rotación para recubrir el diacetato de celulosa en el agua al vacío, luego se secó y se sumergió en agua para producir una membranas que se utilizó para la separación de CO₂, mientras se disminuía la estructura cristalina de las membranas, mejoraba la permeabilidad del CO₂, con una selectividad de CO₂/CH₄ entre 30 y 35 y permeabilidad de solo 9 barrer.

Ma et al. (2021) su investigación tuvo como objetivo cultivar ZIF en celulosa renovable y biodegradable para mejorar la adsorción de CO₂, el método que utilizaron fue de crecimiento in situ basado en sustrato biodegradable utilizado para crear ZIF-8 funcionalizadas con amino, las influencias que antes el grupo OH y Zn ayudaron a que los cristales ZIF se impregnen uniformemente a las fibras creando así un compuesto compatible con otros materiales, encontrando una capacidad significativa de adsorción de CO₂ de 1,63 mmol/g, concluyendo que es una manera fácil de regenerar el absorbente lo que sugiere que los compuestos ZIF con celulosa tienen eficiencia para la adsorción de CO₂.

Ruhaimi (2021), su investigación tuvo como objetivo utilizar una membrana de cáscara de huevo y nanopartículas esféricas de óxido de cerio para una alta adsorción de CO₂, fue un trabajo de investigación experimental, para este estudio se sintetizó óxido de cerio mesoporoso utilizando un método de bioplantilla con membrana de cáscara de huevo (CeO₂ – BT), para su comparación, se sintetizó también un adsorbente de óxido de cerio mediante la descomposición térmica (CeO₂ – TD), para las pruebas de adsorción en condiciones de gas CO₂ de combustión con una mezcla de CO₂ y N₂ (10% y 90% respectivamente) durante una hora en condiciones ambientales, CeO₂ – BT mostró un tamaño de partícula pequeño de 30 a 34 nm mientras CeO₂ – TD con

un tamaño de partícula en el rango 112 a 154 nm. De acuerdo con los resultados arrojados, CeO₂ – BT Muestra una capacidad de adsorción de CO₂ de 1,412 mmol/g, Lo cual es 12 veces más que la de CeO₂ – TD, mientras que en condiciones de gases de combustión la CeO₂ – BT y CeO₂ – TD, obtuvieron una menor adsorción de 0,783 y 0,023 mmol/g respectivamente. Después de varios ciclos de experimentación, en el quinto ciclo de adsorción, se ha mostrado una ligera reducción de 1,34 mmol/g por parte de CeO₂ – BT, demostrando un rendimiento cíclico estable con menos del 13%, concluyendo que la membrana de la cáscara de huevo con nanopartículas de cerio es un material eficaz para la adsorción de CO₂.

Ho (2021), su investigación tuvo como objetivo indagar sobre materiales avanzados para la captura de carbono mediante los derivados de celulosa y nanocelulosa, fue un estudio de revisión bibliográfica, su estudio se centró en materiales de celulosa para la captura de carbono con nanocristales de celulosa y las nanofibrillas de celulosa, teniendo como resultados, que las membranas de Aerogel con nanofibrillas de celulosa con ftalimida, el trietoxisililpropil-3-pentadinildinitrilo-carbamato funcionalizadas con compuestos de nanocristales de celulosa y sílice son los que brindan adsorción de capacidad mayor a 5 mmol/g de CO₂, mientras que el Aerogel con nanofibrillas de celulosa funcionalizado con 3-aminopropilmetildietoxisilano tiene una capacidad de adsorción de 2,26 mmol/g, teniendo en cuenta que la capacidad de adsorción aumento con el incremento de humedad. El aerogel de nanocristales de celulosa, se sintetizó en una solución de CaCl₂, para así formar un gel húmedo esférico que después fue reemplazado por alcohol terbutílico, teniendo resultados que el área superficial se redujo de 200,6 m²/g a 110,4 m²/g, y la capacidad de absorción de CO₂ aumento de 0,19 mmol/g a 1,59 mmol/g. Por otro lado, se investigó la eficiencia de membranas de metilcelulosa y etilcelulosa para la separación de CO₂, mezclando con un gel de síntesis de membranas de zeolitas antes del calentamiento por microondas para el crecimiento de cristales en un soporte poroso, el resultado fue que la metilcelulosa restringió el tamaño de los cristales y el espesor de la zeolita, mejorando la permeación de H₂, pero no CO₂. Se concluyo que el aerogel de nanocelulosa con funcionalización amino tiene un

potencial alto para la adsorción de CO₂, las partículas inorgánicas mejoran la absorción de CO₂ en la nanocelulosa permitiendo su modificación química.

Qian et al. (2021) su investigación tuvo como objetivo investigar materiales porosos modificados con aminas para la absorción de CO₂, entre los materiales estudiados, se investigó los nanotubos de carbono, generalmente formados en paquetes que consisten en láminas de grafito laminado, la tecnología de nanomateriales permite que se produzca con facilidad la adsorción, los nanotubos de carbono con nitrógeno exhibieron una capacidad de absorción de 184,9 mg/g 168,13 mg/g, con selectividad de gas CO₂ con 26,64 y N₂ con 134,35. Otro material que ese estudio fueron los aminas en un polímero lineal conteniendo esta gran cantidad de grupos de hidroxilo lo que permite su modificación química mediante oxidación esterificación, la capacidad de recepción de CO₂ del adsorbente fue de 2,6 mmol/g, Concluyendo que la tecnología de absorción y separación de CO₂ son de alto rendimiento gracias a su bajo consumo de energía y facilidad de operación.

Sepahvand (2020) su investigación tuvo como objetivo centrarse en el estudio de un proceso novedoso de uso de ftalimida para modificar nanofibras de celulosa y constatar la efectividad de la adsorción de CO₂, realizaron la modificación genética, añadiendo polvo de ftalimida a una mezcla de agua ácido, el gel de nano fibras de celulosa se prepara con una concentración de 1%, la solución de nano fibras de celulosa con ftalimida se centrifugó a 2500 RPM durante 10 minutos para eliminar el exceso de ftalimida que no reaccionó con las nano fibras de celulosa. Para evaluar la capacidad de absorción del aerogel de nano fibras de celulosa se utilizó aire presurizado con una concentración de CO₂ de 500 ppm, se analizaron en diferentes caudales de aire 0, 25, 40, 65, 80 y 95%. Teniendo como resultado que la capacidad de absorción de nanofibras de celulosa pura es de 2,2 mmol/g, esto mejoró cuando se modificó con ftalimida, la capacidad de absorción varía de 2,8, 4,4 y 5,2 mmol/g y el porcentaje de absorción de CO₂ aumento al 1,5%, la influencia de la presión y humedad mejora significativamente al aumentar la adsorción de CO₂ de 4 a 7,1 mmol/g. Concluyendo que el aumento de la cantidad de ftalimida al 1,5% en la nano fibra de celulosa modificó el aumento significativamente para la absorción de CO₂.

Muñoz (2020) su investigación tuvo como objetivo analizar la síntesis de nanopartículas de sílice para evaluar su capacidad de adsorción de CO₂, el tipo de estudio fue experimental, el método que utilizaron para la síntesis de nanopartículas fue el Sol – Gel, mezclando dietilamida con etanol y agua destilada, todo el proceso se realizó con impregnación húmeda de 15% y 30%, los ensayos de adsorción se realizaron a temperatura de 30°C, comparando con una solución pirogénica Aerosil 380 obtenida en Evonik – Alemania, los resultados obtenidos fueron que la mayor capacidad de adsorción de CO₂ fue mediante la los materiales basados en sílice pirogénica Aerosil 380 que las nanopartículas sintetizadas de sílice, se obtuvo una adsorción máxima de 35,4 mg para la muestra de impregnación húmeda de 30% de dietanolamina teniendo la propiedad de adsorción de CO₂ con presencia de humedad.

Torstensen (2019) su investigación tuvo como objetivo explorar el uso de nanocelulosa como aditivo para membranas de nanocompuestos para la separación de gases mixtos, se realizó distintos experimentos para la pulpa de celulosa la preparación de nanocelulosa fue oxidada con tempo que es un radical estabilizado por impedimentos estéricos capaz de oxidar alcoholes primarios a aldehídos, la pulpa de celulosa se oxidó a temperatura ambiente usando templo al 99% la oxidación se realizó agregando diferentes cantidades de NaClO, los nano cristales de celulosa fueron adquiridos por un laboratorio de productos forestales de la universidad de Maine, teniendo como resultados que los nanocompuestos de alcohol polivinílico con nanocristales de celulosa tienen el factor de separación de CO₂ más alto con un factor de 39 y permanencia de CO₂ de 127,8 GPU, a comparación con las membranas puras de nanocompuestos de alcohol polivinílico con una separación de 36 y una permeabilidad de 105,5 GPU. concluyendo que las nano fibras oxidadas por tiempo también mejoran el rendimiento, aunque no tanto como cuando se le agrega nano cristales de celulosa.

Venturi et al. (2018) su investigación tuvo como objetivo investigar el efecto de la humedad y el contenido de nanocelulosa en membranas para la captura de CO₂, fue un trabajo experimental, la suspensión de celulosa nanofibrilada se obtuvo mediante un pretratamiento mecánico-enzimático, el diámetro medio de las sombrillas fueron de unos 20nm, se utilizó la técnica de fundición con solvente

para preparar 3 membranas para la adsorción y permeación (L30NFC30, L30NFC70, L30NFC PURO) se ha medido la permeabilidad a 3 gases, CO₂, CH₄ y N₂, en condiciones húmedas a volumen constante modificada, teniendo como resultados que para celulosa nanofibrilada pura muestran un buen rendimiento máximo de 224 para la selectividad de CO₂/N₂ y una permeabilidad de 4,8 Barrer, para la muestra L30NFC30, la permeabilidad de CO₂ aumento de 10 hasta 187 Barrer, para L30NFC70 la máxima permeabilidad fue de 74 Barrer debido a la cantidad de agua baja en el orden de 0,6 g/gpol, concluyendo que las pruebas de permeabilidad de un solo gas para N₂, CO₂ y CH₄ realizadas a diferentes grados de humedad permitieron estudiar las potencialidades de dichos materiales en la aplicación de separación de CO₂. La permeabilidad a los gases aumenta monótonamente con la humedad relativa mostrando un comportamiento común en función del contenido de agua para los diferentes gases en los diferentes materiales.

Jahan et al. (2018) su investigación tuvo como objetivo desarrollar membranas de nanocompuestos con un nanocelulosa cristalina facilitados por alcohol polivinílico para mejorar la calidad del biogás a través de la captura de CO₂, se realizó mezclando alcohol polivinílico con nanocelulosa cristalina para desarrollar una membrana de transporte facilitado hinchado con agua de alto rendimiento, se mordió una membrana no compuesta que contenía nanocelulosa cristalina y alcohol polivinílico para producir una capa fina usando la técnica de recubrimiento por inmersión, el rendimiento de separación de las membranas de nanocompuestos se probó en un equipo de membranas de alta presión, los experimentos se realizó a diferentes presiones de 5, 10 y 15 bar, los resultados fueron que al adicionar nanocelulosa cristalina a una membrana de alcohol polivinílico al 1% teniendo un espesor de la membrana de 900nm la permeabilidad al CO₂ aumento 0,20 m³/m²-bar-h, al 2% el espesor de la membrana aumentó a 1450nm disminuyendo la permeancia a 0,14m³/m²-bar-h. Concluyendo que las membranas de transporte facilitado por alcohol polivinílico han sido eficientes para la captura de CO₂ en función a la concentración de nanocelulosa cristalina, comparando con una membrana de alcohol polivinílico pura, se observaron aumentos altos de permeabilidad adicionando nanocelulosa cristalina mejorando el desempeño de la membrana.

Zhang (2018) su investigación tuvo como objetivo comprobar los efectos de la carga de aminas en las propiedades de aerogel de nanofibrillas de celulosa y su rendimiento de captura de CO₂, se realizó el uso de nanofibrillas de celulosa a base de aminas, aumentando la carga de NH₂, resultó una rugosidad de la superficie de nano fibras de celulosa con capacidad de absorción de CO₂ considerablemente mayor de 1,91 mmol/g, informando método de regeneración siempre mediante calentamiento a 80° C, concluyendo que la aerogel polimérico producido demostraba un potencial eficaz para la adsorción de CO₂. También encontraron hallazgos similares en esferas aerogel de nanocristales de celulosa para absorber CO₂, logrando una capacidad de adsorción de 1,68 mol/g, el área de superficie de fisisorción se redujo significativamente de 143 a 77 m³/g.

Mahfoudhi (2017) su investigación tuvo como objetivo investigar la nanocelulosa como un nanomaterial desafiante para la remediación ambiental, fue un trabajo de revisión bibliográfica, la información que expone hace énfasis en contaminantes del aire, aplicando las nanofibrillas de celulosa modificadas con aminas probando así como adsorbente para la captura de CO₂ del aire, el método por lo cual se realizó fue la síntesis mediante liofilización en una suspensión acuosa de celulosa nanofibrilada, los resultados fueron que una concentración de CO₂ de 506 ppm en el aire y la humedad relativa del 40% a 25°C, se absorbieron 1,39 mmol/g durante 12 horas, se observó que el aerogel se regenera después de la eliminación de CO₂ en el aire, su reutilización del adsorbente no se alteró durante 20 ciclos consecutivos de absorción de 2 horas lo cual produjo una capacidad cíclica de 0,695 mmol/g.

Las teorías que sustentan la investigación son: Nanopartículas, son materiales diminutos de tamaño que oscilan entre 1 a 100 nanómetros, la clasificación de las nanopartículas puede variar en función a sus propiedades, tamaños o formas, sus usos engloban en distintos campos como en la fabricación de anteojos resistentes a rasguños, protectores solares, en el campo ambiental, mitigando problemas como la reducción de desecho, limpiar contaminantes, entre otros (Khan, 2019).

Según la Asociación Española de Desalación y Reutilización, las membranas son barreras físicas que ayuda a la separación de fluidos, para que resulte esta separación, las membranas deben tener características sensibles a propiedades

moleculares de los componentes, en consecuencia, estas membranas deben poseer determinadas propiedades químicas.

La aplicación y el uso de materiales de membranas, es una forma muy eficaz y sostenible para poder abordar problemáticas ambientales, las membranas son una tecnología que sirve para separar mezclas de materiales ofreciendo ventajas significativas sobre otras tecnologías (Cueto, 2022). Dependiendo del tamaño de los poros del polímero, las membranas se agrupan en cuatro grupos que son: Ósmosis inversa, nanofiltración, ultrafiltración y microfiltración, que se mostrará en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1: Características propias de las Membranas

Proceso	Estructura	Tamaño De Poro (nm)	Materiales
Ósmosis inversa	Asimétrica	0.1 - 1	<ul style="list-style-type: none"> • Acetato de celulosa • Poliamidas • Polisulfona • TFC (Membranas compuestas de película delgada)
Nanofiltración	Asimétrica	2 – 5	<ul style="list-style-type: none"> • Acetato de celulosa • Poliamidas • TFC (Membranas compuestas de película delgada) • Celulosa regenerada
Ultrafiltración	Asimétrica	5 – 20	<ul style="list-style-type: none"> • Acetato de celulosa • Cerámica • Poliamidas • Poliacrilonitrilo • TFC (Membranas compuestas de película delgada) • Polisulfona
Microfiltración	Asimétrica, Simétrica	100 - 1000	<ul style="list-style-type: none"> • Acetato de celulosa • Cerámica • Poliamidas • Poliacrilonitrilo • Policarbonato • Poliéster

			<ul style="list-style-type: none"> • Poliolefinas • Polipropileno • Polisulfona • Politetrafluoroetileno • Fluoruro de poli vinilideno
--	--	--	---

FUENTE: Extraído y traducido de Zhang, 2012.

Membranas de nanocelulosa: son microfibrillas separadas de la pared celular de una planta, su preparación conlleva, a la descomposición de la matriz fibrosa por medio de tratamientos mecánicos y químicos. (Gopakumar, 2019). Las membranas de nanocelulosa, son utilizadas para poder separar distintos tipos de mezcla, dejando así pasar algunas especies, mientras que otras quedan retenidas, la selectividad y permeabilidad son características y parámetros claves para una membrana, las características de las membranas de nanocelulosa son que tienen alta resistencia, área superficial alta, inercia química, convirtiéndola en un material muy eficaz de alto rendimiento, existen diferentes métodos para su fabricación. Para la fabricación de membranas a base de nanocelulosa, existen distintos métodos básicos tomando en cuenta sus propiedades especiales de las fibras de nanocelulosa, mediante la Tabla 2 se podrá abordar las técnicas de preparación detallando sus características principales (Dai, 2019).

Tabla 2: Técnicas de preparación de Membranas y propiedades

Técnica de preparación	Pasos implicados	Descripción	Tamaño, espesor
Inversión de Fase	Una solución de polímero y el solvente sobre una capa de soporte, seguidamente se sumergen en un estanque de coagulación de no solvente, lo que implica que, la precipitación se produce debido a la relación entre solvente y no solvente	Muy versátil, índice alto de porosidad	1.1 – 0.5 mm
Filtración al vacío	Es el proceso de separar un sólido de un líquido a través de un elemento de Filtro una bomba de vacío. Se pueden producir capas de membranas de	Proceso rápido accesible y simple	-

	nanocelulosa y nano papeles.		
Electrohilado	La incorporación de nanocelulosa dentro de las membranas de electrohilado suelen cambiar la densidad de la carga de la superficie de la membrana, se prepara a partir de electrospinning, mejorando el área de superficie efectiva general y mejora la densidad del grupo funcional	Los poros están interconectados con el tamaño uniforme	-
Polimerización por plasma	la fuente de plasma se utiliza para la fragmentación de monómeros.	Polímeros ultrafinos con estructuras regulares que se pueden formar	>10 nm
Recubrimiento por inmersión	La solución del material de recubrimiento se mantiene en un molde, seguidamente se sumerge el sustrato en ciertos intervalos y sacado para después sumergirlo nuevamente dejándolo secar.	Biocompatibilidad de materiales fibrosos	~100 nm

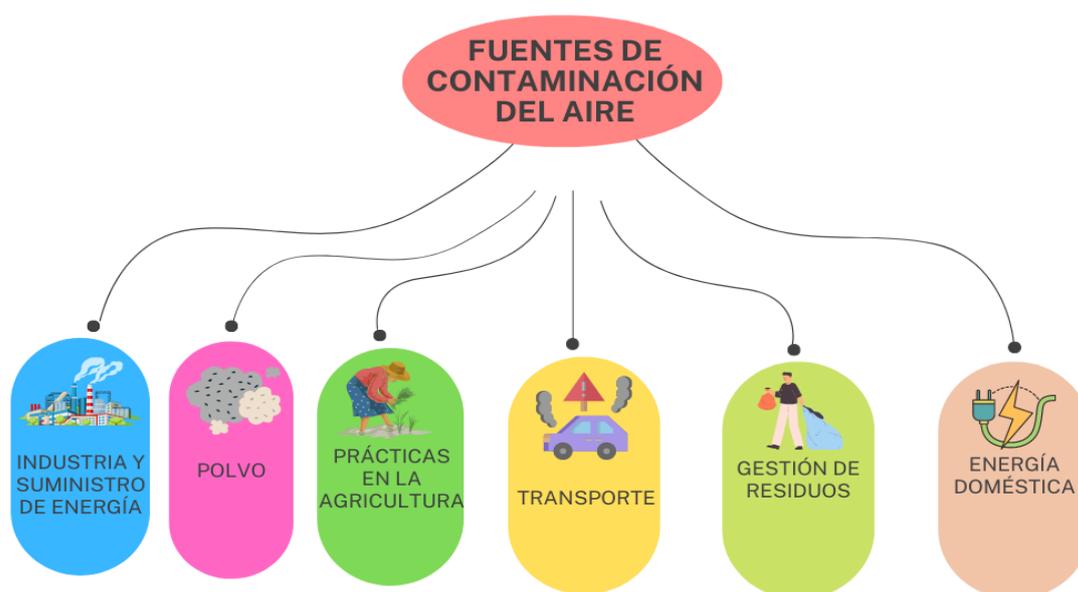
Fuente: Extraído y traducido de Ahankari et al, 2022.

Membranas de nanocelulosa como remediación ambiental: Las membranas de nanocelulosa son eficaces para la remediación ambiental, abarca desde la filtración de aire, separación de CO₂, recolección de energía renovable tratamientos de aguas residuales, estas membranas actúan como una barrera que selecciona sustancias mientras queda el paso a otras, la aplicación de las membranas de nanocelulosa brindan altas eficiencias de separación de gases, siendo muy amigables con el medio ambiente representando alternativas sostenibles de bajo costo (Jaffar et al, 2022).

Adsorción de CO₂, es un proceso que tiene como objetivo, la eliminación de uno o más componentes con la ayuda de una superficie sólida, estos procesos pueden ser mediante la adsorción química, si ocurre una reacción química en la superficie expuesta o por absorción física, en la física el CO₂ es adsorbido

débilmente por el propio sustrato y en la química el CO₂ es adsorbido con más fuerza por los sitios de unión específicos (Khee, 2014).

Contaminación del aire, es la liberación de contaminantes en el aire que son perjudiciales para la salud y el planeta, esto será debido por cualquier agente físico químico o biológico que modifique las características naturales de la atmósfera, según la OMS – “Organización Mundial de la Salud”, la contaminación del aire es responsable de la muerte de casi 7 millones de personas en todo el



mundo y se estima que 9 de cada 10 personas inhalan un aire deficiente con altos índices de contaminantes (Consejo de Defensa de los Recursos Naturales, 2021). En la Figura 1 se aprecia las distintas fuentes de contaminación de aire

Figura 1: Fuentes de contaminación de aire

FUENTE: Adaptado de Organización Mundial de la Salud, 2018

Existen varios tipos de contaminantes que son muy perjudiciales y pone en riesgo la salud, como el material particulado, que son compuestos que están conformados por sustancias químicas como nitratos, carbón, sulfatos o polvos, se emiten por vehículos mediante la quema de combustibles fósiles, quema de materia orgánica, el humo del cigarrillo, incendios forestales, se clasifican en partículas muy finas como PM 2.5 y PM 10. Otros contaminantes son los gases nocivos, como el dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxido de nitrógeno y óxido de azufre, que son emitidos por vehículos y subproductos de procesos

industriales, también se encuentra el Ozono, un gas atmosférico, principal vía de emisión son automóviles, fabricas, centrales eléctricas, calderas industriales. Los Compuestos Orgánicos Volátiles más conocido como los Covs se evaporizan a temperatura ambiente de ahí viene la denominación de volátiles. Son emitidos por pesticidas, artículos de limpieza, pinturas, materiales artesanales como la gasolina, el pegamento y el gas natural, que se liberan durante la combustión (Achilleos, 2017).

Índice de Calidad del Aire (INCA): De acuerdo con la Resolución Ministerial N° 181-2016 MINAM, se establece el INCA, con el objetivo de dar a conocer la calidad de aire de forma clara para toda la población. Estos índices de Calidad de Aire, detalla el estado de una determinada zona para si presentarlos.

A partir de ello se presenta la Tabla 3, para poder distinguir los valores usados comprendido de 0 a 100, lo que concuerda con el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Aire (MINAM, 2016).

Tabla 3: Valores del Índice de Calidad del Aire

CALIFICACIÓN	VALORES DEL INCA	COLORES
Buena	0 – 50	VERDE
Moderada	51 – 100	AMARILLO
Mala	101 – VUEC	ANARANJADO
VUEC (Valor Umbral de Estado de Cuidado)	>VUEC	ROJO

FUENTE: Resolución Ministerial N° 181-2016 MINAM

Estándares de Calidad del Aire: Son instrumentos de gestión ambiental que se instauran para medir el estado de la calidad del ambiente, estableciendo el nivel de contaminantes presentes en el aire, concentraciones de sustancias o elementos presentes en el ambiente, que no afecten a la calidad de vida ni atenten al ambiente (MINAM, 2017).

Contaminación por el parque automotor: Los contaminantes que emite la combustión por los vehículos dañan nuestro ambiente y afecta a nuestra salud, la quema de gasolina genera subproductos que son muy nocivos (Union of Concerned Scientist, 2014). Principales contaminantes de los automóviles: Monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, hidrocarburos, óxido de nitrógeno, gases de efecto invernadero que elevan los niveles de dióxido de carbono.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación: La investigación es de tipo Aplicada, porque nos conducirá a las resoluciones de problema que se originan de las diversas actividades humanas (Nieto, 2018), haciendo uso de la nanotecnología lo cual permitirá la captura de dióxido de carbono.

El enfoque de la investigación es cuantitativo, se precisa como una exploración metodológica de fenómenos, que recopila información que son cuantificables, utilizando metodologías de muestreo (Birenboim et al, 2022).

3.1.2. Diseño de investigación:

La presente tendrá un diseño Experimental a nivel Pre – Experimental, debido a que se tomará muestras del aire para así determinar la concentración de CO₂ procedente por vehículos, de esta forma, aplicar las membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro, de este modo comprobar la adsorción de CO₂ post tratamiento.

Esquema Pre – Experimental, grupo pre test y post test:

O1-----X-----O2

O1 : Mediciones Pre test

X : Aplicación de Membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro

O2 : Medición Post test

Nivel: Explicativo, explica cómo y dónde se recopilan los datos en entornos a laboratorio frente a campos, de esta forma explicando la relación causa-efecto entre variables (Skinner, 2020).

Se utilizaron las membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro, de este modo se aplicará para la adsorción de CO₂ proveniente del parque automotor.

3.2. Variables y Operacionalización

La presente investigación tiene dos variables, dependiente e independiente, que se presenta en la Matriz de operacionalización de variables en el Anexo 2.

Variable Independiente: Aplicación de membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro

Definición conceptual:

Membranas de Nanocelulosa: Son microfibrillas separadas de la pared celular de una planta, su preparación conlleva, a la descomposición de la matriz fibrosa por medio de tratamientos mecánicos y químicos. Las membranas de nanocelulosa, son utilizadas para poder separar distintos tipos de mezcla, dejando así pasar algunas especies, mientras que otras quedan retenidas, la selectividad y permeabilidad son características y parámetros claves para una membrana, sus características son que tienen alta resistencia, área superficial alta, inercia química, convirtiéndola en un material muy eficaz de alto rendimiento (Gopakumar, 2019).

Definición operacional: Las membranas de nanocelulosa servirá como medio principal para la adición de las nanopartículas de hierro, de esta forma poder saber la capacidad de adsorción del CO₂

Nanopartículas de hierro: Partículas nanoestructuradas de metal, a nano escala comúnmente oscilan de 20 a 40 nanómetros, funcionalizadas en superficie tienen una propiedad de adsorción (Pasinszki, 2020).

Definición operacional: Las nanopartículas de hierro serán definidas teniendo en cuenta sus características y la dosis adecuada para su aplicación.

Variable Dependiente: Reducción de concentración de CO₂ proveniente del parque automotor.

Definición conceptual:

El CO₂ es un gas de efecto invernadero, formado en la combustión de combustibles como la gasolina, petróleo, gas natural, combustible diésel expulsados por el sistema de escape de la actividad del parque automotor. El

CO₂ en una de las principales causas del calentamiento global, en la mala calidad de aire, afectando a la salud (Park, 2021).

Definición operacional: La reducción de CO₂ fue medido por la concentración inicial y final en el ambiente. Se demostrará la eficiencia de la reducción de CO₂ al aplicar las membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población: La población de la presente investigación fue constituido por las concentraciones de CO₂ proveniente del parque automotor donde hay mayor flujo de vehículos, como punto principal el Mercado Productores “MerproLima” – Los Olivos, debido al mayor flujo vehicular y concentraciones de gases emanadas por vehículos que circulan en la zona.

3.3.2. Muestra: Se tomará muestras del CO₂ del Mercado Productores “MerproLima” – Los Olivos, Calle Aquia Mz P Lt 1 A, Los Olivos, debido a la emanación de vehículos que transitan en el distrito de Los Olivos.

3.3.3. Muestreo: La presente investigación tuvo un muestreo no probabilístico, que ejecuta la selección de muestras en función subjetiva, debido a que los parámetros a investigar no pueden ser identificado individualmente

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recojo de datos

En la presente investigación utilizó la técnica de la observación científica para recoger la información del proceso de investigación. Las técnicas de observación son procedimientos que un investigador utiliza para ubicar directamente un fenómeno en el cual experimenta.

La técnica de observación recopilará datos en un determinado entorno o momento y día específico, estudiando los comportamientos en el que está analizando.

3.4.2. Instrumentos de recojo de datos

La técnica tuvo su respectivo instrumento que permitió el recojo de información al desarrollarse la investigación científica. Será:

Los instrumentos que se utilizaron son fichas para el recojo de datos, por ello la Tabla 4 comprende las etapas y los instrumentos que se utilizara:

Tabla 4: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

ETAPA	FUENTE	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	RESULTADOS
1. Análisis inicial de concentración de dióxido de carbono	Laboratorio	Observación	Ficha N° 1: Análisis inicial de concentración de dióxido de carbono (Anexo 4)	Recolección de parámetros de cada muestra inicial
2. Elaboración de las membranas de nanocelulosa	Laboratorio	Ficha de investigación	Ficha N° 2: Caracterización de las membranas de nanocelulosa y nanopartículas de hierro (Anexo 5)	Características fisicoquímicas de las membranas de nanocelulosa y nanopartículas de hierro
3. Análisis final de dióxido de carbono	Laboratorio	Observación	Ficha N° 3: Análisis final de dióxido de carbono (Anexo 6)	Resultados de las concentraciones finales de CO ₂
4. Comparación de los resultados	Laboratorio	Análisis documentarios	Ficha N° 4: Comparación de resultados iniciales y finales de dióxido de carbono. (Anexo 7)	Resultados del porcentaje de eficiencia de las concentraciones iniciales y finales

Fuente: Elaboración propia

Para la validez de los instrumentos de recolección de datos, se basó de una planificación cuidadosa y ejecución del estudio para avalar la precisión y representatividad de los datos, de tal modo que, se envió a los expertos cada ficha elaborada para evaluar su porcentaje de validez, dichas fichas se encuentran en los anexos y en la siguiente tabla donde se resume el nombre de los expertos y el porcentaje de validez:

Tabla 5: Validez de los instrumentos

Nombre de expertos para la validación	Porcentaje (%) de validez
Dr. Elmer Benites Alfaro	90%
Dr. Ordoñez Gálvez Juan Julio	90%
Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar	85%

3.5. Procedimiento

Para poder aplicar las membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro y reducir las emisiones de CO₂ que proviene del parque automotor, se realizó la recolección de muestras en la zona de estudio, que fue en el distrito de Los Olivos. La mayor concentración fue en el Mercado Productores “MerproLima” – Los Olivos, donde se evidenció el mayor flujo vehicular. Lo cual presentamos en un Diagrama de flujo en el Anexo 3. Todo el procedimiento comprende de 4 etapas que se muestra en la siguiente figura:

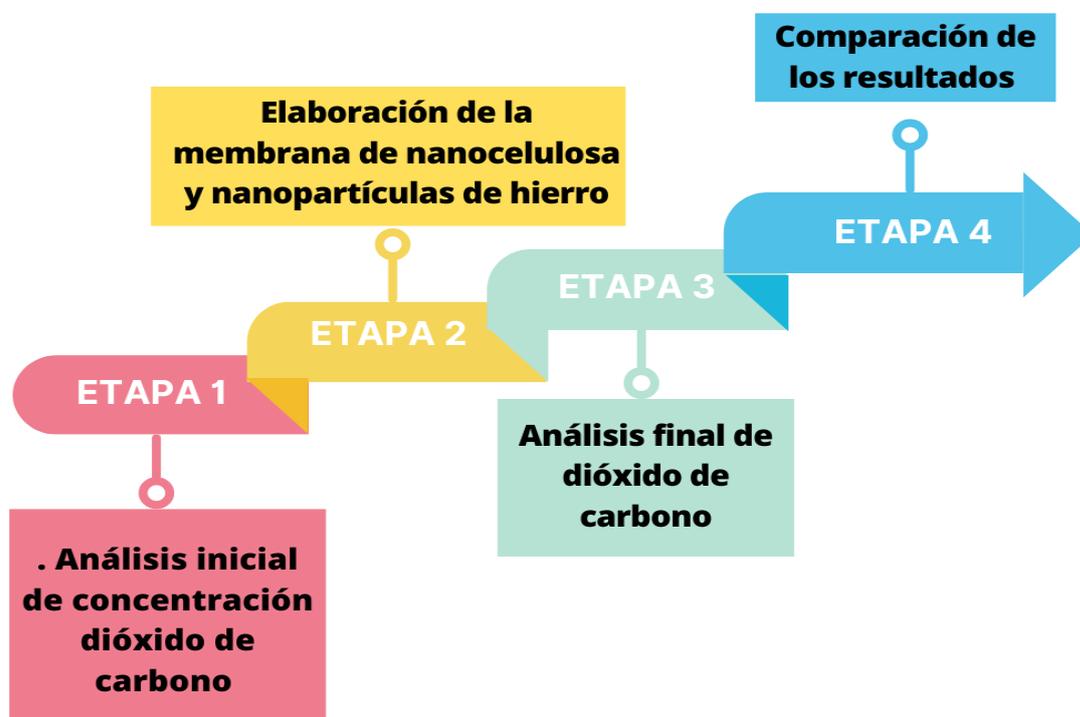


Figura 2: Procedimiento de la investigación

Etapa 1: Análisis inicial de dióxido de carbono: Evaluación de las características de la muestra recogida del dióxido de carbono en la zona de estudio.

Las muestras fueron recolectadas en el distrito de Los Olivos, teniendo como punto principal el Mercado Productores “MerproLima”, donde se evidencia gran concentración del flujo vehicular, las muestras que se obtuvieron fueron en el horario de la mañana a horas de 10 a.m. – 11:30 a.m. horario de mayor tráfico vehicular debido a la hora punta.

Por ello en las figuras 3 y 4 se detalla la zona de estudio y la zona de muestreo.



Figura 3: Punto de recolección de muestras en la zona de estudio

Fuente: Google Earth



Figura 4: Vista panorámica de la zona de estudio

Fuente: Google Earth

La recolección de muestras tuvo como punto las coordenadas que se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6: Ubicación de punto de muestreo en zona de estudio

Ubicación: Mercado Productores “MerproLima” – Los Olivos				
Punto	Coordenadas UTM		Latitud	Longitud
	Este	Norte		
1	273410.61 m E	8674658.09 m S	-11.981418°	-77.080925°

Para el recojo de muestra iniciales de CO₂, se colocó una manguera en el tubo de escape de un vehículo motorizado, lo cual fue conectado a un prototipo fabricado por los autores (ver figura 5), la muestra recolectada fue analizada en el equipo Analizador de Gases Gasboard 5020 (ver Figura 6) el cual, nos ayudó a identificar y medir concentraciones de distintos gases que se encontró durante el proceso de combustión, arrojando información del gas que será estudiado, que es el CO₂, se observó las muestras iniciales del CO₂, registrando 3 muestras, cada una de ellas consta de 3 repeticiones, por lo que se recolecto 9 muestras, el porcentaje de las muestras oscilan al 10% de concentración de CO₂. Para siguiente hacer el tratamiento con las membranas de nanocelulosa de algodón con nanopartículas de hierro. para la recolección de datos se hará uso de la Ficha N° 1.



Figura 5: Prototipo para la recolección de muestras



Figura 6: Analizador de gases Gasboard – 5020

Etapa 2: Elaboración de las membranas de nanocelulosa: Para la elaboración de las membranas de nanocelulosa, fue fabricado utilizando fibras de algodón nativo, debido a sus propiedades altamente adecuadas para esta investigación, se destaca su contenido significativamente elevado de celulosa, la completa ausencia de sílice y un porcentaje mínimo de cenizas que varía entre 0.8% y 2%, estas características la hacen sobresalir en comparación con otras fibras y resultan fundamentales para la elaboración de dicha membrana.

Proceso de obtención de nanocelulosa de algodón: Para la obtención de la celulosa de algodón, se llevó a una solución alcalina de hidróxido de sodio

(NaOH) al 5% durante un promedio de 1 hora, a temperatura ambiente, agitándola constantemente donde se obtendrá una muestra homogénea. De este modo procedió al lavado y filtrado con agua desionizada, este proceso se realizó varias veces, controlando el pH en cada proceso para mantenerlo neutral, remover la lignina y hemicelulosas. El filtrado se secó a una temperatura recomendable que fue en el rango de 60°C y 80°C durante un periodo de 24 a 48 horas.

Después se procedió al tratamiento de blanqueador, que consiste en llevar el algodón tratado con álcali, añadiendo ácido sulfúrico (H₂SO₄) con hidróxido de sodio (NaOH) durante un periodo de 1 a 2 horas, agregando agua destilada

Para la producción de nanocelulosa se utilizó el método de Hidrólisis ácida, agregando ácido sulfúrico (H₂SO₄) al algodón, juntamente con agua desionizada, calentándolo a una temperatura de 40°C, con agitación constante, durante 60 minutos, para detener la reacción se agregó agua destilada durante 60 a 120 minutos, seguidamente de una centrifugación de 5000 rpm, por un periodo de 20 a 30 min (los valores varían dependiendo a la cantidad de la muestra), luego se secará a una temperatura de 80°C, con lo cual se obtuvo un polvo de nanocelulosa.

Proceso de síntesis de nanopartículas de hierro: Para la obtención de las nanopartículas de hierro, se obtuvo del laboratorio Geso+ Research Labs.

Etapas 3: Análisis final de dióxido de carbono: Para las pruebas realizadas del análisis final del tratamiento de membranas de nanocelulosa de algodón con nanopartículas de hierro para la adsorción del CO₂, se tomaron 3 muestras, cada una con 3 repeticiones, con ayuda del prototipo fabricado, se colocó membranas de nanocelulosa de algodón en forma circular, en una jeringa de 50ml con distintas concentraciones de nanopartículas de hierro para cada repetición, éstas concentraciones fueron: Muestra 1 (M1) = Concentración de nanopartículas 0.025 ml, Muestra 2 (M2) = Concentración de nanopartículas 0.5 ml, Muestra 3 (M3) = Concentración de nanopartículas 1 ml, el tratamiento tuvo como base una concentración del 10% de CO₂ para las 3 muestras, el tiempo de tratamiento se realizó hasta que la concentración inicial del CO₂ llegue a cero para su análisis final, donde se consideró la eficiencia de adsorción, mientras baja la

concentración en los siguientes rangos de tiempo para cada repetición: 8 segundos, 4 segundos y 2 segundos, de este modo se obtuvo un total de 9 muestras analizadas de Post prueba.

Etapa 4: Comparación de resultados: Los resultados obtenidos fueron comparados de la siguiente manera: Concentración inicial del CO₂ y concentración final del CO₂ aplicando las membranas de nanocelulosa de algodón con nanopartículas de hierro, de esta manera, evaluar la eficiencia y porcentaje de adsorción. (Ver Anexo 6).

3.6. Método de análisis de datos

Se utilizó la estadística descriptiva donde se determinó la eficacia de las membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro, si reduce las concentraciones de dióxido de carbono, las características de las membranas y nanopartículas, el tiempo de la aplicación. Para la elaboración de tablas y figuras, como herramienta se utilizará el programa Excel y StatGraphics 19.

3.7. Aspectos éticos:

De acuerdo con el código de ética en investigación de la Universidad César Vallejo, el presente trabajo que lleva por título Membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro para reducir CO₂ proveniente del parque automotor en el distrito de Los Olivos, desempeña las buenas prácticas y asegura los principios éticos con la responsabilidad y honestidad en la investigación, en el manejo de información y elaboración de la investigación. Nos basamos en el Código de ética de la Universidad César Vallejo, resolución de consejo universitario número 0262/2020, cumpliendo los principios y basándonos en la guía de productos observables, sometiéndonos al software anti plagio Turnitin alcanzando el porcentaje permitido del 20% como máximo, que se realizó sin exclusiones ni filtros.

IV. RESULTADOS

ETAPA 1: Análisis inicial de concentración de dióxido de carbono

Se recolecto la muestra en un dispositivo fabricado de volumen 2073.68 cm³ que contiene 3 orificios de entrada, salida y para monitorear las concentraciones de gases que se tiene que evaluar con el analizador de gases Gasboard – 5020. (Ver Figura 7)



Figura 7: Características del prototipo

La recolección de muestra se hizo en el Mercado Productores “MerproLima” – Los Olivos, Calle Aquia Mz P Lt 1A, Los Olivos, se utilizó un vehículo motorizado, se conectó la manguera de conexión al tubo de escape (Ver figura 8) donde se recolecto muestras, los datos se muestran en la Tabla 7:

Tabla 7: Concentración inicial de CO₂

Muestra	Repeticiones	Volumen de la muestra (%M/100*volumen del recipiente)	Concentración de muestra CO ₂
M1	M1 – R1	214.6 m ³	10.36%
	M1 – R2	219.8 m ³	10.61%
	M1 – R3	209.8 m ³	10.12%
M2	M2 – R1	211.7 m ³	10.20%
	M2 – R2	218.4 m ³	10.53%
	M2 – R3	222.8 m ³	10.75%
M3	M3 – R1	216.4 m ³	10.44%
	M3 – R2	214. 2 m ³	10.34%
	M3 – R3	211.9 m ³	10.22%

Fuente: Elaboración propia



Figura 8: Recolección de muestras con vehículo motorizado.

Interpretación Tabla 7: Se recolecto 3 muestras, cada una con su repetición, obteniendo 9 muestras totales, se calculó el volumen de cada muestra obtenida mediante una ecuación:

$$\text{Volumen de la muestra} = \frac{(\text{porcentaje de la muestra})}{100} * \text{Volumen total del recipiente}$$

Se almacenó la concentración de CO₂ de cada muestra, bloqueando la salida del gas para después realizar el tratamiento con las membraba de nanocelulosa de algodón con nanopartículas de hierro, que se activa mediante las llaves de paso que va conectado al prototipo (Ver Figura 9), donde en una jeringa se encontrará en forma circular membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro (Ver Figura 10) para poder ser el filtro y captador de CO₂.



Figura 9: Bloqueo de tratamiento de membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro.



Figura 10: Jeringa con la membrana de nanocelulosa de algodón con nanopartículas de hierro

ETAPA 2: Elaboración de las membranas de nanocelulosa de algodón con nanopartículas de hierro.

Para la elaboración de la membrana de nanocelulosa, se obtuvo algodón nativo, para su preparación (Ver Figura 11).



Figura 11: Algodón Nativo

Se realizó el tratamiento al algodón de 18 gramos con una solución de 1800 ml que contiene NaOH al 8%, urea 12% y agua destilada 80% teniendo una relación en peso de 8:12:80, dicha solución se realizó en 3 partes que consta en 6 gramos de algodón nativo y 600 ml de solución, esta solución se enfrió a una temperatura de -13°C , se agitó constantemente durante 10 minutos aproximadamente (Ver Figura 12) donde se obtuvo un gel transparente de

característica pegajosa, estas se lavaron con agua destilada para quitar el exceso de urea, NaOH, el resultado se almacenó para poder realizar el siguiente procedimiento.



Figura 12: Formación de gel de nanocelulosa de algodón

El segundo tratamiento se realizó para obtener el polvo de nanocelulosa la preparación se realizó con 22 gramos de algodón, realizando la separación de la lignina con 50 gramos de NaOH y 500 ml de agua destilada, dicha solución se llevó a una temperatura de 100° C introduciendo los 22 gramos de algodón por una hora (Ver Figura 13).



Figura 13: Tratamiento de deslignificación

De este modo, pasando la hora, se realiza el lavado para retirar el NaOH restantes del tratamiento dejándolo secar a temperatura ambiente.

Mediante la Hidrolisis ácida, se preparó H_2SO_4 al 8% en solución de 500 ml, 60 ml de en concentración de H_2SO_4 y 440 ml de agua destilada, seguidamente la solución se calentó a una temperatura de 60° durante una hora, para poder sumergir el algodón anteriormente tratado. Seguidamente se filtró con agua destilada para retirar el exceso del H_2SO_4 en un matraz de Kitasato con ayuda de un motor que succiona y acelera el proceso de filtración (Ver Figura 14). Se obtuvo polvo de algodón (Ver Figura 15) donde se mezclaron con el primer tratamiento con NaOH, urea y agua destilada y así se generó 24 moldes circulares de membranas de nanocelulosa de algodón, agregando nanopartículas de hierro que se obtuvo del laboratorio Geso+ Research Labs, separando en 3 grupos M1, M2 y M3, adicionando nanopartículas de hierro en concentraciones distintas para cada grupo que se mostrará en la Tabla 8, se comprimió y se dejó secar a temperatura ambiente durante 24 horas (Ver Figura 16).

Tabla 8: Solución de nanopartículas de hierro en membranas de nanocelulosa de algodón

Muestra	Repeticiones	Solución de nanopartículas de hierro
M1	M1 – R1	0.025 ml
	M1 – R2	
	M1 – R3	
M2	M2 – R1	0.5 ml
	M2 – R2	
	M2 – R3	
M3	M3 – R1	1 ml
	M3 – R2	
	M3 – R3	

Fuente: Elaboración propia



Figura 14: Filtrado de celulosa y lavado



Figura 15: Polvo de nanocelulosa de algodón



Figura 16: Moldes comprimidos de membranas de nanocelulosa de algodón con nanopartículas de hierro.

Posteriormente después del secado se realizó el llenado de la Ficha N°2: Caracterización de las membranas de nanocelulosa de algodón con nanopartículas de hierro que se mostrará en la Tabla 9 y Tabla 10 características de nanopartículas de hierro:

Tabla 9: Caracterización de las membranas de nanocelulosa de algodón con nanopartículas de hierro

Características fisicoquímicas de las membranas de nanocelulosa (MNC)								
Código	Volumen (mm ³)	Diámetro (mm)	Densidad (g/ mm ³)	Porosidad (%)	Superficie específica (mm ² /g)	Tensión (MPa)	Capacidad de adsorción (mmol/g)	Porcentaje de elongación (%)
M1-R1-NP-0.025	5.6296	3.2	0.1599	210.00	8.9358	2.039	23.8704	22.680
M1-R2-NP-0.025	4.8253	3.2	0.1824	165.91	9.1389	1.952	25.0020	14.770
M1-R3-NP-0.025	3.7737	3.1	0.2093	120.25	9.5537	1.245	26.5641	13.810
M2-R1-NP-0.500	7.6975	3.3	0.1884	123.45	5.8984	3.870	14.5873	29.060
M2-R2-NP-0.500	7.2380	3.2	0.1644	142.86	6.7582	2.014	18.3495	20.570
M2-R3-NP-0.500	5.6296	3.2	0.1847	133.65	7.7329	0.510	21.4347	7.710
M3-R1-NP-1.00	8.5527	3.3	0.1391	177.31	7.1872	3.017	18.1926	10.820
M3-R2-NP-1.00	6.8422	3.3	0.1681	141.74	7.7372	2.222	18.6451	14.700
M3-R3-NP-1.00	6.8422	3.3	0.1681	106.09	7.4372	2.222	18.4287	13.500

Fuente: Laboratorio Geso+ Research Labs

Tabla 10: Caracterización de nanopartículas de hierro:

	Unidades	Valor
Tamaño promedio de nanopartículas de hierro	nm	80 nm

Fuente: Laboratorio Geso+ Research Labs

Tamaño de la nanocelulosa de algodón:

Al dejar secar en una placa Petri, el resultado de los tratamientos y obtención del polvo de nanocelulosa, se pudo hacer la caracterización del tamaño, utilizando un microscopio, con su software llamado DigitalCam, lo cual que permitió poder capturar imágenes (Ver Figura 17), para así sacar el promedio del tamaño mínimo obtenido de las nanocelulosa de algodón.

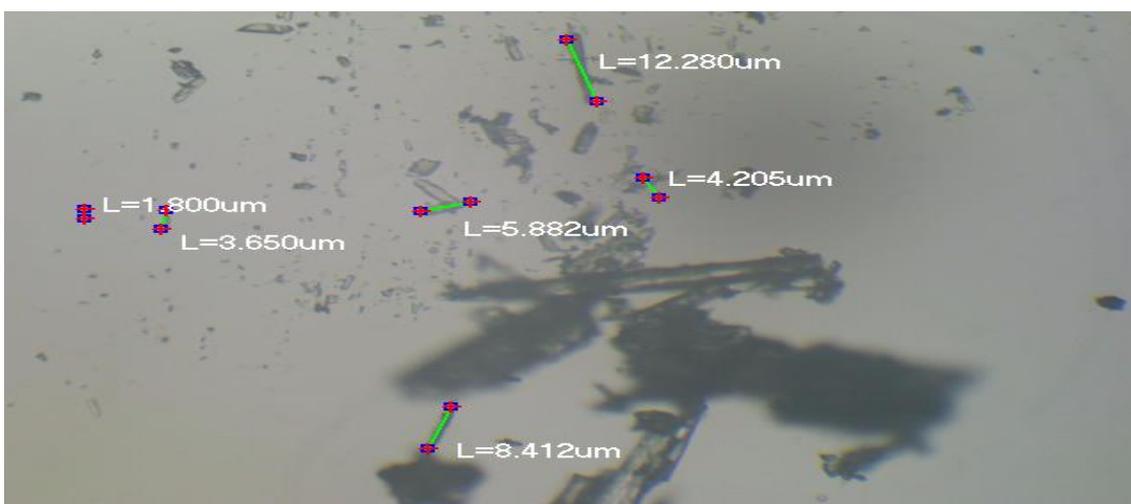


Figura 17: Tamaño mínimo de nanocelulosa de algodón

Tabla 11: Promedio del tamaño mínimo de nanocelulosa de algodón

N°	Tamaño de nanocelulosa de algodón
1	12.280 µm
2	8.412 µm
3	5.882 µm
4	4.205 µm
5	3.650 µm
6	1.800 µm
Promedio	6.0381 µm

ETAPA 3: Análisis final de Dióxido de carbono.

Se utilizó 9 membranas de nanocelulosa de algodón con nanopartículas de hierro introducidas en una jeringa de 50 ml que estuvo conectada al prototipo, realizada la recolección de muestra inicial de CO₂, se procedió a abrir las llaves para dar pase al CO₂ que pasó por una manguera conectado a la jeringa que contiene la membrana y en tiempo real poder visualizar el tratamiento de adsorción del CO₂.

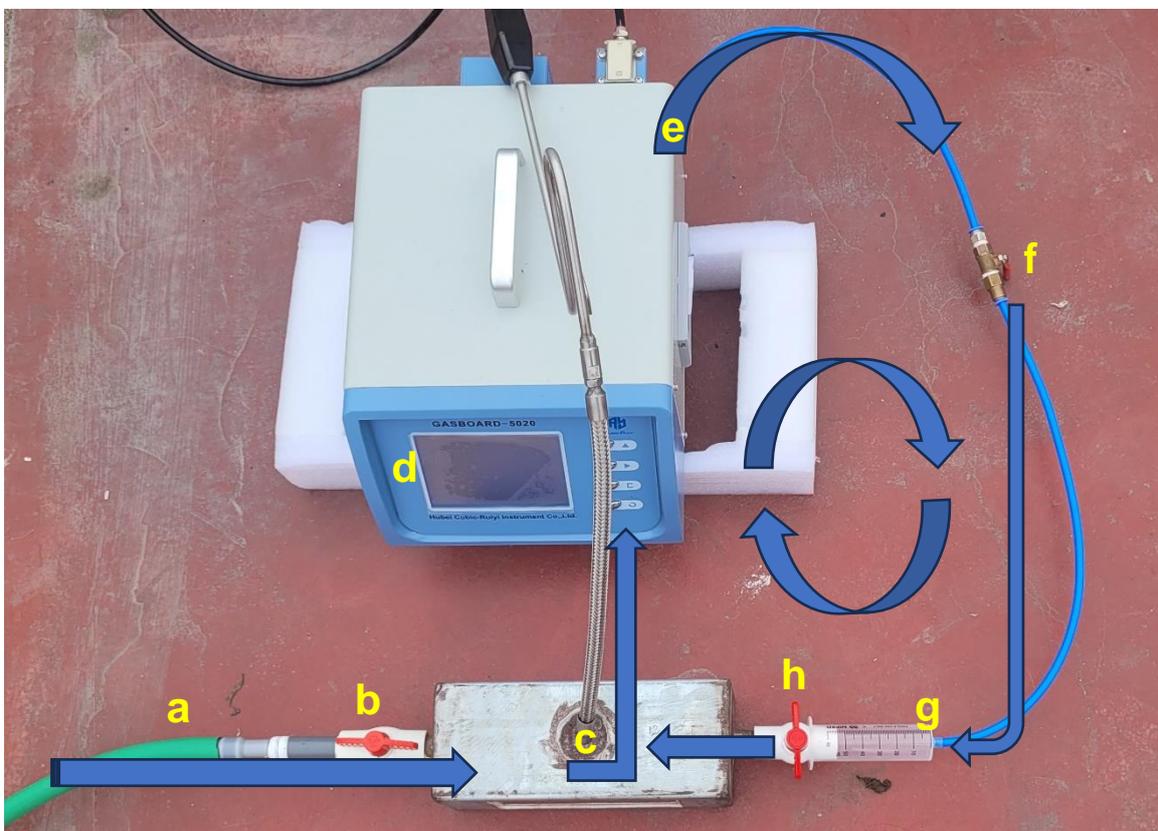


Figura 18: Sistema de tratamiento de membranas de nanocelulosa de algodón con nanopartículas de hierro.

Interpretación de Figura 18: Se visualiza el sistema de tratamiento de membranas de nanocelulosa de algodón con nanopartículas de hierro, antes de iniciar, nos aseguramos de que todas las llaves estén cerradas, (a) manguera que va conectada al tubo de escape de un vehículo motorizado, (b) llave de paso para abrir o cerrar la entrada de gas proveniente del tubo de escape, (c) orificio donde ingresa el analizador de gases, (d) pantalla de datos, lectura en tiempo real del gas analizado, (e) salida del gas analizado, (f) llave de paso para cerrar o abrir el conducto de salida del gas analizado, (g) conexión manguera y jeringa que contiene membrana de nanocelulosa de algodón con nanopartículas de hierro, (h) llave de paso para abrir o cerrar el paso del gas analizado.

Tabla 12: Descripción del tratamiento de adsorción de CO₂

Muestra	Repeticiones	Tiempo de ingreso de la aplicación		Tiempo total de la aplicación con membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro para reducir CO ₂
		Concentración inicial	Concentración final	
M1	R1	10.36%	0.00%	00:07:04
	R2	10.61%	0.00%	00:06:36
	R3	10.12%	0.00%	00:07:08
M2	R1	10.20%	0.00%	00:05:12
	R2	10.53%	0.00%	00:05:36
	R3	10.75%	0.00%	00:05:18
M3	R1	10.44%	0.00%	00:03:36
	R2	10.34%	0.00%	00:03:52
	R3	10.22%	0.00%	00:03:28

Fuente: Elaboración Propia

ETAPA 4: Comparación de resultados

Se comparó los resultados conseguidos de las concentraciones iniciales y finales de CO₂, para observar el porcentaje de eficiencia de adsorción de las membranas de nanocelulosa de algodón con nanopartículas de hierro. Los resultados obtenidos se basan en el tiempo de acción en segundos en los rangos de 8, 4 y 2 segundos respectivamente para cada muestra y sus repeticiones mientras va reduciendo las concentraciones de CO₂ hasta llegar a cero.

Tabla 13: Tratamiento de adsorción de CO₂ con la muestra: M1–R1–NP-0.025 en el rango de 8 segundos

TRATAMIENTO CON NANOPARTICULAS DE HIERRO			SOLUCIÓN: 0.025 ml
DATOS EN EL RANGO DE 8 SEGUNDOS			
N°	HORA	MUESTRA 1	% REDUCCIÓN DE CO ₂
1	00:00:00	R1	10.36
2	00:00:08	R1	10.07
3	00:00:16	R1	8.20
4	00:00:24	R1	8.15
5	00:00:32	R1	7.91
6	00:00:40	R1	6.98
7	00:00:48	R1	6.77
8	00:00:56	R1	6.63
9	00:01:04	R1	6.34
10	00:01:12	R1	6.03
11	00:01:20	R1	6.02
12	00:01:28	R1	5.97

13	00:01:36	R1	5.73
14	00:01:44	R1	5.59
15	00:01:52	R1	5.51
16	00:02:00	R1	5.44
17	00:02:08	R1	5.33
18	00:02:16	R1	5.16
19	00:02:24	R1	4.94
20	00:02:32	R1	4.92
21	00:02:40	R1	4.57
22	00:02:48	R1	4.34
23	00:02:56	R1	4.33
24	00:03:04	R1	4.26
25	00:03:12	R1	4.02
26	00:03:20	R1	3.99
27	00:03:28	R1	3.94
28	00:03:36	R1	3.82
29	00:03:44	R1	3.70
30	00:03:52	R1	3.42
31	00:04:00	R1	3.36
32	00:04:08	R1	3.25
33	00:04:16	R1	3.15
34	00:04:24	R1	2.82
35	00:04:32	R1	2.75
36	00:04:40	R1	2.62
37	00:04:48	R1	2.03
38	00:04:56	R1	2.02
39	00:05:04	R1	2.00
40	00:05:12	R1	1.99
41	00:05:20	R1	1.93
42	00:05:28	R1	1.51
43	00:05:36	R1	0.90
44	00:05:44	R1	0.86
45	00:05:52	R1	0.85
46	00:06:00	R1	0.66
47	00:06:08	R1	0.52
48	00:06:16	R1	0.49
49	00:06:24	R1	0.46
50	00:06:32	R1	0.37
51	00:06:40	R1	0.19
52	00:06:48	R1	0.17
53	00:06:56	R1	0.14
54	00:07:04	R1	0.00

Fuente: Elaboración propia

a) M1 – R1: Porcentaje de Reducción de CO₂ cada 8 segundos del tiempo que se realizó el tratamiento

Ecuación N° 1:

$$\%Reducción = \frac{(Ci - Cf)}{Ci} * 100\%$$

Dónde:

Ci = Concentración inicial

Cf = Concentración final

Se tomó los datos de tratamiento, se obtuvo lo siguiente, se calculó mediante la ecuación N° 2:

$$\%Reducción = \frac{(10.36 - 0.00)}{10.36} * 100\%$$

$$\%Reducción = 100\%$$

Tabla 14: Tratamiento de adsorción de CO₂ con la muestra: M1–R2–NP-0.025 en el rango de 4 segundos

TRATAMIENTO CON NANOPARTICULAS DE HIERRO			SOLUCIÓN: 0.025 ml
DATOS EN EL RANGO DE 4 SEGUNDOS			
N°	HORA	MUESTRA 2	% REDUCCIÓN DE CO2
1	00:00:00	R2	10.61
2	00:00:04	R2	10.58
3	00:00:08	R2	8.89
4	00:00:12	R2	8.72
5	00:00:16	R2	8.69
6	00:00:20	R2	8.42
7	00:00:24	R2	8.33
8	00:00:28	R2	8.30
9	00:00:32	R2	8.22
10	00:00:36	R2	8.13
11	00:00:40	R2	8.11
12	00:00:44	R2	7.94
13	00:00:48	R2	7.93
14	00:00:52	R2	7.92
15	00:00:56	R2	7.80
16	00:01:00	R2	7.59
17	00:01:04	R2	7.56

18	00:01:08	R2	7.54
19	00:01:12	R2	7.46
20	00:01:16	R2	7.37
21	00:01:20	R2	7.29
22	00:01:24	R2	7.24
23	00:01:28	R2	7.19
24	00:01:32	R2	7.12
25	00:01:36	R2	7.11
26	00:01:40	R2	7.09
27	00:01:44	R2	7.05
28	00:01:48	R2	6.85
29	00:01:52	R2	6.83
30	00:01:56	R2	6.67
31	00:02:00	R2	6.42
32	00:02:04	R2	6.20
33	00:02:08	R2	6.13
34	00:02:12	R2	5.84
35	00:02:16	R2	5.83
36	00:02:20	R2	5.80
37	00:02:24	R2	5.79
38	00:02:28	R2	5.70
39	00:02:32	R2	5.61
40	00:02:36	R2	5.56
41	00:02:40	R2	5.51
42	00:02:44	R2	5.44
43	00:02:48	R2	5.36
44	00:02:52	R2	5.23
45	00:02:56	R2	5.10
46	00:03:00	R2	5.08
47	00:03:04	R2	5.05
48	00:03:08	R2	4.99
49	00:03:12	R2	4.96
50	00:03:16	R2	4.93
51	00:03:20	R2	4.53
52	00:03:24	R2	4.50
53	00:03:28	R2	4.12
54	00:03:32	R2	4.05
55	00:03:36	R2	3.96
56	00:03:40	R2	3.88
57	00:03:44	R2	3.84
58	00:03:48	R2	3.82
59	00:03:52	R2	3.70
60	00:03:56	R2	3.62
61	00:04:00	R2	3.50
62	00:04:04	R2	3.44
63	00:04:08	R2	3.32
64	00:04:12	R2	3.29

65	00:04:16	R2	3.23
66	00:04:20	R2	3.16
67	00:04:24	R2	3.08
68	00:04:28	R2	3.02
69	00:04:32	R2	2.99
70	00:04:36	R2	2.97
71	00:04:40	R2	2.95
72	00:04:44	R2	2.89
73	00:04:48	R2	2.87
74	00:04:52	R2	2.83
75	00:04:56	R2	2.82
76	00:05:00	R2	2.78
77	00:05:04	R2	2.67
78	00:05:08	R2	2.60
79	00:05:12	R2	2.55
80	00:05:16	R2	2.35
81	00:05:20	R2	2.33
82	00:05:24	R2	2.21
83	00:05:28	R2	2.14
84	00:05:32	R2	1.97
85	00:05:36	R2	1.86
86	00:05:40	R2	1.71
87	00:05:44	R2	1.64
88	00:05:48	R2	1.56
89	00:05:52	R2	1.47
90	00:05:56	R2	1.45
91	00:06:00	R2	1.39
92	00:06:04	R2	1.05
93	00:06:08	R2	0.92
94	00:06:12	R2	0.56
95	00:06:16	R2	0.54
96	00:06:20	R2	0.33
97	00:06:24	R2	0.32
98	00:06:28	R2	0.23
99	00:06:32	R2	0.10
100	00:06:36	R2	0.00

Fuente: Elaboración propia

b) M1 – R2: Reducción de CO₂ cada 4 segundos del tiempo que se realizó el tratamiento, se calculó mediante la ecuación N° 3:

$$\%Reducción = \frac{(10.61 - 0.00)}{10.61} * 100\%$$

$$\%Reducción = 100\%$$

Tabla 15: Tratamiento de adsorción de CO₂ con la muestra: M1–R3–NP-0.025 en el rango de 2 segundos

TRATAMIENTO CON NANOPARTICULAS DE HIERRO			SOLUCIÓN: 0.025 ml
DATOS EN EL RANGO DE 2 SEGUNDOS			
N°	HORA	MUESTRA 3	% REDUCCIÓN DE CO2
1	00:00:00	R3	10.12
2	00:00:02	R3	8.04
3	00:00:04	R3	8.03
4	00:00:06	R3	8.02
5	00:00:08	R3	8.01
6	00:00:10	R3	7.98
7	00:00:12	R3	7.94
8	00:00:14	R3	7.93
9	00:00:16	R3	7.89
10	00:00:18	R3	7.84
11	00:00:20	R3	7.77
12	00:00:22	R3	7.75
13	00:00:24	R3	7.69
14	00:00:26	R3	7.67
15	00:00:28	R3	7.62
16	00:00:30	R3	7.59
17	00:00:32	R3	7.54
18	00:00:34	R3	7.52
19	00:00:36	R3	7.50
20	00:00:38	R3	7.48
21	00:00:40	R3	7.47
22	00:00:42	R3	7.44
23	00:00:44	R3	7.42
24	00:00:46	R3	7.34
25	00:00:48	R3	7.32
26	00:00:50	R3	7.31
27	00:00:52	R3	7.27
28	00:00:54	R3	7.25
29	00:00:56	R3	7.24
30	00:00:58	R3	7.21
31	00:01:00	R3	7.15
32	00:01:02	R3	7.14
33	00:01:04	R3	7.11
34	00:01:06	R3	7.08
35	00:01:08	R3	7.05
36	00:01:10	R3	7.04
37	00:01:12	R3	7.03
38	00:01:14	R3	7.01

39	00:01:16	R3	6.98
40	00:01:18	R3	6.97
41	00:01:20	R3	6.94
42	00:01:22	R3	6.92
43	00:01:24	R3	6.89
44	00:01:26	R3	6.86
45	00:01:28	R3	6.84
46	00:01:30	R3	6.80
47	00:01:32	R3	6.70
48	00:01:34	R3	6.69
49	00:01:36	R3	6.66
50	00:01:38	R3	6.54
51	00:01:40	R3	6.52
52	00:01:42	R3	6.44
53	00:01:44	R3	6.41
54	00:01:46	R3	6.38
55	00:01:48	R3	6.37
56	00:01:50	R3	6.34
57	00:01:52	R3	6.33
58	00:01:54	R3	6.22
59	00:01:56	R3	6.19
60	00:01:58	R3	6.18
61	00:02:00	R3	6.17
62	00:02:02	R3	5.96
63	00:02:04	R3	5.95
64	00:02:06	R3	5.89
65	00:02:08	R3	5.83
66	00:02:10	R3	5.82
67	00:02:12	R3	5.79
68	00:02:14	R3	5.77
69	00:02:16	R3	5.75
70	00:02:18	R3	5.74
71	00:02:20	R3	5.71
72	00:02:22	R3	5.67
73	00:02:24	R3	5.65
74	00:02:26	R3	5.63
75	00:02:28	R3	5.55
76	00:02:30	R3	5.53
77	00:02:32	R3	5.49
78	00:02:34	R3	5.47
79	00:02:36	R3	5.42
80	00:02:38	R3	5.41
81	00:02:40	R3	5.37
82	00:02:42	R3	5.19
83	00:02:44	R3	5.17
84	00:02:46	R3	5.15

85	00:02:48	R3	5.14
86	00:02:50	R3	5.05
87	00:02:52	R3	5.04
88	00:02:54	R3	5.02
89	00:02:56	R3	5.01
90	00:02:58	R3	5.00
91	00:03:00	R3	4.97
92	00:03:02	R3	4.92
93	00:03:04	R3	4.89
94	00:03:06	R3	4.86
95	00:03:08	R3	4.76
96	00:03:10	R3	4.75
97	00:03:12	R3	4.70
98	00:03:14	R3	4.68
99	00:03:16	R3	4.67
100	00:03:18	R3	4.66
101	00:03:20	R3	4.60
102	00:03:22	R3	4.58
103	00:03:24	R3	4.56
104	00:03:26	R3	4.53
105	00:03:28	R3	4.44
106	00:03:30	R3	4.43
107	00:03:32	R3	4.39
108	00:03:34	R3	4.35
109	00:03:36	R3	4.31
110	00:03:38	R3	4.27
111	00:03:40	R3	4.24
112	00:03:42	R3	4.15
113	00:03:44	R3	4.11
114	00:03:46	R3	4.08
115	00:03:48	R3	4.06
116	00:03:50	R3	4.05
117	00:03:52	R3	4.03
118	00:03:54	R3	4.00
119	00:03:56	R3	3.99
120	00:03:58	R3	3.98
121	00:04:00	R3	3.96
122	00:04:02	R3	3.94
123	00:04:04	R3	3.93
124	00:04:06	R3	3.90
125	00:04:08	R3	3.88
126	00:04:10	R3	3.87
127	00:04:12	R3	3.86
128	00:04:14	R3	3.83
129	00:04:16	R3	3.78
130	00:04:18	R3	3.70

131	00:04:20	R3	3.67
132	00:04:22	R3	3.60
133	00:04:24	R3	3.52
134	00:04:26	R3	3.49
135	00:04:28	R3	3.48
136	00:04:30	R3	3.43
137	00:04:32	R3	3.40
138	00:04:34	R3	3.32
139	00:04:36	R3	3.27
140	00:04:38	R3	3.13
141	00:04:40	R3	3.10
142	00:04:42	R3	3.08
143	00:04:44	R3	3.04
144	00:04:46	R3	2.99
145	00:04:48	R3	2.98
146	00:04:50	R3	2.96
147	00:04:52	R3	2.95
148	00:04:54	R3	2.92
149	00:04:56	R3	2.91
150	00:04:58	R3	2.88
151	00:05:00	R3	2.87
152	00:05:02	R3	2.82
153	00:05:04	R3	2.81
154	00:05:06	R3	2.79
155	00:05:08	R3	2.74
156	00:05:10	R3	2.69
157	00:05:12	R3	2.62
158	00:05:14	R3	2.61
159	00:05:16	R3	2.55
160	00:05:18	R3	2.51
161	00:05:20	R3	2.47
162	00:05:22	R3	2.46
163	00:05:24	R3	2.44
164	00:05:26	R3	2.43
165	00:05:28	R3	2.42
166	00:05:30	R3	2.39
167	00:05:32	R3	2.20
168	00:05:34	R3	2.16
169	00:05:36	R3	2.13
170	00:05:38	R3	2.03
171	00:05:40	R3	2.01
172	00:05:42	R3	1.94
173	00:05:44	R3	1.89
174	00:05:46	R3	1.88
175	00:05:48	R3	1.86
176	00:05:50	R3	1.77

177	00:05:52	R3	1.76
178	00:05:54	R3	1.75
179	00:05:56	R3	1.72
180	00:05:58	R3	1.63
181	00:06:00	R3	1.62
182	00:06:02	R3	1.61
183	00:06:04	R3	1.60
184	00:06:06	R3	1.55
185	00:06:08	R3	1.49
186	00:06:10	R3	1.43
187	00:06:12	R3	1.41
188	00:06:14	R3	1.36
189	00:06:16	R3	1.35
190	00:06:18	R3	1.26
191	00:06:20	R3	1.25
192	00:06:22	R3	1.24
193	00:06:24	R3	1.15
194	00:06:26	R3	1.11
195	00:06:28	R3	1.08
196	00:06:30	R3	1.06
197	00:06:32	R3	1.05
198	00:06:34	R3	0.99
199	00:06:36	R3	0.95
200	00:06:38	R3	0.93
201	00:06:40	R3	0.88
202	00:06:42	R3	0.85
203	00:06:44	R3	0.80
204	00:06:46	R3	0.63
205	00:06:48	R3	0.57
206	00:06:50	R3	0.55
207	00:06:52	R3	0.54
208	00:06:54	R3	0.52
209	00:06:56	R3	0.48
210	00:06:58	R3	0.44
211	00:07:00	R3	0.35
212	00:07:02	R3	0.28
213	00:07:04	R3	0.25
214	00:07:06	R3	0.09
215	00:07:08	R3	0.00

Fuente: Elaboración propia

c) M1 – R3: Reducción de CO₂ cada 2 segundos al 50% del tiempo que se realizó el tratamiento, se calculó mediante la ecuación N° 4

$$\%Reducción = \frac{(10.12 - 0.00)}{10.12} * 100\%$$

$$\%Reducción = 100\%$$

Tabla 16: Tratamiento de adsorción de CO₂ con la muestra: M2–R1–NP-0.500 en el rango de 8 segundos

TRATAMIENTO CON NANOPARTICULAS DE HIERRO			SOLUCIÓN: 0.5 ml
DATOS EN EL RANGO DE 8 SEGUNDOS			
Nº	HORA (4s)	MUESTRA 1	% REDUCCIÓN DE CO2
1	00:00:00	R1	10.20
2	00:00:08	R1	9.64
3	00:00:16	R1	9.39
4	00:00:24	R1	9.32
5	00:00:32	R1	8.48
6	00:00:40	R1	7.84
7	00:00:48	R1	7.83
8	00:00:56	R1	7.77
9	00:01:04	R1	7.46
10	00:01:12	R1	7.40
11	00:01:20	R1	7.39
12	00:01:28	R1	7.16
13	00:01:36	R1	7.15
14	00:01:44	R1	7.03
15	00:01:52	R1	6.11
16	00:02:00	R1	6.06
17	00:02:08	R1	5.96
18	00:02:16	R1	5.63
19	00:02:24	R1	5.00
20	00:02:32	R1	4.98
21	00:02:40	R1	4.70
22	00:02:48	R1	4.50
23	00:02:56	R1	4.44
24	00:03:04	R1	4.10
25	00:03:12	R1	3.85
26	00:03:20	R1	3.78
27	00:03:28	R1	3.76
28	00:03:36	R1	3.68
29	00:03:44	R1	3.30
30	00:03:52	R1	2.37
31	00:04:00	R1	2.11
32	00:04:08	R1	2.07
33	00:04:16	R1	1.95
34	00:04:24	R1	1.85
35	00:04:32	R1	1.69
36	00:04:40	R1	1.59
37	00:04:48	R1	0.65
38	00:04:56	R1	0.43
39	00:05:04	R1	0.29
40	00:05:12	R1	0.00

Fuente: Elaboración propia

a) M2 – R1: Reducción de CO₂ cada 8 segundos del tiempo que se realizó el tratamiento, se calculó mediante la ecuación N° 5:

$$\%Reducción = \frac{(10.20 - 0.00)}{10.20} * 100\%$$

$$\%Reducción = 100\%$$

Tabla 17: Tratamiento de adsorción de CO₂ con la muestra: M2–R2–NP-0.500 en el rango de 4 segundos

TRATAMIENTO CON NANOPARTICULAS DE HIERRO			SOLUCIÓN: 0.5 ml
DATOS EN EL RANGO DE 4 SEGUNDOS			
N°	HORA	MUESTRA 2	% REDUCCIÓN DE CO2
1	00:00:00	R2	10.53
2	00:00:04	R2	8.92
3	00:00:08	R2	8.85
4	00:00:12	R2	8.82
5	00:00:16	R2	8.78
6	00:00:20	R2	8.74
7	00:00:24	R2	8.66
8	00:00:28	R2	8.60
9	00:00:32	R2	8.53
10	00:00:36	R2	8.41
11	00:00:40	R2	8.33
12	00:00:44	R2	8.28
13	00:00:48	R2	8.26
14	00:00:52	R2	8.06
15	00:00:56	R2	7.97
16	00:01:00	R2	7.86
17	00:01:04	R2	7.41
18	00:01:08	R2	7.33
19	00:01:12	R2	7.27
20	00:01:16	R2	7.22
21	00:01:20	R2	7.15
22	00:01:24	R2	7.08
23	00:01:28	R2	6.92
24	00:01:32	R2	6.91
25	00:01:36	R2	6.82
26	00:01:40	R2	6.75
27	00:01:44	R2	6.71
28	00:01:48	R2	6.56
29	00:01:52	R2	6.49

30	00:01:56	R2	6.45
31	00:02:00	R2	6.41
32	00:02:04	R2	6.39
33	00:02:08	R2	6.33
34	00:02:12	R2	5.94
35	00:02:16	R2	5.88
36	00:02:20	R2	5.66
37	00:02:24	R2	5.51
38	00:02:28	R2	5.41
39	00:02:32	R2	5.28
40	00:02:36	R2	5.09
41	00:02:40	R2	4.95
42	00:02:44	R2	4.81
43	00:02:48	R2	4.61
44	00:02:52	R2	4.50
45	00:02:56	R2	4.45
46	00:03:00	R2	4.42
47	00:03:04	R2	4.37
48	00:03:08	R2	4.04
49	00:03:12	R2	3.97
50	00:03:16	R2	3.96
51	00:03:20	R2	3.93
52	00:03:24	R2	3.53
53	00:03:28	R2	3.51
54	00:03:32	R2	3.32
55	00:03:36	R2	3.15
56	00:03:40	R2	2.96
57	00:03:44	R2	2.87
58	00:03:48	R2	2.83
59	00:03:52	R2	2.76
60	00:03:56	R2	2.75
61	00:04:00	R2	2.70
62	00:04:04	R2	2.63
63	00:04:08	R2	2.47
64	00:04:12	R2	2.22
65	00:04:16	R2	2.05
66	00:04:20	R2	2.01
67	00:04:24	R2	1.95
68	00:04:28	R2	1.87
69	00:04:32	R2	1.79
70	00:04:36	R2	1.66
71	00:04:40	R2	1.57
72	00:04:44	R2	1.50
73	00:04:48	R2	1.39
74	00:04:52	R2	1.35
75	00:04:56	R2	1.07

76	00:05:00	R2	1.05
77	00:05:04	R2	0.98
78	00:05:08	R2	0.97
79	00:05:12	R2	0.83
80	00:05:16	R2	0.79
81	00:05:20	R2	0.71
82	00:05:24	R2	0.35
83	00:05:28	R2	0.22
84	00:05:32	R2	0.11
85	00:05:36	R2	0.00

Fuente: Elaboración propia

b) M2 – R2: Reducción de CO₂ cada 4 segundos del tiempo que se realizó el tratamiento, se calculó mediante la ecuación N° 6:

$$\%Reducción = \frac{(10.53 - 0.00)}{10.53} * 100\%$$

$$\%Reducción = 100\%$$

Tabla 18: Tratamiento de adsorción de CO₂ con la muestra: M2–R3–NP-0.500 en el rango de 2 segundos

TRATAMIENTO CON NANOPARTICULAS DE HIERRO			SOLUCIÓN: 0.5 ml
DATOS EN EL RANGO DE 2 SEGUNDOS			
N°	HORA	MUESTRA 3	% REDUCCIÓN DE CO2
1	00:00:00	R3	10.75
2	00:00:02	R3	8.12
3	00:00:04	R3	7.91
4	00:00:06	R3	7.88
5	00:00:08	R3	7.82
6	00:00:10	R3	7.81
7	00:00:12	R3	7.80
8	00:00:14	R3	7.76
9	00:00:16	R3	7.68
10	00:00:18	R3	7.66
11	00:00:20	R3	7.59
12	00:00:22	R3	7.57
13	00:00:24	R3	7.51
14	00:00:26	R3	7.46
15	00:00:28	R3	7.45
16	00:00:30	R3	7.34
17	00:00:32	R3	7.22
18	00:00:34	R3	7.21
19	00:00:36	R3	7.18
20	00:00:38	R3	7.14

21	00:00:40	R3	7.13
22	00:00:42	R3	7.11
23	00:00:44	R3	7.07
24	00:00:46	R3	6.99
25	00:00:48	R3	6.94
26	00:00:50	R3	6.92
27	00:00:52	R3	6.79
28	00:00:54	R3	6.74
29	00:00:56	R3	6.67
30	00:00:58	R3	6.65
31	00:01:00	R3	6.63
32	00:01:02	R3	6.61
33	00:01:04	R3	6.51
34	00:01:06	R3	6.50
35	00:01:08	R3	6.48
36	00:01:10	R3	6.46
37	00:01:12	R3	6.45
38	00:01:14	R3	6.38
39	00:01:16	R3	6.37
40	00:01:18	R3	6.34
41	00:01:20	R3	6.19
42	00:01:22	R3	6.09
43	00:01:24	R3	6.08
44	00:01:26	R3	6.02
45	00:01:28	R3	5.95
46	00:01:30	R3	5.88
47	00:01:32	R3	5.86
48	00:01:34	R3	5.80
49	00:01:36	R3	5.74
50	00:01:38	R3	5.68
51	00:01:40	R3	5.49
52	00:01:42	R3	5.48
53	00:01:44	R3	5.44
54	00:01:46	R3	5.37
55	00:01:48	R3	5.36
56	00:01:50	R3	5.31
57	00:01:52	R3	5.28
58	00:01:54	R3	5.26
59	00:01:56	R3	5.25
60	00:01:58	R3	5.23
61	00:02:00	R3	5.09
62	00:02:02	R3	5.07
63	00:02:04	R3	5.06
64	00:02:06	R3	5.03
65	00:02:08	R3	4.98
66	00:02:10	R3	4.96
67	00:02:12	R3	4.94

68	00:02:14	R3	4.90
69	00:02:16	R3	4.79
70	00:02:18	R3	4.77
71	00:02:20	R3	4.76
72	00:02:22	R3	4.75
73	00:02:24	R3	4.69
74	00:02:26	R3	4.67
75	00:02:28	R3	4.62
76	00:02:30	R3	4.56
77	00:02:32	R3	4.55
78	00:02:34	R3	4.53
79	00:02:36	R3	4.47
80	00:02:38	R3	4.40
81	00:02:40	R3	4.35
82	00:02:42	R3	4.26
83	00:02:44	R3	4.25
84	00:02:46	R3	4.22
85	00:02:48	R3	4.21
86	00:02:50	R3	4.19
87	00:02:52	R3	4.05
88	00:02:54	R3	4.00
89	00:02:56	R3	3.99
90	00:02:58	R3	3.89
91	00:03:00	R3	3.80
92	00:03:02	R3	3.79
93	00:03:04	R3	3.62
94	00:03:06	R3	3.58
95	00:03:08	R3	3.46
96	00:03:10	R3	3.38
97	00:03:12	R3	3.37
98	00:03:14	R3	3.35
99	00:03:16	R3	3.24
100	00:03:18	R3	3.23
101	00:03:20	R3	3.13
102	00:03:22	R3	3.08
103	00:03:24	R3	3.00
104	00:03:26	R3	2.95
105	00:03:28	R3	2.88
106	00:03:30	R3	2.87
107	00:03:32	R3	2.84
108	00:03:34	R3	2.81
109	00:03:36	R3	2.75
110	00:03:38	R3	2.73
111	00:03:40	R3	2.63
112	00:03:42	R3	2.61
113	00:03:44	R3	2.45
114	00:03:46	R3	2.43

115	00:03:48	R3	2.30
116	00:03:50	R3	2.28
117	00:03:52	R3	2.26
118	00:03:54	R3	2.25
119	00:03:56	R3	2.22
120	00:03:58	R3	2.11
121	00:04:00	R3	2.02
122	00:04:02	R3	2.01
123	00:04:04	R3	1.97
124	00:04:06	R3	1.95
125	00:04:08	R3	1.87
126	00:04:10	R3	1.86
127	00:04:12	R3	1.83
128	00:04:14	R3	1.77
129	00:04:16	R3	1.72
130	00:04:18	R3	1.70
131	00:04:20	R3	1.54
132	00:04:22	R3	1.51
133	00:04:24	R3	1.44
134	00:04:26	R3	1.43
135	00:04:28	R3	1.37
136	00:04:30	R3	1.34
137	00:04:32	R3	1.31
138	00:04:34	R3	1.30
139	00:04:36	R3	1.18
140	00:04:38	R3	1.15
141	00:04:40	R3	1.06
142	00:04:42	R3	1.02
143	00:04:44	R3	0.96
144	00:04:46	R3	0.93
145	00:04:48	R3	0.90
146	00:04:50	R3	0.88
147	00:04:52	R3	0.84
148	00:04:54	R3	0.78
149	00:04:56	R3	0.63
150	00:04:58	R3	0.60
151	00:05:00	R3	0.58
152	00:05:02	R3	0.56
153	00:05:04	R3	0.50
154	00:05:06	R3	0.48
155	00:05:08	R3	0.44
156	00:05:10	R3	0.42
157	00:05:12	R3	0.31
158	00:05:14	R3	0.23
159	00:05:16	R3	0.22
160	00:05:18	R3	0.00

Fuente: Elaboración propia

c) M2 – R3: Reducción de CO₂ cada 2 segundos del tiempo que se realizó el tratamiento, se calculó mediante la ecuación N° 7:

$$\%Reducción = \frac{(10.75 - 0.00)}{10.75} * 100\%$$

$$\%Reducción = 100\%$$

Tabla 19: Tratamiento de adsorción de CO₂ con la muestra: M3–R1–NP-1.00 en el rango de 8 segundos

TRATAMIENTO CON NANOPARTICULAS DE HIERRO			SOLUCIÓN: 1 ml
DATOS EN EL RANGO DE 8 SEGUNDOS			
N°	HORA	MUESTRA 1	% REDUCCIÓN DE CO2
1	00:00:00	R1	10.44
2	00:00:08	R1	7.99
3	00:00:16	R1	7.96
4	00:00:24	R1	7.63
5	00:00:32	R1	7.28
6	00:00:40	R1	7.10
7	00:00:48	R1	7.02
8	00:00:56	R1	6.76
9	00:01:04	R1	5.89
10	00:01:12	R1	5.17
11	00:01:20	R1	5.07
12	00:01:28	R1	5.01
13	00:01:36	R1	4.49
14	00:01:44	R1	3.54
15	00:01:52	R1	3.40
16	00:02:00	R1	2.84
17	00:02:08	R1	2.82
18	00:02:16	R1	2.44
19	00:02:24	R1	2.39
20	00:02:32	R1	2.07
21	00:02:40	R1	1.99
22	00:02:48	R1	1.96
23	00:02:56	R1	1.34
24	00:03:04	R1	1.31
25	00:03:12	R1	0.66
26	00:03:20	R1	0.45
27	00:03:28	R1	0.19
28	00:03:36	R1	0.00

Fuente: Elaboración propia

a) M3 – R1: Reducción de CO₂ cada 8 segundos del tiempo que se realizó el tratamiento, se calculó mediante la ecuación N° 8:

$$\%Reducción = \frac{(10.44 - 0.00)}{10.44} * 100\%$$

$$\%Reducción = 100\%$$

Tabla 20: Tratamiento de adsorción de CO₂ con la muestra: M3–R2–NP-1.00 en el rango de 4 segundos

TRATAMIENTO CON NANOPARTICULAS DE HIERRO			SOLUCIÓN: 1 ml
DATOS EN EL RANGO DE 4 SEGUNDOS			
N°	HORA	MUESTRA 2	% REDUCCIÓN DE CO2
1	00:00:00	R2	10.34
2	00:00:04	R2	9.79
3	00:00:08	R2	9.74
4	00:00:12	R2	9.63
5	00:00:16	R2	9.34
6	00:00:20	R2	9.29
7	00:00:24	R2	9.23
8	00:00:28	R2	9.21
9	00:00:32	R2	9.17
10	00:00:36	R2	9.14
11	00:00:40	R2	9.13
12	00:00:44	R2	9.05
13	00:00:48	R2	8.89
14	00:00:52	R2	8.68
15	00:00:56	R2	8.23
16	00:01:00	R2	7.70
17	00:01:04	R2	7.42
18	00:01:08	R2	7.21
19	00:01:12	R2	6.88
20	00:01:16	R2	6.84
21	00:01:20	R2	6.58
22	00:01:24	R2	6.35
23	00:01:28	R2	6.17
24	00:01:32	R2	6.16
25	00:01:36	R2	5.45
26	00:01:40	R2	5.43
27	00:01:44	R2	5.28
28	00:01:48	R2	5.23
29	00:01:52	R2	5.20

30	00:01:56	R2	4.69
31	00:02:00	R2	4.23
32	00:02:04	R2	4.20
33	00:02:08	R2	3.49
34	00:02:12	R2	3.33
35	00:02:16	R2	3.31
36	00:02:20	R2	3.03
37	00:02:24	R2	3.02
38	00:02:28	R2	3.00
39	00:02:32	R2	2.73
40	00:02:36	R2	2.69
41	00:02:40	R2	2.38
42	00:02:44	R2	2.36
43	00:02:48	R2	2.12
44	00:02:52	R2	2.05
45	00:02:56	R2	2.02
46	00:03:00	R2	1.91
47	00:03:04	R2	1.26
48	00:03:08	R2	1.25
49	00:03:12	R2	1.14
50	00:03:16	R2	0.84
51	00:03:20	R2	0.72
52	00:03:24	R2	0.59
53	00:03:28	R2	0.51
54	00:03:32	R2	0.50
55	00:03:36	R2	0.47
56	00:03:40	R2	0.46
57	00:03:44	R2	0.43
58	00:03:48	R2	0.24
59	00:03:52	R2	0.00

Fuente: Elaboración propia

b) M3 – R2: Reducción de CO₂ cada 4 segundos del tiempo que se realizó el tratamiento, se calculó mediante la ecuación N° 9:

$$\%Reducción = \frac{(10.34 - 0.00)}{10.34} * 100\%$$

$$\%Reducción = 100\%$$

Tabla 21: Tratamiento de adsorción de CO₂ con la muestra: M3–R3–NP-1.00 en el rango de 2 segundos

TRATAMIENTO CON NANOPARTICULAS DE HIERRO			SOLUCIÓN: 1 ml
DATOS EN EL RANGO DE 2 SEGUNDOS			
N°	HORA	MUESTRA 3	% REDUCCIÓN DE CO ₂
1	00:00:00	R3	10.22
2	00:00:02	R3	9.09
3	00:00:04	R3	9.04
4	00:00:06	R3	9.03
5	00:00:08	R3	8.94
6	00:00:10	R3	8.76
7	00:00:12	R3	8.70
8	00:00:14	R3	8.57
9	00:00:16	R3	8.41
10	00:00:18	R3	8.39
11	00:00:20	R3	8.36
12	00:00:22	R3	7.98
13	00:00:24	R3	7.80
14	00:00:26	R3	7.71
15	00:00:28	R3	7.68
16	00:00:30	R3	7.66
17	00:00:32	R3	7.63
18	00:00:34	R3	7.57
19	00:00:36	R3	7.51
20	00:00:38	R3	7.32
21	00:00:40	R3	7.26
22	00:00:42	R3	7.23
23	00:00:44	R3	7.18
24	00:00:46	R3	7.07
25	00:00:48	R3	6.94
26	00:00:50	R3	6.92
27	00:00:52	R3	6.86
28	00:00:54	R3	6.79
29	00:00:56	R3	6.77
30	00:00:58	R3	6.67
31	00:01:00	R3	6.64
32	00:01:02	R3	6.58
33	00:01:04	R3	6.46
34	00:01:06	R3	6.42
35	00:01:08	R3	6.38
36	00:01:10	R3	6.36
37	00:01:12	R3	6.30
38	00:01:14	R3	6.28
39	00:01:16	R3	6.20
40	00:01:18	R3	6.01
41	00:01:20	R3	5.96
42	00:01:22	R3	5.85
43	00:01:24	R3	5.82
44	00:01:26	R3	5.63
45	00:01:28	R3	5.59
46	00:01:30	R3	5.52
47	00:01:32	R3	5.30

48	00:01:34	R3	4.78
49	00:01:36	R3	4.68
50	00:01:38	R3	4.65
51	00:01:40	R3	4.49
52	00:01:42	R3	4.43
53	00:01:44	R3	4.38
54	00:01:46	R3	4.28
55	00:01:48	R3	4.23
56	00:01:50	R3	4.09
57	00:01:52	R3	4.03
58	00:01:54	R3	3.99
59	00:01:56	R3	3.90
60	00:01:58	R3	3.63
61	00:02:00	R3	3.58
62	00:02:02	R3	3.54
63	00:02:04	R3	3.52
64	00:02:06	R3	3.45
65	00:02:08	R3	3.34
66	00:02:10	R3	3.31
67	00:02:12	R3	3.30
68	00:02:14	R3	3.17
69	00:02:16	R3	3.15
70	00:02:18	R3	3.05
71	00:02:20	R3	2.95
72	00:02:22	R3	2.80
73	00:02:24	R3	2.79
74	00:02:26	R3	2.70
75	00:02:28	R3	2.65
76	00:02:30	R3	2.62
77	00:02:32	R3	2.61
78	00:02:34	R3	2.47
79	00:02:36	R3	2.39
80	00:02:38	R3	2.16
81	00:02:40	R3	1.94
82	00:02:42	R3	1.89
83	00:02:44	R3	1.85
84	00:02:46	R3	1.71
85	00:02:48	R3	1.60
86	00:02:50	R3	1.46
87	00:02:52	R3	1.45
88	00:02:54	R3	1.40
89	00:02:56	R3	1.14
90	00:02:58	R3	1.12
91	00:03:00	R3	1.07
92	00:03:02	R3	1.01
93	00:03:04	R3	1.00
94	00:03:06	R3	0.92
95	00:03:08	R3	0.79
96	00:03:10	R3	0.75
97	00:03:12	R3	0.61
98	00:03:14	R3	0.60
99	00:03:16	R3	0.49
100	00:03:18	R3	0.43
101	00:03:20	R3	0.36
102	00:03:22	R3	0.35

103	00:03:24	R3	0.23
104	00:03:26	R3	0.18
105	00:03:28	R3	0.00

Fuente: Elaboración propia

c) M3 – R3: Reducción de CO₂ cada 2 segundos del tiempo que se realizó el tratamiento, se calculó mediante la ecuación N° 10:

$$\%Reducción = \frac{(10.22 - 0.00)}{10.22} * 100\%$$

$$\%Reducción = 100\%$$

Tabla 22: Resumen del porcentaje de reducción de CO₂ para cada muestra y repetición

Muestra	Repeticiones	Concentración inicial	Concentración Final	Rango de tiempo (segundos)	% de Reducción
M1	R1	10.36%	0.00%	8	100%
M1	R2	10.61%	0.00%	4	100%
M1	R3	10.12%	0.00%	2	100%
M2	R1	10.20%	0.00%	8	100%
M2	R2	10.53%	0.00%	4	100%
M2	R3	10.75%	0.00%	2	100%
M3	R1	10.44%	0.00%	8	100%
M3	R2	10.34%	0.00%	4	100%
M3	R3	10.22%	0.00%	2	100%

Fuente: elaboración propia

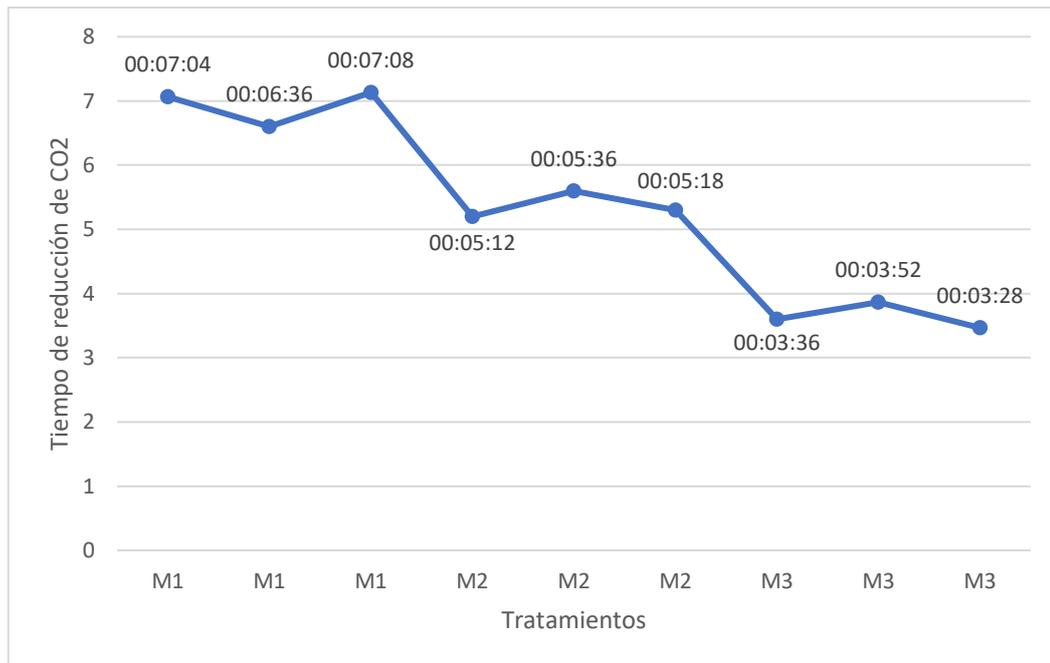


Figura 19: Resultados del tiempo de reducción CO₂

Contrastación de hipótesis:

Hipótesis específica 1:

Ho: No existirá una dosis adecuada de membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro para reducir el CO₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos – Lima.

Ha: Existirá una dosis adecuada de membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro para reducir el CO₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos – Lima.

Si p valor ≤ 0.05 , la distribución no es normal (No paramétrico)

Si p valor ≥ 0.05 , la distribución es normal (Paramétrico)

Tabla 23: Pruebas de Normalidad para Tratamiento membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.899948	0.251695

Fuente: Datos en Statgraphics 19

En todos los casos, con la aplicación de las distintas membranas con distintas dosis de nanopartículas de hierro (M1, M2, M3) hubo una disminución significativa ($p < 0.05$) del CO₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos – Lima. Se concluye que los datos son paramétricos.

Hipótesis específica 2:

Ho: No se logrará determinar la concentración de CO₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos al inicio y final de la aplicación de las membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro.

Ha: Se logrará determinar la concentración de CO₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos al inicio y final de la aplicación de las membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro significativamente el CO₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos – Lima.

Si $p \text{ valor} \leq 0.05$, la distribución no es normal (No paramétrico)

Si $p \text{ valor} \geq 0.05$, la distribución es normal (Paramétrico)

Pruebas de Normalidad para concentración inicial

Tabla 24: Prueba de normalidad concentración inicial

Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.968751	0.883841

Fuente: Datos en Statgraphics 19

Se concluye que proviene de una distribución normal y los datos son paramétricos.

Hipótesis específica 3:

Ho: No se evaluará la eficiencia de las membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro reduce significativamente el CO₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos – Lima

Ha: Se evaluará la eficiencia de las membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro reduce significativamente el CO₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos – Lima.

Si $p \text{ valor} \leq 0.05$, la distribución no es normal (No paramétrico)

Si $p \text{ valor} \geq 0.05$, la distribución es normal (Paramétrico)

Tabla 25: Prueba de Normalidad Hipótesis específica 3

Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.899948	0.251695

Fuente: Datos en Statgraphics 19

Se concluye que proviene de una distribución normal y los datos son paramétricos.

Hipótesis general:

Ho: La aplicación de membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro no reduce el porcentaje de CO₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos – Lima.

Ha: La aplicación de membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro reduce el porcentaje de CO₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos – Lima.

Si $p \text{ valor} \leq 0.05$, la distribución no es normal (No paramétrico)

Si $p \text{ valor} \geq 0.05$, la distribución es normal (Paramétrico)

Tabla 26: Prueba de Normalidad Aplicación de membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro

Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.899948	0.251695

Fuente: Datos en Statgraphics 19

En todos los casos, con la aplicación de las distintas membranas con nanopartículas de hierro (M1, M2, M3) hubo una disminución significativa ($p < 0.05$) del CO₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos – Lima. Se concluye que los datos son paramétricos.

Tabla 27: Tabla ANOVA por Tratamiento

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	16.2373	2	8.11864	143.90	0.0000
Intra grupos	0.338519	6	0.0564198		
Total (Corr.)	16.5758	8			

Fuente: Datos en Statgraphics 19

Se hace uso de la tabla ANOVA para comparar las medias de tres o más grupos y determinar si existe diferencias significativas. El valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Tiempo (min) entre un nivel de Tratamiento y otro, con un nivel del 5% de significación.

Tabla 28: Pruebas de Múltiples Rangos – Grupos Homogéneos

<i>Tratamiento</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
M3	3	3.64444	A
M2	3	5.36667	B
M1	3	6.93333	C

Fuente: Datos en Statgraphics 19

Se utiliza la Prueba de Múltiples Rangos después de encontrar diferencias significativas en un análisis de varianza (ANOVA).

Se puede observar que, al realizar la prueba de múltiples rangos en grupos homogéneos, se han identificado 3 grupos homogéneos (A, B Y C) según la alineación de las letras en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de letras. Por lo que si existe diferencia significativa en los tratamientos.

Al realizar el tratamiento con distintas muestras se puede concluir que en todos los casos el porcentaje de reducción de CO₂ llegan a cero mostrando mejor eficiencia en el tratamiento 3.

V. DISCUSIÓN

Según Shen (2022), en su investigación analizó los líquidos porosos para la separación y captura de CO₂ con nanopartículas de sílice, realizó la fabricación en 2 grupos con nanopartículas de sílice porosas grandes y nanopartículas de sílice de agujeros de gusano hueco, los resultados fueron que la capacidad de absorción de CO₂ con partículas de sílice porosas grandes fue de 0,385 y 0,263 mmol/g y de las nanopartículas de sílice de agujeros de gusano hueco fue de 0,226 mmol/g, la superficie más alta se encontró en partículas de sílice porosas grandes teniendo una mayor capacidad de absorción de CO₂ en las mismas condiciones, teniendo una diferencia de 1,92 mmol/g frente a 1,65 mmol/g. concluyendo que las nanopartículas de sílice porosas grandes posee un gran potencial como medio de captura de CO₂. En comparación a los resultados obtenidos en nuestra investigación, las nanopartículas de hierro con nanocelulosa de algodón, mostraron mejor eficiencia frente a la capacidad de adsorción de CO₂, obteniendo los datos siguientes: Las membranas de nanocelulosa de algodón con nanopartículas de hierro en una concentración de 1.00 ml tiene mayor capacidad de adsorción de M3-R1-NP-1.00 = 18.1926 mmol/g, M3-R2-NP-1.00 = 18.6451 mmol/g y M3-R3-NP-1.00 = 18.4287 mmol/g a comparación de las nanopartículas de sílice porosas grandes.

Ruhaimi (2021), en su investigación tuvo como objetivo utilizar una membrana de cáscara de huevo y nanopartículas esféricas de óxido de cerio para una alta adsorción de CO₂, fue un trabajo de investigación experimental, para este estudio se sintetizó óxido de cerio mesoporoso utilizando un método de bioplantilla con membrana de cáscara de huevo (CeO₂ – BT), para su comparación, se sintetizó también un adsorbente de óxido de cerio mediante la descomposición térmica (CeO₂ – TD), para las pruebas de adsorción en condiciones de gas CO₂ de combustión con una mezcla de CO₂ y N₂ (10% y 90% respectivamente), CeO₂ – BT mostró un tamaño de partícula pequeño de 30 a 34 nm mientras CeO₂ – TD con un tamaño de partícula en el rango 112 a 154 nm. De acuerdo con los resultados arrojados, CeO₂ – BT Muestra una capacidad de adsorción de CO₂ de 1,412 mmol/g, mientras que en condiciones de gases de combustión la CeO₂ – BT y CeO₂ – TD, obtuvieron una menor adsorción de 0,783 y 0,023 mmol/g respectivamente. En contraste a la investigación presentada los

resultados que se obtuvo fueron que, las membranas de nanocelulosa de algodón con nanopartículas de hierro, mostraron un tamaño de partícula de 80nm y una mayor capacidad de adsorción de CO₂ fueron de: M3-R1-NP-1.00 = 18.1926 mmol/g, M3-R2-NP-1.00 = 18.6451 mmol/g y M3-R3-NP-1.00 = 18.4287 mmol/g en un promedio de tiempo de 00:03:28 demostrando mayor eficiencia con respecto al tiempo y tratamiento.

Qian (2021) en su investigación tuvo como objetivo investigar materiales porosos modificados con aminas para la absorción de CO₂, entre los materiales estudiados, se investigó los nanotubos de carbono, generalmente formados en paquetes que consisten en láminas de grafito laminado, los nanotubos de carbono con nitrógeno exhibieron una capacidad de absorción de 184,9 mg/g, 168,13 mg/g. Otro material que ese estudio fueron los aminas en un polímero lineal conteniendo esta gran cantidad de grupos de hidroxilo, la capacidad de adsorción de CO₂ fue de 2,6 mmol/g. De tal manera, en la presente investigación se puede observar que los resultados obtenidos en cuanto a la capacidad de adsorción son favorables y eficientes a comparación con el autor citado, en este sentido al convertir los resultados de mg/g a mmol/g podemos comparar la eficiencia en la capacidad de adsorción en cuanto a los nanotubos de carbono con nitrógeno, teniendo que, estos mencionados tienen como valores 10.272 mmol/g, 9.341 mmol/g con las membranas de nanocelulosa de algodón con nanopartículas de hierro, teniendo valores de: M3-R2-NP-1.00 = 18.6451 mmol/g y M3-R3-NP-1.00 = 18.4287 mmol/g, destacando que el tiempo de tratamiento no supera los 4 minutos y que el porcentaje de reducción hasta la mitad de tratamiento es de 66.09% en el rango descendiente de intervalos de 8 segundos.

Zhang (2018) en su investigación tuvo como objetivo comprobar los efectos de la carga de aminas en las propiedades de aerogel de nanofibrillas de celulosa y su rendimiento de captura de CO₂, se realizó el Uso del nanofibrillas de celulosa a base de aminas, aumentando la carga de NH₂, resultó una rugosidad de la superficie de nanofibras de celulosa con capacidad de absorción de CO₂ considerablemente mayor de 1,91 mmol/g, informando método de regeneración, concluyendo que la aerogel polimérico producido demostraba un potencial eficaz para la adsorción de CO₂. También encontraron hallazgos similares en esferas aerogel de nanocristales de celulosa para absorber CO₂, logrando una capacidad

de adsorción de 1,68 mol/g, el área de superficie de fisisorción se redujo significativamente de 143 a 77 m³/g. En contraste a la investigación presentada los resultados que se obtuvo fueron propicias para la adsorción de CO₂ obteniendo valores en cuanto a la capacidad de adsorción de las membranas de nanocelulosa de algodón con nanopartículas de hierro, beneficiosas para tratamientos de gases, los valores fueron: M3-R2-NP-1.00 = 18.6451 mmol/g y M3-R3-NP-1.00 = 18.4287 mmol/g, teniendo 10 veces más eficiencia a comparación con el trabajo citado.

Sepahvand (2020) en su investigación tuvo como objetivo centrarse en el estudio de un proceso novedoso de uso de ftalimida para modificar nanofibras de celulosa y constatar la efectividad de la adsorción de CO₂, realizaron la modificación genética, añadiendo polvo de ftalimida a una mezcla de agua ácido, el gel de nanofibras de celulosa se prepara con una concentración de 1%, evaluó la capacidad de absorción del aerogel de nanofibras de celulosa con una concentración de CO₂ de 500 ppm. Teniendo como resultado que la capacidad de absorción de nanofibras de celulosa pura es de 2,2 mmol/g, esto mejoró cuando se modificó con ftalimida, la capacidad de absorción varía de 2,8, 4,4 y 5,2 mmol/g y el porcentaje de absorción de CO₂ aumento al 1,5%, la influencia de la presión y humedad mejora significativamente al aumentar la adsorción de CO₂ de 4 a 7,1 mmol/g. De tal manera, en la presente investigación, se puede observar que los resultados obtenidos en cuanto a las distintas concentraciones de nanopartículas de hierro en cada muestra y repetición mejoran el rendimiento y capacidad de adsorción, estas fueron las siguientes: M1-R1-NP-0.025 = 23.8704 mmol/g, M1-R2-NP-0.025 = 25.0020 mmol/g, M1-R3-NP-0.025 = 26.5641 mmol/g, a comparación con el autor citado en su investigación evalúan una concentración de CO₂ de 500 ppm que en porcentaje en volumen sería el 0.05% de CO₂, comparando con la presente investigación que se realizó a una concentración de CO₂ del 10.22% con un tiempo de tratamiento no menor a los 4 minutos hasta llegar los valores a cero.

VI. CONCLUSIONES

- Se logró determinar una completa caracterización de las propiedades fisicoquímicas de las membranas de nanocelulosa con el propósito de mitigar las emisiones de CO₂, los resultados obtenidos han sido altamente eficientes demostrando una capacidad de absorción que varía significativamente entre 14.5873 mmol/g y 26.5641 mmol/g.
- Se logró determinar características de las nanopartículas de hierro para reducir CO₂, obteniendo el valor nanométrico de 80nm.
- Se logró un análisis exhaustivo para determinar la dosis adecuada de nanopartículas de hierro que debe incorporarse a las membranas de nanocelulosa con el fin de adsorber CO₂ los resultados obtenidos han sido concluyentes, demostrando que la dosis adecuada, para el propósito de este trabajo fue de 1 ml de nanopartículas de hierro.
- Se logró determinar la medición y comparación de las concentraciones CO₂ emitido por el parque automotor de Los Olivos antes y después de aplicar las membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro, los resultados obtenidos, fueron sumamente eficaces, demostrando que las concentraciones iniciales de CO₂ en cada muestra no excedían el 10%, mientras que las concentraciones finales de CO₂ en todas las muestras llegaron a cero, estos hallazgos son de gran relevancia, ya que indican que, la aplicación de las membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro ha sido altamente eficiente para la reducción efectiva de las emisiones de CO₂ en el área de estudio.
- Se logró evaluar la eficiencia de las membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro en la reducción de CO₂ provenientes del parque automotor de Los Olivos, los resultados obtenidos han revelado promedios de tiempo distinto para cada muestra: M1 = 6.93, M2 = 5.36 y M3 = 3.64. Entre los resultados destacados la muestra M3 ha demostrado ser especialmente eficiente en su capacidad para reducir las concentraciones de CO₂ en un tiempo significativamente menor en comparación con las otras muestras, esto sugiere que las características específicas de la muestra 3 han sido efectivas en la captura y absorción de CO₂, lo que convierte en una opción altamente eficiente.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda avanzar hacia una implementación piloto a mayor escala de las membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro, para evaluar su efectividad y viabilidad en un entorno más representativo, además es importante estar al tanto de las últimas investigaciones y avances en el campo para mantenerse a la vanguardia de la tecnología.
- Para poder obtener distintas características fisicoquímicas de las membranas de nanocelulosa y que sean eficientes, se sugiere continuar con investigaciones y desarrollos, esto podría incluir la exploración de nuevos materiales, técnicas de fabricación y formas de mejorar la eficiencia en la captura de CO₂.
- Sobre las características de las nanopartículas de hierro para reducir CO₂ se propone obtener partículas de menor tamaño para comparar si influye para la adsorción de gases. Se recomienda evaluar su aplicación en tecnologías de captura y almacenamiento de carbono, realizar estudios de impacto ambiental y seguridad, investigar su aplicación en sectores industriales, de generación de energía y promover la concientización y adopción de tecnologías sostenibles.
- Se sugiere poner distintas soluciones de nanopartículas de hierro en las membranas de nanocelulosa, diferentes al estudio, así obtener más resultados y tener la mejorías en cuanto a los tratamientos, esto permitiría evaluar su efectividad y ajustar su aplicación, según las necesidades específicas, además es esencial continuar con la investigación y desarrollo de tecnologías complementarias, promover la colaboración entre diferentes actores para lograr resultados significativos en la reducción de emisiones de gases.
- Se recomienda tener mayor porcentaje de concentraciones de CO₂ al inicio de los tratamientos, para así observar el comportamiento de las membranas de nanopartículas de hierro y seguir obteniendo más datos del porcentaje de reducción en cuanto a su eficiencia y composición.
- Para seguir evaluando la eficiencia de las membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro para reducir CO₂, se sugiere realizar un análisis en relación con los resultados obtenidos, para optimizar su eficiencia, replicar y

verificar los resultados, evaluar los costos y beneficios de su implementación a mayor escala, explorar su aplicación en otros contextos, estas acciones contribuyen a maximizar el impacto positivo de las membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro en la reducción de gases y a promover prácticas sostenibles responsables.

- Para poder tener eficiencia en la reducción y adsorción de CO₂ con la aplicación de membranas de nanocelulosa de algodón con nanopartículas de hierro, se recomienda aplicar en tiempos menores con distintas concentraciones de nanopartículas de hierro y así poder observar su mayor porcentaje de reducción y adsorción del CO₂.

REFERENCIAS

- Achilleos, S., Kioumourtzoglou, M., Wu, C., Schwartz, J., Koutrakis, P., & Papatheodorou, S. (2017). Acute effects of fine particulate matter constituents on mortality: A systematic review and meta-regression analysis. *Environment International*, 109, 89-100. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.09.010>
- Ahankari, S., & Nithin, M. (2022). Nanocellulose-based membranes for CO₂ separation from biogas through the facilitated transport mechanism: A review. *Materials Today Sustainability*, 19, 100191. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2022.100191>
- Ahankari, S., & Nithin, M. (2022). Nanocellulose based membranes for CO₂ separation from biogas through the facilitated transport mechanism: A review. *Materials Today Sustainability*, 100191. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2022.100191>
- Birenboim, M., Fallik, E., Kengisbuch, D., & Shimshoni, J. (2022). Quantitative and qualitative spectroscopic parameters determination of major cannabinoids. *Journal of Luminescence*, 252, 119387. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jlumin.2022.119387>
- Comisión Multisectorial Para la Gestión de la Iniciativa del Aire Limpio para Lima Y Callao. (2019-2023). El Plan de Acción para el Mejoramiento de la Calidad del Aire de Lima-Callao.
- Cueto, E., Suarez, F., Galvez, S., Valles, M., & Marti, E. (2022). CO₂ adsorption capacities of amine-functionalized microporous silica nanoparticles. *Reactive and Functional Polymers*, 170, 105100. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2021.105100>.
- Dai, Z., Deng, J., Ma, Y., Guo, H., Wei, J., Wang, B., Jiang, X., & Deng, L. (2022). Nanocellulose Crystal-Enhanced Hybrid Membrane for CO₂ Capture. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. Recuperado de <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.1c05824>

- Dai, Z., Ottesen, V., Deng, J., Lilleby, R., & Deng, L. (2019). A brief review of nanocellulose based hybrid membranes for CO₂ separation. *Fibers*, 7(5), 40. Recuperado de <https://doi.org/10.3390/fib7050040>
- DIGESA, Dirección General de Salud Ambiental. (2019). Monitoreo y vigilancia del aire - Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM. Recuperado de http://www.digesa.minsa.gob.pe/DCOVI/Programa_nacional_vigilancia_calidad_aire.asp
- Gopakumar, D., Beeran, Y., Sabu, K., Khalil, A., Grohens, Y., & Thomas, S. (2019). Nanocellulose-based aerogels for industrial applications. En Y. Grohens & S. Thomas (Eds.), *Industrial Applications of Nanomaterials* (pp. 403-421). Elsevier. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815749-7.00014-1>
- Ho, N. A. D., & Leo, C. P. (2021). A review on the emerging applications of cellulose, cellulose derivatives and nanocellulose in carbon capture. *Environmental Research*, 197, 111100. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111100>
- IQAir. (s.f.). AirVisual launches groundbreaking report and interactive web ranking in review of 2018's global air quality status. Iqair.com. Recuperado de <https://cms.iqair.com/mx/node/8611>
- Jaffar, S., Saallah, S., Misson, M., Siddiquee, S., Roslan, J., Saalah, S., & Lenggoro, W. (2022). Recent Development and Environmental Applications of Nanocellulose-Based Membranes. *Membranes*, 12(3), 287. Recuperado de <https://doi.org/10.3390/membranes12030287>.
- JAHAN, Zaib; KHAN, Muhammad; HAGG, May & GREGERSEN, Weiby. Cellulose nanocrystal/PVA nanocomposite membranes for CO₂/CH₄ separation at high pressure. *Journal of Membrane Science* [en línea]. 2018, vol. 554, p. 275–281. ISSN 0376-7388. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2018.02.061>.
- JIAO, Lijun; RUNCONG, Wan y ZHAOLIANG, Wang. Experimental investigation of CO₂ hydrate formation in silica nanoparticle system under static conditions. *Journal of Crystal Growth* [en línea]. 2022, vol. 583, p. 126539.

ISSN 0022-0248. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2022.126539>.

KAYODE, Adegoke; OYEDOTUN, Kabir; IGHALO, Joshua; AMAKU, James; OLISAH, Chijioke; ADEOLA, Adedapo; IWUOZOR, Kingsley; AKPOMIE, Kovo & CONRADIE, Jeanet. Cellulose derivatives and cellulose-metal-organic frameworks for CO₂ adsorption and separation. *Journal of CO₂ Utilization* [en línea]. 2022, vol. 64, p. 102163. ISSN 2212-9820. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2022.102163>.

KHAN, Ibrahim; KHALID, Saeed y IDREES, Khan. Nanoparticles: Properties, applications and toxicities. *Arabian Journal of Chemistry* [en línea]. 2019, vol. 12, no. 7, p. 908–931. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2017.05.011>.

LIMA COMO VAMOS, Observatorio de calidad de vida urbana. Reporte urbano de indicadores de calidad de vida 2021. Disponible en: <https://www.limacomovamos.org/>.

MA, Hong; ZHONGGUO, Wang; ZHANG, Xiong; DING, Meili & YAO, Jianfeng. MAHFOUDHI, Lu; Yong-Zai y Shi-yin QIN. The strategic relationship between economy development of developing countries and international stability. *IFAC Proceedings Volumes* [en línea]. 1989, vol. 22, no. 1, p. 31–34. ISSN 1474-6670. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100957-4.00012-7>.

MINAM, MINISTERIO DEL AMBIENTE. Resolución Ministerial N° 142-2021-MINAM, Plan de Acción para el Mejoramiento de la Calidad de Aire de Lima y Callao 2021 – 2025 [en línea]. 2020. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2049653/RM.%20142-2021-MINAM.pdf.pdf?v=1627500458>.

MUÑOZ, Alexander; MORENO, Omar; CASTRO, Liliana; HERNANDEZ, Humberto; CESPEDES, Santiago; ZAPATA, Karol & CORTES, Farid. Nanoadsorbentes para captura de dióxido de carbono (CO₂): un enfoque a la purificación del biogás. [en línea]. 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.18273/revion.v33n1-2020006>.

NIETO, Esteban Nicomedes. Tipos de investigación. 2018. Disponible en: <http://repositorio.usdg.edu.pe/handle/USDG/34>.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, OMS. ¿Cuáles son las fuentes de la contaminación del aire?; 2018 - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud. PAHO/WHO [en línea]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/documentos/infografia-cuales-son-fuentes-contaminacion-aire-2018>.

PARK, Hayoung. Una evaluación de las características de emisión de las ciudades del hemisferio norte utilizando observaciones espaciales de CO₂, CO y NO₂. Teledetección del Medio Ambiente, [en línea]. 2021, vol. 254, pág. 112246. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112246>.

PASINSZKI, Tibor; KREBSZ, Melinda. Synthesis and application of zero-valent iron nanoparticles in water treatment, environmental remediation, catalysis, and their biological effects. Nanomaterials, [en línea]. 2020, vol. 10, no 5, p. 917. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/nano10050917>.

PERÚ, Resolución Ministerial N° 213-2017-MINAM, [consultado el 30 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/07/213-2017-MINAM.pdf>.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. PNUD. 2019. Vol. 18. Disponible en: <https://annualreport.undp.org/2019/assets/UNDP-Annual-Report-2019-es.pdf>

QIAN, Zhang; WEI, Lu; MINGYUE, Wu; GUANSHENG, Qi. Application of amine-modified porous materials for CO₂ adsorption in mine confined spaces. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects [en línea]. 2021, vol. 629, p. 127483. ISSN 0927-77. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2021.127483>

RENXIAO, Yuan; MA, Qiao; ZHANG, Qiangian; YUAN, Xueliang; WANG, Qingsong; LUO, Congwei. Coordinated effects of energy transition on air pollution mitigation and CO₂ emission control in China. Science of The

- Total Environment [en línea]. 2022, p. 156482. ISSN 0048-9697. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156482>
- RUHAIMI, Amirul; AB AZIZ, Muhammad. Spherical CeO₂ nanoparticles prepared using an egg-shell membrane as a bio-template for high CO₂ adsorption. Chemical Physics Letters [en línea]. 2021, vol. 779, p. 138842. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cplett.2021.138842>
- SENAMHI, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Monitoreo de calidad de aire. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=calidad-del-aire>
- SENAMHI. Vigilancia De La Calidad del Aire en el Área Metropolitana de Lima y Callao (AMLC) [en línea]. Febrero 2023. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/03201SENA-117.pdf>
- SEPAHVAND, Sima; JONOOBI, Mehdi; ASHORI, Alireza; GAUVIN, Florent; BROUWERS, H.J; OKSMAN, Kristiina & YU, Qingliang. A promising process to modify cellulose nanofibers for carbon dioxide (CO₂) adsorption. Carbohydrate polymers [en línea]. 2020, vol. 230, p. 115571. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115571>
- SHARMILAA, G., & ILANGO, T. A review on influence of age of vehicle and vehicle traffic on air pollution dispersion. Materials Today: Proceedings [en línea]. 2021. ISSN 2214-7853. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.12.188>.
- SHEN, H. Nanopartículas y nanoclusters metálicos coordinados con carbeno N-heterocíclico. Revisiones de química de coordinación, [en línea]. 2022, vol. 458, pág. 214425. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2022.214425>.
- SHENG, L., LEI, J., CHEN, Z., & WANG, Y. Solvent-free porous liquids for CO₂ capture based on silica nanoparticles with different core structures. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, [en línea]. 2022, vol. 634, p. 128016. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2021.128016>.

- SONGYAN, L., SHAOPENG, L., KEXIN, D., JIANZHONG, Z., LIYING, S., & KAIQIANG, Z. Synthesis and stability of switchable CO₂-responsive foaming coupled with nanoparticles. *iScience*, Volume 25, Issue 10, [en línea]. 2022, 105091, ISSN 2589-0042. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.105091>.
- TAPIA, L., VÁSQUEZ, V., ESPINOZA, R., VÁSQUEZ, C., & STEENLAND, K. Reordenamiento vehicular y contaminación ambiental por material particulado (2,5 y 10), dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno en Lima Metropolitana, Perú. *Rev Perú Med Exp Salud Pública* [en línea]. 2018;35 (2):190-7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3250>.
- TORSTENSEN, J., HELBERG, R., DENG, L., GREGERSEN, O., & SYVERUD, K. PVA/nanocellulose nanocomposite membranes for CO₂ separation from flue gas. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, [en línea]. 2019, vol. 81, p. 93-102. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2018.10.007>.
- UNION OF CONCERNED SCIENTISTS (UCSUSA). [En línea]. Consultado el 12 de noviembre de 2022. Disponible en: <https://www.ucsusa.org>
- VENTURI, Davide; CHRYSANTHOU, Alexander; DHUIEGE, Benjamin; MISSOUM, Karim & BASCHETTI, Marco. Arginine/Nanocellulose membranes for carbon capture applications. *Nanomaterials*, 2019, vol. 9, no 6, p. 877. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/nano9060877>
- VENTURI, Davide; GRUPKOVIC, Deana; SISTI, Laura & BASCHETTI, Marco. Effect of humidity and nanocellulose content on Polyvinylamine-nanocellulose hybrid membranes for CO₂ capture. *Journal of Membrane Science*, 2018, 548, 263–274. ISSN 0376-7388. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2017.11.021>.
- ZHANG, Xiong-Fei; FENG, Yi; WANG, Zhongguo; JIA, Mingmin & YAO, Jianfeng. Fabrication of cellulose nanofibrils/UiO-66-NH₂ composite membrane for CO₂/N₂ separation. *Journal of Membrane Science*, 2018, vol. 568, p. 10-16. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2018.09.055>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
Aplicación de membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro para reducir CO ₂ proveniente del parque automotor en el distrito de Los Olivos – Lima 2023						
Autores:		Núñez Illaccanqui Carlos Renato Miranda Rojas Kimberly		Asesor:	Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo	
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES DE ESTUDIO			
¿En qué medida la aplicación de membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro reduce el CO ₂ proveniente del parque automotor en el distrito de Los Olivos – Lima?	Aplicar membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro para reducir CO ₂ proveniente del parque automotor en el distrito de Los Olivos – Lima	La aplicación de membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro reduce el porcentaje de CO ₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos – Lima.	Variable Independiente: Membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro	Características fisicoquímicas de la membranas de nanocelulosa	Volumen (cm ³) Diámetro (mm) Densidad (g/cm ³) Porosidad (%) Superficie específica (m ² /g) Tensión (MPa) Capacidad de adsorción (mmol/g) Porcentaje de activación (%)	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS		Características de las nanopartículas de hierro	Tamaño (nm)	
¿Cuál será la dosis adecuada de nanopartículas de hierro en las membranas de nanocelulosa para reducir CO ₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos?	Determinar las características fisicoquímicas de las membranas de nanocelulosa para reducir CO ₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos.	Existirá una dosis adecuada de membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro para reducir el CO ₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos – Lima		Dosis y tiempo de contacto	Dosis 1, 2 y 3. Tiempo 2s, 4s, 8s.	
¿Cómo varía el valor de las concentraciones de CO ₂ provenientes del parque automotor de Los Olivos al inicio y final de la aplicación de	Determinar características de las nanopartículas de hierro para reducir CO ₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos	Se logrará determinar la concentración de CO ₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos al inicio y final de la aplicación de las membranas de				

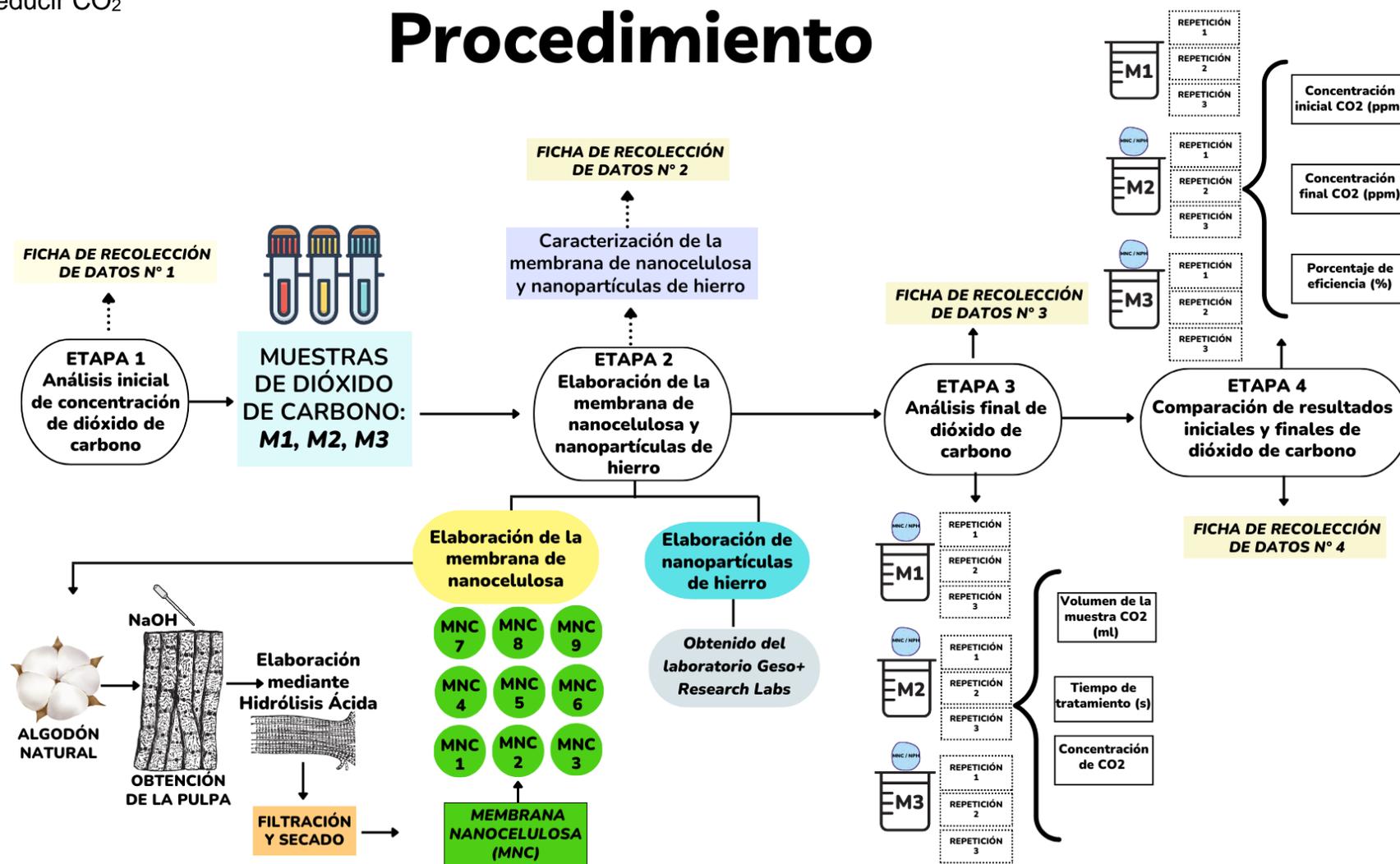
membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro?		nanocelulosa con nanopartículas de hierro proveniente del parque automotor de Los Olivos – Lima			
¿Cuál será la eficiencia de las membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro para reducir CO ₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos?	Analizar la dosis adecuada de nanopartículas de hierro en las membranas de nanocelulosa para reducir CO ₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos	Se evaluará la eficiencia de las membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro reduce significativamente el CO ₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos – Lima	Variable Dependiente: Reducción de concentración de CO₂ proveniente del parque automotor	Concentraciones de CO ₂	Concentración Inicial (ppm)
	Determinar las concentraciones de CO ₂ provenientes del parque automotor de Los Olivos al inicio y final de la aplicación de membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro				Concentración Final (ppm)
	Evaluar la eficiencia de las membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro para reducir CO ₂ proveniente del parque automotor de Los Olivos			Eficiencia de reducción de CO ₂	Eficiencia del tratamiento (%)

Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables

Aplicación de membrana de nanocelulosa con nanopartículas de hierro para reducir CO ₂ proveniente del parque automotor en el distrito de Los Olivos – Lima					
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA/UNIDADES
VI: Membrana de nanocelulosa con nanopartículas de hierro	Membranas de Nanocelulosa: Son microfibrillas separadas de la pared celular de una planta, su preparación conlleva, a la descomposición de la matriz fibrosa por medio de tratamientos mecánicos y químicos. Las membranas de nanocelulosa, son utilizadas para poder separar distintos tipos de mezcla, dejando así pasar algunas especies, mientras que otras quedan retenidas, la selectividad y permeabilidad son características y parámetros claves para una membrana, sus características son que tienen alta resistencia, área superficial alta, inercia química, convirtiéndola en un material muy eficaz de alto rendimiento (Gopakumar, 2019)	Las membranas de nanocelulosa servirá como medio principal para la adición de las nanopartículas de hierro, de esta forma poder saber la capacidad de adsorción del CO ₂	Características fisicoquímicas de la membrana de nanocelulosa	Volumen	cm ³
				Diámetro	mm
				Densidad	g/cm ³
				Porosidad	%
				Superficie específica	m ² /g
				Tensión	MPa
				Capacidad de adsorción	mmol/g
				Porcentaje de activación	%
Nanopartículas de hierro: Partículas nanoestructuradas de metal, a nanoescala comúnmente oscilan de 20 a 40 nanómetros, funcionalizadas en superficie tienen una propiedad de adsorción. (Pasinszki, 2020)	Las nanopartículas de hierro serán definidas teniendo en cuenta sus características y la dosis adecuada para su aplicación.	Características de las nanopartículas de hierro	Tamaño	nm	
			Dosis y tiempo de contacto	Dosis 1, 2 y 3. Tiempo 2s, 4s, 8s. Razón	
VD: Reducción de concentración de CO₂ proveniente del parque automotor	El CO ₂ es un gas de efecto invernadero, formado en la combustión de combustibles como la gasolina, petróleo, gas natural, combustible diésel expulsados por el sistema de escape de la actividad del parque automotor. El CO ₂ en una de las principales causas del calentamiento global, en la mala calidad de aire, afectando a la salud. (Luedke, 2021)	La reducción de CO ₂ será medido por la concentración inicial y final en el ambiente. Se demostrará la eficiencia de la reducción de CO ₂ al aplicar las membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro.	Concentraciones de CO ₂	Concentración Inicial	ppm
				Concentración Final	ppm
			Eficiencia de reducción de CO ₂	Eficiencia del tratamiento	%

Anexo 3: Diagrama de flujo del procedimiento de Aplicación de membrana de nanocelulosa con nanopartículas de hierro para reducir CO₂

Procedimiento



Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Análisis inicial de concentración de dióxido de carbono

FICHA N° 1				
Análisis inicial de concentración de dióxido de carbono				
Título del proyecto:	Aplicación de membrana de nanocelulosa con nanopartículas de hierro para reducir CO ₂ proveniente del parque automotor en el distrito de Los Olivos – Lima			
Línea de investigación:	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales			
Responsables:	Núñez Illaccanqui, Carlos Renato Miranda Rojas, Kimberly			
Asesor:	Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo			
Lugar:	Fecha:			
Coordenadas UTM	ESTE:			NORTE:
Muestra	Volumen de la muestra (ml)	Concentración de muestra (ppm)	Temperatura de la muestra (°C)	Porcentaje de la muestra (%)
M1				
M2				
M3				


 Dr. Ing. JUAN JULIO ORDOÑEZ GALVEZ
 DNI: 08447308
 CIP: 89772


 Dr. Eustero Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450


 Dr. ELMER G. BENITES ALFARO
 Ing. Químico
 Investigador CONCYTEC
 Código Renacy P0034858
 CIP 71998

Anexo 5: Caracterización de la membrana de nanocelulosa y nanopartículas de hierro

FICHA N° 2										
Caracterización de la membrana de nanocelulosa y nanopartículas de hierro										
Título del proyecto:	Aplicación de membrana de nanocelulosa con nanopartículas de hierro para reducir CO ₂ proveniente del parque automotor en el distrito de Los Olivos – Lima									
Línea de investigación:	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales									
Responsables:	Núñez Illaccanqui, Carlos Renato Miranda Rojas, Kimberly									
Asesor:	Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo									
Lugar:	Fecha:									
Características fisicoquímicas de la membrana de nanocelulosa (MNC)									Características de nanopartículas de hierro (NPH)	
Código de MNC	Volumen (cm ³)	Diámetro (mm)	Densidad (g/ cm ³)	Porosidad (%)	Superficie específica (m ² /g)	Tensión (MPa)	Capacidad de adsorción (mmol/g)	Porcentaje de activación (%)	Código NP	Tamaño (nm)
MNC 1									NPH 1	
MNC 2									NPH 2	
MNC 3									NPH 3	
MNC 4									NPH 4	
MNC 5									NPH 5	

MNC: Membrana de nanocelulosa, NPH: Nanopartículas de hierro


 Dr. Ing. JUAN JULIO ORDOÑEZ GALVEZ
 DNI: 08447308
 CIP: 89772


 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450


 Dr. ELMER G. BENITES ALFARO
 Ing. Químico
 Investigador CONCYTEC
 Código Renacy P0034858
 CIP 71998

Anexo 6: Análisis final de dióxido de carbono

FICHA N° 3						
Análisis final de dióxido de carbono						
Título del proyecto:	Aplicación de membrana de nanocelulosa con nanopartículas de hierro para reducir CO ₂ proveniente del parque automotor en el distrito de Los Olivos – Lima 2023					
Línea de investigación:	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales					
Responsables:	Núñez Illaccanqui, Carlos Renato Miranda Rojas, Kimberly					
Asesor:	Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo					
Lugar:	Fecha:					
Muestra	Repeticiones	Volumen de la muestra CO ₂ (ml)	Humedad de muestra CO ₂ (%)	Temperatura de la muestra CO ₂ (°C)	Tiempo de tratamiento (s)	Concentración de CO ₂ (ppm)
M1	R1					
	R2					
	R3					
M2	R1					
	R2					
	R3					
M3	R1					
	R2					
	R3					


 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450


 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450


 Dr. ELMER G. BENITES ALFARO
 Ing. Químico
 Investigador CONCYTEC
 Código Renacy P0034858
 CIP 71998

Anexo 7: Comparación de resultados iniciales y finales de dióxido de carbono

FICHA N° 4				
Comparación de resultados iniciales y finales de dióxido de carbono				
Título del proyecto:	Aplicación de membrana de nanocelulosa con nanopartículas de hierro para reducir CO ₂ proveniente del parque automotor en el distrito de Los Olivos – Lima 2023			
Línea de investigación:	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales			
Responsables:	Núñez Illaccanqui, Carlos Renato Miranda Rojas, Kimberly			
Asesor:	Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo			
Lugar:	Fecha:			
Muestra	Repeticiones	Concentración inicial CO ₂ (ppm)	Concentración final CO ₂ (ppm)	Porcentaje de eficiencia (%)
M1	R1			
	R2			
	R3			
M2	R1			
	R2			
	R3			
M3	R1			
	R2			
	R3			



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450



Dr. ELMER G. BENITES ALFARO
Ing. Químico
Investigador CONCYTEC
Código Renacy P0034858
CIP 71998



Anexo 8: Validación de instrumentos

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio**

1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**

1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**

1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis inicial de concentración de dióxido de carbono**

1.5. Autores de Instrumento: **Núñez Illaccanqui Carlos Renato / Miranda Rojas Kimberly**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X


 Dr. Ing. JUAN JULIO ORDOÑEZ GALVEZ
 DNI: 08447308
 CIP: 89772

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio**

1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**

1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**

1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Caracterización de la membrana de nanocelulosa y nanopartículas de hierro**

1.5. Autores de Instrumento: **Núñez Illaccanqui Carlos Renato / Miranda Rojas Kimberly**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%


 Dr. Ing. JUAN JULIO ORDÓNEZ GALVEZ
 DNI: 08447308
 CIP: 89772

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Reducción de CO₂ aplicando membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro**
- 1.5. Autores de Instrumento: **Núñez Illaccanqui Carlos Renato / Miranda Rojas Kimberly**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

x

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%


 Dr. Ing. JUAN JULIO ORDOÑEZ GALVEZ
 DNI: 08447308
 CIP: 89772

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio**

1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**

1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**

1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis final de dióxido de carbono**

1.5. Autores de Instrumento: **Núñez Illaccanqui Carlos Renato / Miranda Rojas Kimberly**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%


 Dr. Ing. JUAN JULIO ORDOÑEZ GALVEZ
 DNI: 08447308
 CIP: 89772

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio**

1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**

1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**

1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Comparación de resultados iniciales y finales de dióxido de carbono**

1.5. Autores de Instrumento: **Núñez Illaccanqui Carlos Renato / Miranda Rojas Kimberly**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%


 Dr. Ing. **JUAN JULIO ORDOÑEZ GALVEZ**
 DNI: 08447308
 CIP: 89772

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Elmer Benites Alfaro**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Dr. Ing. Químico, Ambiental y Meteorológico**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis inicial de concentración de dióxido de carbono**
 1.5. Autores de Instrumento: **Núñez Illaccanqui Carlos Renato / Miranda Rojas Kimberly**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%


Dr. ELMER G. BENITES ALFARO
 Ing. Químico
 Investigador CONCYTEC
 Código Renacy P0034858
 CIP 71998



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Elmer Benites Alfaro**

1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**

1.3. Especialidad o línea de investigación: **Dr. Ing. Químico, Ambiental y Meteorológico**

1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Caracterización de la membrana de nanocelulosa y nanopartículas de hierro**

1.5. Autores de Instrumento: **Núñez Illaccanqui Carlos Renato / Miranda Rojas Kimberly**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%



Dr. ELMER G. BENITES ALFARO
Ing. Químico
Investigador CONCYTEC
Código Renacy P0034858
CIP 71998



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Elmer Benites Alfaro**

1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**

1.3. Especialidad o línea de investigación: **Dr. Ing. Químico, Ambiental y Meteorológico**

1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Reducción de CO₂ aplicando membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro**

1.5. Autores de Instrumento: **Núñez Illaccanqui Carlos Renato / Miranda Rojas Kimberly**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

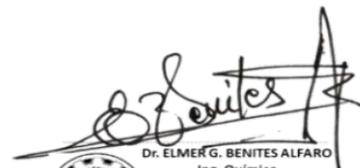
III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%


Dr. ELMER G. BENITES ALFARO
 Ing. Químico
 Investigador CONCYTEC
 Código Renacy P0034858
 CIP 71998



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Elmer Benites Alfaro**

1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**

1.3. Especialidad o línea de investigación: **Dr. Ing. Químico, Ambiental y Meteorológico**

1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis final de dióxido de carbono**

1.5. Autores de Instrumento: **Núñez Illaccanqui Carlos Renato / Miranda Rojas Kimberly**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X


Dr. ELMER G. BENITES ALFARO
 Ing. Químico
 Investigador CONCYTEC
 Código Renacy P0034858
 CIP 71998

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Elmer Benites Alfaro**

1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**

1.3. Especialidad o línea de investigación: **Dr. Ing. Químico, Ambiental y Meteorológico**

1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Comparación de resultados iniciales y finales de dióxido de carbono**

1.5. Autores de Instrumento: **Núñez Illaccanqui Carlos Renato / Miranda Rojas Kimberly**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X


Dr. ELMER G. BENITES ALFARO
 Ing. Químico
 Investigador CONCYTEC
 Código Renacy P0034858
 CIP 71998

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y gestión de recursos naturales**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis inicial de concentración de dióxido de carbono**
 1.5. Autores de Instrumento: **Núñez Illaccanqui Carlos Renato / Miranda Rojas Kimberly**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y gestión de recursos naturales**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Caracterización de la membrana de nanocelulosa y nanopartículas de hierro**
 1.5. Autores de Instrumento: **Núñez Illaccanqui Carlos Renato / Miranda Rojas Kimberly**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y gestión de recursos naturales**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Reducción de CO₂ aplicando membranas de nanocelulosa con nanopartículas de hierro**
 1.5. Autores de Instrumento: **Núñez Illaccanqui Carlos Renato / Miranda Rojas Kimberly**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y gestión de recursos naturales**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Análisis final de dióxido de carbono**
 1.5. Autores de Instrumento: **Núñez Illaccanqui Carlos Renato / Miranda Rojas Kimberly**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/ UCV Lima Norte**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Calidad y gestión de recursos naturales**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Comparación de resultados iniciales y finales de dióxido de carbono**
 1.5. Autores de Instrumento: **Núñez Illaccanqui Carlos Renato / Miranda Rojas Kimberly**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450

ANEXO 9: Informe de resultados



INFORME DE ENSAYO N°: IE-300-0014-07.07.2023

I. DATOS DEL SERVICIO

Nombres y Apellidos: KIMBERLY YAMILE MIRANDA ROJAS /
CARLOS RENATO NÚÑEZ ILLACCANQUI
DNI : 77240030 / 48755817
Dirección : Lima, Perú
Asunto : Análisis de Gases y caracterización de NC
Muestreado por : CARLOS RENATO NÚÑEZ ILLACCANQUI
Fecha de emisión del informe: 07-07-2023

II. DATOS DE ITEMS DEL ENSAYO

Producto : Análisis de Gases y caracterización de NC
Número de muestras : 9
Fecha de recep. de muestra: 24-05-2023
Periodo de ensayo : Del 24-05-2023 al 20-06-2023

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

Tipo de Análisis	Norma de referencia
CO2	Fuente de infrarrojos pulsable y el método de infrarrojos de no dispersión (NDIR) de dos haces de una sola fuente. (Norma GB 18285, Norma internacional ISO 3930 u OIML R99 Clase I y normas Clase 0)
Caracterización de Nanocelulosa	Digital Display Electronic Universal Testing Machine
Caracterización de nanopartícula de Hierro	Microscopía electrónica.

IV. RESULTADOS

4.1. RESULTADO DE ANALISIS DE CO₂:

Tiempo (minuto: segundo)	R1-NP: 0.025 ml de Fe+3	R2-NP: 0.025 ml de Fe+3	R3-NP: 0.025 ml de Fe+3	R1-NP: 0.5 ml de Fe+3	R2-NP: 0.5 ml de Fe+3	R3-NP: 0.5 ml de Fe+3	R1-NP: 1.0 ml de Fe+3	R2-NP: 1.0 ml de Fe+3	R3-NP: 1.0 ml de Fe+3
0	10.36	10.61	10.12	10.20	10.53	10.75	10.44	10.34	10.22
8	10.07	8.89	8.01	9.64	8.85	7.82	7.99	9.74	8.94
16	8.2	8.69	7.89	9.39	8.78	7.68	7.96	9.34	8.41
24	8.15	8.33	7.69	9.32	8.66	7.51	7.63	9.23	7.80
32	7.91	8.22	7.54	8.48	8.53	7.22	7.28	9.17	7.63
40	6.98	8.11	7.47	7.84	8.33	7.13	7.10	9.13	7.26
48	6.77	7.93	7.32	7.83	8.26	6.94	7.02	8.89	6.94
56	6.63	7.80	7.24	7.77	7.97	6.67	6.76	8.23	6.77
01:04	6.34	7.56	7.11	7.46	7.41	6.51	5.89	7.42	6.46
01:12	6.03	7.46	7.03	7.40	7.27	6.45	5.17	6.88	6.30
01:20	6.02	7.29	6.94	7.39	7.15	6.19	5.07	6.58	5.96
01:28	5.97	7.19	6.84	7.16	6.92	5.95	5.01	6.17	5.59
01:36	5.73	7.11	6.66	7.15	6.82	5.74	4.49	5.45	4.68
01:44	5.59	7.05	6.41	7.03	6.71	5.44	3.54	5.28	4.38
01:52	5.51	6.83	6.33	6.11	6.49	5.28	3.40	5.20	4.03
02:00	5.44	6.42	6.17	6.06	6.41	5.09	2.84	4.23	3.58
02:08	5.33	6.13	5.83	5.96	6.33	4.98	2.82	3.49	3.34
02:16	5.16	5.83	5.75	5.63	5.88	4.79	2.44	3.31	3.15
02:24	4.94	5.79	5.65	5.00	5.51	4.69	2.39	3.02	2.79
02:32	4.92	5.61	5.49	4.98	5.28	4.55	2.07	2.73	2.61
02:40	4.57	5.51	5.37	4.70	4.95	4.35	1.99	2.38	1.94
02:48	4.34	5.36	5.14	4.50	4.61	4.21	1.96	2.12	1.60
02:56	4.33	5.10	5.01	4.44	4.45	3.99	1.34	2.02	1.14
03:04	4.26	5.05	4.89	4.10	4.37	3.62	1.31	1.26	1.00
03:12	4.02	4.96	4.70	3.85	3.97	3.37	0.66	1.14	0.61
03:20	3.99	4.53	4.60	3.78	3.93	3.13	0.45	0.72	0.36
03:28	3.94	4.12	4.44	3.76	3.51	2.88	0.19	0.51	0.00
03:36	3.82	3.96	4.31	3.68	3.15	2.75	0.00	0.47	
03:44	3.7	3.84	4.11	3.30	2.87	2.45		0.43	
03:52	3.42	3.70	4.03	2.37	2.76	2.26		0.00	
04:00	3.36	3.50	3.96	2.11	2.70	2.02			
04:08	3.25	3.32	3.88	2.07	2.47	1.87			
04:16	3.15	3.23	3.78	1.95	2.05	1.72			
04:24	2.82	3.08	3.52	1.85	1.95	1.44			
04:32	2.75	2.99	3.40	1.69	1.79	1.31			

04:40	2.62	2.95	3.10	1.59	1.57	1.06			
04:48	2.03	2.87	2.98	0.65	1.39	0.90			
04:56	2.02	2.82	2.91	0.43	1.07	0.63			
05:04	2	2.67	2.81	0.29	0.98	0.50			
05:12	1.99	2.55	2.62	0.00	0.83	0.31			
05:20	1.93	2.33	2.47		0.71	0.00			
05:28	1.51	2.14	2.42		0.22				
05:36	0.9	1.86	2.13		0.00				
05:44	0.86	1.64	1.89						
05:52	0.85	1.47	1.76						
06:00	0.66	1.39	1.62						
06:08	0.52	0.92	1.49						
06:16	0.49	0.54	1.35						
06:24	0.46	0.32	1.15						
06:32	0.37	0.10	1.05						
06:40	0.19	0	0.88						
06:48	0.17		0.57						
06:56	0.14		0.48						
07:04	0		0.25						
07:12			0.00						

4.2. RESULTADO DE CARACTERIZACION DE NANOCELULOSA:

Unidades	Volumen (mm ³)	Diámetro (mm)	Densidad (g/ mm ³)	Porosidad (%)	Superficie específica (mm ² /g)	Tensión (MPa)	Capacidad de adsorción (mmol/g)	Porcentaje de elongación (%)
M1-R1-NP-0.025	5.6296	3.2	0.1599	210.00	8.9358	2.039	23.8704	22.680
M1-R2-NP-0.025	4.8253	3.2	0.1824	165.91	9.1389	1.952	25.0020	14.770
M1-R3-NP-0.025	3.7737	3.1	0.2093	120.25	9.5537	1.245	26.5641	13.810
M2-R1-NP-0.500	7.6975	3.3	0.1884	123.45	5.8984	3.870	14.5873	29.060
M2-R2-NP-0.500	7.2380	3.2	0.1644	142.86	6.7582	2.014	18.3495	20.570
M2-R3-NP-0.500	5.6296	3.2	0.1847	133.65	7.7329	0.510	21.4347	7.710
M3-R1-NP-1.00	8.5527	3.3	0.1391	177.31	7.1872	3.017	18.1926	10.820
M3-R2-NP-1.00	6.8422	3.3	0.1681	141.74	7.4372	2.222	18.6451	14.700
M3-R3-NP-1.00	6.8422	3.3	0.1681	106.09	7.4372	2.222	18.4287	13.500

4.3. RESULTADO DE CARACTERIZACION DE NANOPARTICULA DE HIERRO:

Tamaño de Nanopartículas de Hierro:

	Unidades	Valor
Tamaño promedio de nanopartículas de hierro.	nm	80 nm

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.



JOHNNY W. VALVERDE FLORES
ING. QUIMICO
R. C.I.P. 79862

--- FIN DEL DOCUMENTO ---

"El uso indebido de este informe de ensayo constituye un delito sancionado conforme a la Ley, por la autoridad competente".