



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROYECTO DE INTEGRACIÓN**

**DISEÑO Y VALIDACIÓN DE UN MODELO INTEGRAL PARA LA RECOLECCIÓN,  
TRANSFORMACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE GUANTES INDUSTRIALES USADOS  
EN LA FABRICACIÓN DE PISOS MODULARES**

**ESTUDIANTES:**

**JOHANA PINILLA ESPINEL**

**JAVIER ANTONIO PEREZ MARTINEZ**

**TUTOR ACADÉMICO: LEIDY NATALIA ZAPATA RESTREPO**

**BOGOTÁ D.C. 16/11/2025**

## RESUMEN

El manejo inadecuado de los guantes de seguridad industrial en Bogotá genera impactos ambientales y sanitarios significativos. Estos residuos, compuestos por materiales como nitrilo, cuero y textiles, suelen terminar en rellenos sanitarios o ser incinerados, lo que incrementa la contaminación y desaprovecha recursos valiosos. La ausencia de sistemas especializados para su recolección y reciclaje limita la implementación de estrategias sostenibles, afectando la capacidad de disposición final y aumentando las emisiones tóxicas.

Para abordar esta problemática, se desarrolló una investigación con enfoque mixto, integrando métodos cuantitativos y cualitativos. Se realizó un diagnóstico del ciclo de vida de los guantes, se diseñó un modelo integral de recolección y transformación, y se elaboró un prototipo funcional de piso modular utilizando materiales reciclados. El diseño metodológico incluyó análisis normativo, pruebas experimentales y simulaciones estructurales, garantizando la replicabilidad y trazabilidad del proceso.

Los resultados evidencian la viabilidad técnica y ambiental del modelo propuesto. Con la cantidad de guantes generada mensualmente por una empresa metalmecánica, es posible fabricar entre 7,8 y 18,2 m<sup>2</sup> de pisos modulares, dependiendo del porcentaje de material reciclado. Las simulaciones demuestran que una mezcla del 50 % de guantes reciclados ofrece un equilibrio óptimo entre resistencia y sostenibilidad, reduciendo costos en un 33 % y contribuyendo al cumplimiento del ODS 12.

## TABLA DE CONTENIDO

### Contenido

1. ÁRBOL DE PROBLEMA.....	5
2. OBJETIVO GENERAL .....	7
3. MARCO TEÓRICO .....	10
<b>1. Modelo Integral</b> .....	11
<b>2. Recolección</b> .....	11
<b>3. Transformación</b> .....	11
<b>4. Aprovechamiento</b> .....	12
<b>5. Guantes de seguridad industrial usados</b> .....	12
<b>6. Sistema de economía circular</b> .....	12
<b>7. Objetivo de Desarrollo Sostenible 12</b> .....	13
4. METODOLOGÍA.....	15
5. RESULTADOS .....	22
6. ANALISIS DE RESULTADOS.....	32
7. CONCLUSIONES.....	42
8. RECOMENDACIONES .....	43
9. BIBLIOGRAFÍA.....	43

## INTRODUCCION

La gestión sostenible de residuos industriales se ha convertido en un desafío prioritario en el contexto global, donde la economía circular emerge como una estrategia clave para reducir impactos ambientales y optimizar el uso de recursos. Este documento invita al lector a explorar una propuesta innovadora que busca transformar guantes de seguridad industrial usados en pisos modulares, contribuyendo a la reducción de desechos y al cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible 12.

La relevancia de este estudio radica en su capacidad para integrar soluciones técnicas y ambientales en un modelo replicable, que no solo disminuye la presión sobre los rellenos sanitarios, sino que también fomenta la generación de empleo verde y la innovación en procesos productivos. En un mundo donde la explotación indiscriminada de recursos naturales amenaza la sostenibilidad, iniciativas como esta representan un cambio de paradigma hacia sistemas más responsables y circulares.

Además, el proyecto se enmarca en un contexto económico y social que demanda acciones concretas para mitigar el impacto de los residuos industriales. La propuesta no solo ofrece beneficios ambientales, sino también ventajas económicas al reducir costos de materia prima y abrir nuevas oportunidades de negocio. Por estas razones, este trabajo constituye una lectura esencial para quienes buscan comprender y aplicar principios de sostenibilidad en la industria, aportando conocimiento práctico y científico que puede ser escalado a otros sectores y regiones.

## 1. ÁRBOL DE PROBLEMA

Figura 1.

Árbol de Problemas.

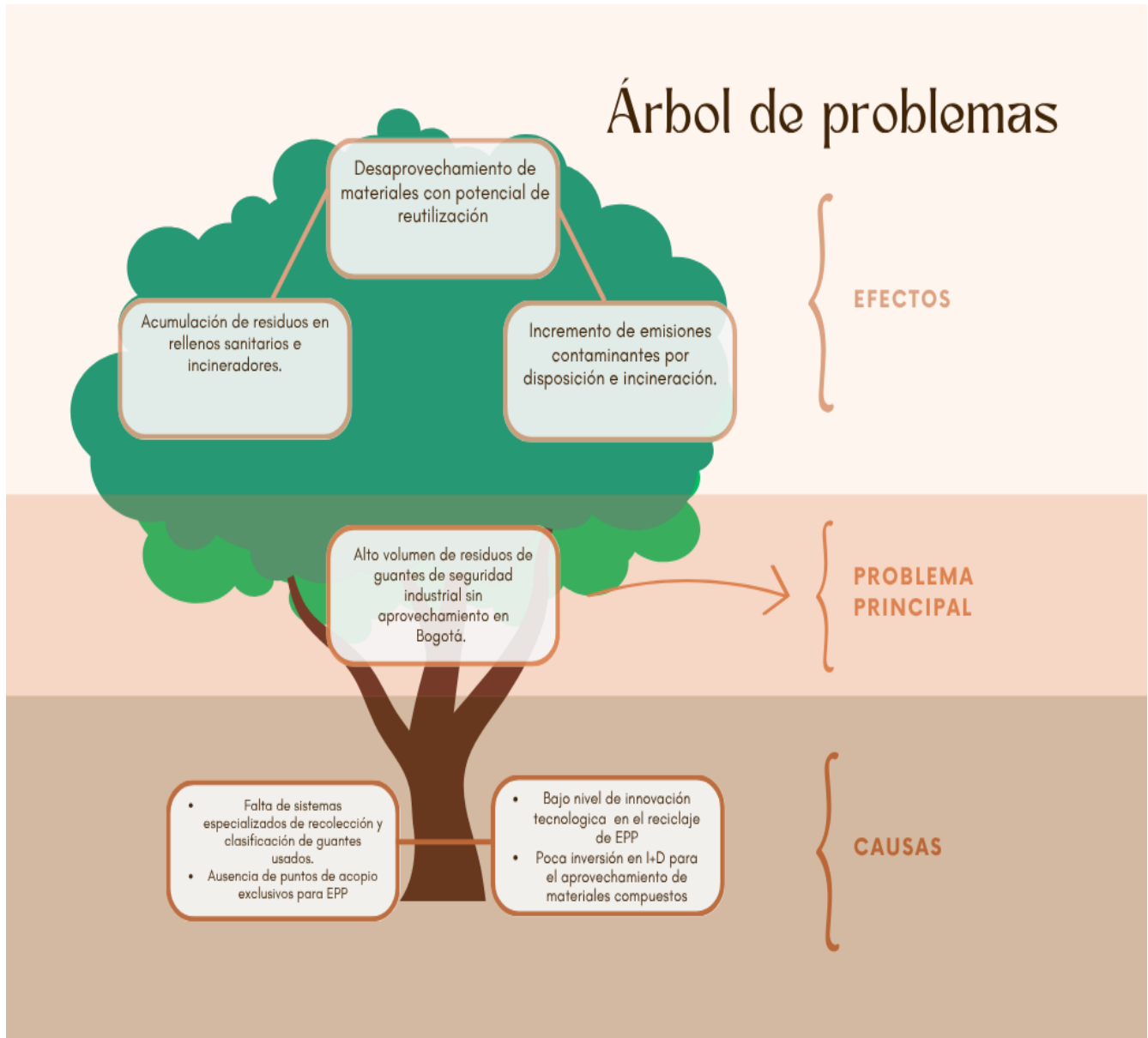


Imagen 1 Árbol de Problemas autor propio

## 1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

En Bogotá, el manejo inadecuado de los residuos de guantes de seguridad industrial constituye un desafío ambiental, productivo y sanitario significativo. Cada año, industrias como la manufactura, la construcción, la minería y los servicios generan volúmenes considerables de guantes hechos de nitrilo, látex, cuero y textiles, que al finalizar su vida útil son descartados sin pasar por procesos adecuados de reciclaje o valorización (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023).

Esta problemática se ve potenciada por la falta de sistemas especializados para la recolección y clasificación, la ausencia de puntos de acopio exclusivos para elementos de protección personal (EPP) y la baja inversión en investigación y desarrollo (I+D) orientada al reciclaje de estos equipos, lo que imposibilita su incorporación en industrias alternativas como la fabricación de pisos modulares.

Las consecuencias son evidentes: los guantes desechados terminan acumulándose en rellenos sanitarios o siendo incinerados, aumentando la presión sobre la capacidad de disposición final de la ciudad. Además, la incineración de materiales poliméricos produce emisiones tóxicas. Estudios en Colombia han reportado que los incineradores sin sistemas de control pueden emitir niveles de dioxinas y furanos policlorados (PCDD/Fs) en gases de salida de hasta 343.8 ng I-TEQ/N m<sup>3</sup>, mientras que en cenizas volantes los niveles alcanzan 67.5 ng I-TEQ/g (Aristizábal, González, & Pachón, 2008).

Esto es relevante porque los PCDD/Fs se generan en procesos térmicos de combustión, especialmente cuando hay presencia de cloro y condiciones de temperatura específicas, favoreciendo rutas de formación tanto homogéneas como heterogéneas (“precursores” y “de novo”) (González et al., 2007; IntechOpen, 2021).

Desde la perspectiva de sostenibilidad, esta situación representa un desperdicio de materiales reciclables. Los guantes contienen polímeros y fibras con potencial técnico para ser aprovechados como insumos en la fabricación de pisos modulares. Utilizar estos residuos no solo mitigaría el impacto ambiental, sino que también promovería innovación dentro del modelo de economía circular en Colombia.

Por ello, resulta prioritario implementar un esquema integral que conecte la recolección selectiva, la transformación eficiente y la valorización de los guantes desechados en nuevos productos. Este enfoque, alineado con el ODS 12, no solo reduciría la huella ambiental y las emisiones nocivas, sino que también generaría oportunidades de innovación, empleo verde y transferencia tecnológica, sentando las bases para un sistema replicable en otros sectores productivos del país.

## **2. OBJETIVO GENERAL**

Proponer un modelo integral de recolección, transformación y aprovechamiento de guantes de seguridad industrial usados para la fabricación de pisos modulares, en el marco de un sistema de economía circular, alineado con el ODS 12.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Diagnosticar el ciclo de vida de los guantes de seguridad industrial en Bogotá, identificando su composición, volumen de desecho y prácticas actuales de disposición, con el fin de establecer una línea base para su aprovechamiento
- Diseñar una estrategia de implementación y escalabilidad del modelo, incluyendo alianzas con recicladores, empresas de seguridad industrial, fabricantes de pisos modulares y entidades gubernamentales, para facilitar su replicación en otras regiones y con otros residuos industriales.

- Desarrollar un prototipo funcional de piso modular utilizando materiales derivados de guantes reciclados, aplicando técnicas de transformación como trituración, aglutinado y moldeo, y evaluando propiedades físicas como resistencia, durabilidad y permeabilidad.
- Evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental del modelo propuesto, considerando costos de recolección, procesamiento, comercialización, impacto en rellenos sanitarios y beneficios para las empresas participantes.

### **PREGUNTA DE INVESTIGACION**

¿De qué manera un modelo integral de economía circular puede contribuir a la recolección, transformación y aprovechamiento de guantes de seguridad industrial usados para la fabricación de pisos modulares, en coherencia con el ODS 12?

### **JUSTIFICACION**

La generación de residuos en Colombia constituye un desafío ambiental y social urgente. Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en el país se producen cerca de 12 millones de toneladas de basura al año, de las cuales solo se recicla aproximadamente un 17 %. En Bogotá, por ejemplo, se generan alrededor de 6.300 toneladas de basura diarias, y apenas entre el 14 % y 15 % son reaprovechadas. Este bajo nivel de reciclaje compromete la capacidad operativa de los rellenos sanitarios, que enfrentan una creciente falta de espacio para la disposición final de residuos (Gutiérrez, 2020). Esta situación se agrava en el caso de los residuos industriales, como los guantes de seguridad, que en su mayoría no reciben un tratamiento adecuado y son desechados sin ningún tipo de valorización.

Ante este panorama, resulta fundamental adoptar modelos de gestión que contribuyan a la reducción, reutilización y transformación de residuos. La economía circular ofrece una alternativa eficaz al modelo lineal tradicional de “producir, usar y desechar”. Este enfoque promueve la conservación del

valor de los materiales y la reducción de los impactos ambientales, disminuyendo las emisiones de gases de efecto invernadero y transformando la manera en que fabricamos y utilizamos los productos (Enel Colombia, 2024). Su objetivo principal es mejorar la eficiencia en el uso de los recursos y desvincular el crecimiento económico de la explotación de recursos naturales y de los impactos negativos sobre el medio ambiente, generando a su vez nuevas oportunidades económicas.

En este contexto, el proyecto de proponer un modelo integral de recolección, transformación y aprovechamiento de guantes de seguridad industrial usados para fabricar pisos modulares en la ciudad de Bogotá se alinea de manera directa con los principios de la economía circular. Reincorporar al ciclo productivo materiales que normalmente se descartan no solo reduce la presión sobre los ecosistemas y los rellenos sanitarios, sino que también impulsa la innovación en el desarrollo de productos sostenibles y con valor agregado.

Además, esta iniciativa contribuye al cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible 12, enfocado en garantizar patrones de producción y consumo responsables. En particular, se articula con metas específicas como: 12.2, lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales; 12.5, reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización; 12.6, alentar a las empresas, en especial las grandes y transnacionales, a adoptar prácticas sostenibles e incorporar información sobre sostenibilidad en sus reportes; y 12.7, promover prácticas de adquisición pública sostenibles, de conformidad con las políticas y prioridades nacionales (ONU, 2023).

Entre sus beneficios destacan: ambientales, al disminuir el volumen de residuos y su impacto ecológico; económicos, al ofrecer una fuente alternativa de materias primas y nuevas oportunidades de negocio; y sociales, al fomentar la generación de empleos en actividades de recolección, transformación y producción, así como una mayor conciencia ambiental en empresas y comunidades.

Por estas razones, este proyecto resulta pertinente y necesario, ya que integra soluciones ambientales, sociales y económicas en un modelo sostenible que promueve la transición hacia sistemas productivos más responsables y circulares, en armonía con los retos actuales y futuros en materia de gestión de residuos.

### **3. MARCO TEÓRICO**

En las últimas décadas, la gestión sostenible de residuos industriales ha cobrado una importancia creciente para reducir el impacto ambiental y promover prácticas responsables en la producción y consumo, tal como lo señala el Objetivo de Desarrollo Sostenible 12 (ODS 12), que busca garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles (Naciones Unidas, 2015). La economía circular surge como un modelo innovador que permite transformar los residuos en recursos, optimizando el uso de materiales y reduciendo la generación de desechos peligrosos, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental y económica (Ellen MacArthur Foundation, 2019). Los guantes de seguridad industrial usados, en particular, representan un desafío ambiental y una oportunidad para la innovación en la gestión de residuos, especialmente en sectores con alto consumo de Equipo de Protección Personal (EPP). La implementación de un modelo integral de recolección, transformación y aprovechamiento, alineado con los principios de economía circular y los lineamientos del ODS 12, puede contribuir a disminuir la huella ecológica de las actividades industriales y promover prácticas sostenibles con beneficios sociales y ambientales. Este marco teórico abordará las bases conceptuales relacionadas con la gestión de residuos, la economía circular y el potencial de reutilización en la fabricación de pisos modulares, contextualizando el problema y proponiendo caminos hacia su mitigación y aprovechamiento.

## **1. Modelo Integral**

Un modelo integral de gestión de residuos industriales debe contemplar la planificación, ejecución y evaluación de procesos que permitan la recolección, transformación y aprovechamiento de materiales desechados. Según Valdés López et al. (2019), este enfoque debe basarse en la economía ecológica, integrando el análisis de ciclo de vida y métodos multicriterio para evaluar la sostenibilidad. La gestión integral implica también la aplicación de normativas específicas que regulan los residuos industriales, como lo establece la Comunidad de Madrid (2018), promoviendo la jerarquía de residuos y la valorización. Además, la implementación de planes de manejo integral en empresas permite adaptar los procesos productivos a criterios ambientales, como lo demuestra Ordinola y Mejía (2020) en el contexto agroindustrial.

## **2. Recolección**

La recolección de guantes de seguridad industrial usados requiere una logística especializada que garantice su separación en origen y transporte seguro. Recycling Today (2023) describe un proceso estructurado que incluye clasificación, limpieza y preparación para reciclaje. IBP Uniuso (2023) destaca la importancia de contar con contenedores específicos y protocolos sanitarios para evitar riesgos biológicos. Contemar (2023) señala que la recolección adecuada es el primer paso para garantizar la sostenibilidad en el tratamiento de estos residuos.

## **3. Transformación**

La transformación de guantes usados en materiales reutilizables implica procesos como trituración, granulación y extrusión. Recycling Today (2023) detalla cómo estos pasos permiten convertir los guantes en gránulos útiles para nuevos productos. IBP Uniuso (2023) explica que el

reciclaje reduce la dependencia de materias primas vírgenes y disminuye las emisiones contaminantes. Contemar (2023) indica que los guantes reciclados pueden ser utilizados en la fabricación de artículos como tapetes o asfalto, cerrando el ciclo de vida del producto.

#### **4. Aprovechamiento**

El aprovechamiento de los guantes reciclados para fabricar pisos modulares representa una aplicación concreta de la economía circular. Recycling Today (2023) menciona que el nitrilo reciclado puede ser moldeado en productos industriales. IBP Uniuso (2023) resalta que este tipo de aprovechamiento permite reducir el impacto ambiental y generar valor económico. Contemar (2023) afirma que el uso de guantes reciclados en nuevos productos contribuye a la conservación de recursos naturales.

#### **5. Guantes de seguridad industrial usados**

Los guantes de seguridad industrial son esenciales para la protección laboral, pero su disposición final plantea retos ambientales. Recycling Today (2023) advierte que su desecho inadecuado genera residuos plásticos significativos. IBP Uniuso (2023) recomienda procesos de reciclaje especializados para evitar riesgos sanitarios y ambientales. Contemar (2023) destaca que su reciclabilidad depende del tipo de material y del cumplimiento de normativas específicas.

#### **6. Sistema de economía circular**

La economía circular aplicada a residuos industriales promueve la reducción, reutilización y reciclaje como pilares fundamentales. Valdés López et al. (2019) proponen un enfoque ecológico que integra herramientas como el análisis emergético. Cortinas (2020) plantea que la economía

circular comunitaria permite transitar hacia modelos cero residuos. ONU (2019) establece que la economía circular es clave para cumplir con los objetivos de sostenibilidad global.

## **7. Objetivo de Desarrollo Sostenible 12**

El ODS 12 busca garantizar modalidades sostenibles de producción y consumo. FEMP (2022) destaca la necesidad de reducir la generación de residuos mediante reciclaje y reutilización.

Banco Mundial (2020) advierte que sin políticas estructurales, el uso de materiales aumentará significativamente, afectando el medio ambiente. ONU (2019) subraya que la implementación de estrategias de economía circular es esencial para alcanzar las metas del ODS 12.

### **Aplicación de guantes reciclados en pisos modulares**

La fabricación de pisos modulares a partir de guantes de seguridad industrial usados representa una solución innovadora dentro del paradigma de la economía circular. Empresas como DEX® Floor han demostrado que es posible transformar residuos plásticos industriales en productos de alta resistencia y durabilidad, aptos para el tránsito de maquinaria pesada (DEX Floor, 2025).

Esta iniciativa no solo reduce la cantidad de residuos enviados a vertederos, sino que también promueve la reutilización de materiales que conservan sus propiedades técnicas. Según Muriel Suárez et al. (2025), la transformación de residuos industriales en materiales sostenibles para manufactura aditiva permite ampliar las posibilidades del diseño industrial y reducir el impacto ambiental. Además, el reciclaje de guantes industriales, como lo realiza Reciclado de Guante Industrial S.A. de C.V., garantiza la conservación de características como resistencia al rasgado y funcionalidad operativa (Reciclado de Guante Industrial, 2025). La reutilización de estos materiales en pisos modulares también se alinea con los principios de diseño sostenible, donde se prioriza la durabilidad y la adaptabilidad del producto (MITECO, 2023).

La economía circular aplicada a la construcción modular busca cerrar el ciclo de vida de los materiales mediante su reutilización y reciclaje. En este contexto, los guantes de seguridad industrial usados pueden convertirse en materia prima para pisos modulares, reduciendo la extracción de recursos vírgenes. Vidales Barriguete et al. (2023) destacan que la incorporación de residuos plásticos en materiales de construcción permite minimizar el uso de recursos naturales y las emisiones de CO<sub>2</sub>. El Grupo de Trabajo GT-6 del Congreso Nacional del Medio Ambiente también subraya que la industria de la construcción está adoptando tecnologías sostenibles y materiales reciclados para responder a los desafíos ambientales actuales (Fundación Conama, 2018). Esta transición hacia modelos de producción más responsables se ve reflejada en proyectos que integran residuos industriales en soluciones modulares, como los pisos de caucho reciclado que ofrecen flexibilidad y resistencia (IDIarios, 2024). Además, el uso de guantes reciclados en este tipo de aplicaciones permite extender la vida útil de los productos y reducir la generación de desechos (OBS Business School, 2023).

La fabricación de pisos modulares con guantes reciclados contribuye directamente al cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible 12, que promueve la producción y el consumo responsables. OBS Business School (2023) señala que las empresas deben incorporar criterios de economía circular en sus operaciones, como la prevención, reducción, reutilización y reciclaje de residuos. La Fundación para el Desarrollo Sostenible (2023) enfatiza que el ODS 12 busca desvincular el crecimiento económico de la degradación ambiental, promoviendo estilos de vida sostenibles. En este sentido, la industria modular puede liderar el cambio mediante el uso de materiales reciclados, como los guantes de seguridad industrial, en productos funcionales y duraderos. Además, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España destaca que los modelos de gestión de residuos deben priorizar la prevención y la valorización,

integrando sistemas de recogida y tratamiento adecuados para cada tipo de residuo (MITECO, 2023).

## 4. METODOLOGÍA

### 1. Enfoque de la investigación o descripción metodológica.

La presente investigación adopta un enfoque mixto, integrando métodos cuantitativos y cualitativos para abordar de manera integral el problema del manejo de guantes de seguridad industrial usados. El enfoque cuantitativo se emplea para medir variables objetivas como el volumen de residuos, composición de materiales y costos de transformación. El enfoque cualitativo, por su parte, permite comprender las percepciones, barreras y oportunidades desde la perspectiva de actores clave como recicladores, empresas y entidades gubernamentales.

Según Hernández Sampieri et al., el enfoque mixto 'combina los enfoques cuantitativo y cualitativo en un solo estudio para aprovechar las fortalezas de ambos y minimizar sus debilidades' (Hernández Sampieri et al., 2014). Este enfoque es especialmente útil cuando se busca una comprensión más completa de fenómenos complejos como los que aborda este proyecto.

El enfoque metodológico adoptado en esta investigación es mixto, lo que permite integrar datos numéricos y narrativos, enriqueciendo así el análisis y la interpretación de los resultados (Cejas Martínez et al., 2023). Esta combinación de enfoques resulta especialmente útil en estudios aplicados que buscan resolver problemas prácticos, como lo señala Hernández Sampieri et al. (2014), al permitir una comprensión más completa de fenómenos complejos. Además, los métodos mixtos son recomendados cuando se requiere una visión holística del problema de investigación (Tashakkori & Creswell, 2007, citado en UNAM, 2023), ya que posibilitan validar

los hallazgos desde múltiples perspectivas. En este sentido, la triangulación metodológica fortalece la validez de los resultados al contrastar diferentes fuentes de información (Cejas Martínez et al., 2023).

Por otro lado, el diseño de esta investigación es de tipo transversal, caracterizado por la recolección de datos en un solo momento, lo que permite describir fenómenos y analizar su incidencia sin manipular variables (Hernández Sampieri et al., 2014). Este tipo de diseño es adecuado para describir fenómenos y establecer relaciones entre variables en un contexto específico.

## **2. Diseño Metodológico**

La solidez del diseño metodológico de esta investigación se fundamenta en tres principios clave: replicabilidad, verificabilidad y trazabilidad, los cuales garantizan la rigurosidad científica del estudio. En primer lugar, un diseño replicable permite que otros investigadores reproduzcan el estudio bajo condiciones similares, lo que fortalece la confiabilidad de los resultados y facilita su aplicación en contextos industriales distintos (APA, 2024). En segundo lugar, la verificabilidad asegura que los hallazgos puedan ser comprobados mediante evidencia empírica, lo cual es esencial para validar el impacto del modelo propuesto en términos técnicos y ambientales (Lifeder, 2024). Finalmente, la trazabilidad permite seguir el flujo de información y materiales a lo largo de todo el proceso, desde la recolección de los guantes hasta la fabricación de pisos modulares, lo que garantiza transparencia y control en cada etapa del proyecto (JARS-Mixto, 2024).

Composición de pruebas experimentales, para garantizar la funcionalidad y resistencia del piso modular, se plantean tres pruebas con diferentes proporciones de guantes reciclados y materiales

complementarios (polímero reciclado, caucho reciclado y resina poliuretano). Estas pruebas permitirán determinar la mezcla óptima en términos de propiedades físicas y viabilidad técnica.

<b>Prueba</b>	<b>Guantes reciclados (%)</b>	<b>Polímero reciclado (%)</b>	<b>Caucho reciclado (%)</b>	<b>Resina poliuretano (%)</b>	<b>TOTAL (%)</b>
<b>Opción 1</b>	30	35	21	14	100
<b>Opción 2</b>	50	25	15	10	100
<b>Opción 3</b>	70	15	9	6	100

***Tabla 1 Elaboración propia***

Las proporciones se definieron considerando que los guantes aportan flexibilidad y textura, mientras que el polímero reciclado proporciona rigidez estructural, el caucho mejora la absorción de impactos y la resina poliuretano actúa como aglutinante para garantizar cohesión. La variación en el porcentaje de guantes permitirá evaluar el impacto en resistencia, durabilidad y permeabilidad del prototipo.

**Cronograma alineado a objetivos con actividades planteadas para obtención de resultados esperados**

<b>Objetivo específico</b>	<b>Actividades</b>	<b>Resultados esperados</b>	<b>Instrumento metodológico</b>	<b>Responsable</b>	<b>Fecha</b>
<b>Diagnosticar el ciclo de vida de los guantes</b>	Recolectar datos en empresas sobre tipos y cantidades de guantes desechados.	Informe técnico sobre el ciclo de vida de los guantes	Recolección de datos secundarios	Johana P. – Javier P.	Octubre 2025
	Analizar la composición físico-química de los materiales		Matrices de análisis técnico		
	Identificar prácticas habituales actuales de disposición y reciclaje		Revisión documental y normativa		
<b>Diseñar estrategia de implementación</b>	Elaborar un plan de escalabilidad del modelo.	Documento estratégico con plan de implementación y replicación	Matrices de análisis técnico	Johana P. – Javier P.	Octubre 2025
<b>Desarrollar prototipo funcional</b>	Aplicar técnicas de trituración y aglutinado de guantes reciclados	Prototipo de piso modular con ficha técnica	Matrices de análisis técnico	Johana P. – Javier P.	Noviembre 2025
	Moldear materiales en forma de piso modular		Matrices de análisis técnico		
	Realizar pruebas de resistencia, durabilidad y permeabilidad		Matrices de análisis técnico		
<b>Evaluar viabilidad técnica, económica y ambiental</b>	Analizar costos de recolección, transformación y comercialización	Estudio de viabilidad integral del modelo	Recolección de datos secundarios	Johana P. – Javier P.	Noviembre 2025
	Estimar beneficios ambientales por		Matrices de análisis técnico + Revisión		

	reducción de residuos		documental y normativa	
	Evaluar impacto económico para empresas participantes		Recolección de datos secundarios	

**Tabla 2 Elaboración propia**

### 3. Población Muestra

La población objeto de estudio está conformada por las organizaciones que utilizan guantes de seguridad industrial en el desarrollo de sus procesos productivos, así como por los actores que participan en la cadena de gestión de estos residuos, incluyendo empresas generadoras, gestores de residuos y potenciales transformadores de materiales. Esta población se delimita geográficamente a la ciudad de Bogotá, dado que en este territorio se concentra un alto número de industrias de diversos sectores económicos, lo que permite obtener una visión representativa de la problemática en un contexto urbano e industrial.

Dentro de esta población, la investigación se centrará en un caso de aplicación práctica en la empresa Imerpa Industrias Metalmecánicas, ubicada en Bogotá D.C., dedicada a la fabricación y mantenimiento de estructuras metálicas. Esta empresa constituye una unidad representativa del sector metalmeccánico, en el cual el uso de guantes de seguridad industrial es intensivo y genera residuos con alto potencial de aprovechamiento.

La muestra se definirá bajo un criterio intencional y de conveniencia, en atención a la naturaleza aplicada y exploratoria de la investigación. En este sentido, se seleccionará como unidad de análisis principal la empresa Imerpa Industrias Metalmecánicas, junto con los actores vinculados a la gestión de los guantes de seguridad desechados, tales como el gestor de residuos contratado

por la empresa y los posibles transformadores que participen en las pruebas piloto de aprovechamiento.

Los criterios de selección considerados incluyen:

1. Relevancia del consumo de guantes de seguridad industrial dentro de los procesos metalmecánicos, asegurando la disponibilidad de material usado para el análisis.
2. Disposición de la empresa a participar activamente en el estudio, facilitando el acceso a información técnica y a residuos generados para su caracterización y transformación.
3. Representatividad del proceso productivo respecto a otras empresas del sector metalmecánico de Bogotá, lo que permitirá extrapolar los resultados de manera razonada

La elección de esta muestra responde a la necesidad de obtener información suficiente y pertinente para diagnosticar el ciclo de vida de los guantes dentro de un entorno real de producción metalmecánica, identificar barreras y oportunidades en la cadena de gestión, y evaluar la viabilidad técnica del aprovechamiento de este residuo en la fabricación de pisos modulares. De esta manera, se privilegia la pertinencia y factibilidad sobre la representatividad estadística, en coherencia con el enfoque mixto adoptado y con el propósito aplicado de la investigación. Asimismo, la selección de Imerpa Industrias Metalmecánicas como empresa piloto permite validar el modelo en condiciones reales, facilitando la futura replicabilidad en otras organizaciones del sector

#### **4. Instrumentos**

Para la recolección y análisis de la información se emplearán instrumentos de carácter documental y técnico que permitirán garantizar la validez y confiabilidad de los resultados esperados. Estos instrumentos se seleccionan en coherencia con el enfoque mixto de la

investigación, priorizando el uso de fuentes verificables y metodologías de análisis estructuradas:

### **1. Revisión documental y normativa:**

Se realizará un análisis exhaustivo de literatura académica, informes técnicos, normativas nacionales e internacionales (como las disposiciones del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, ICONTEC e ISO), así como documentos institucionales relacionados con la gestión de residuos industriales y sistemas de economía circular. Este instrumento permitirá establecer el marco conceptual, normativo y contextual del problema investigado, además de identificar lineamientos aplicables a la reutilización de guantes de seguridad industrial.

### **2. Matrices de análisis técnico:**

Se diseñarán y aplicarán matrices de análisis que faciliten la organización, comparación y evaluación de la información recolectada. Entre ellas se incluirán matrices de ciclo de vida, de costos técnicos y ambientales, y de viabilidad en procesos de transformación. Estas herramientas permitirán sistematizar datos complejos, generar criterios objetivos de evaluación y aportar insumos clave para la propuesta del modelo integral de aprovechamiento.

### **3. Recolección de datos secundarios (estadísticos y técnicos)**

Se emplearán fuentes secundarias provenientes de bases de datos oficiales (como DANE, ANDI y reportes institucionales), estudios de caso industriales y literatura científica especializada. Este instrumento permitirá cuantificar variables tales como volúmenes estimados de residuos generados, costos asociados a su manejo y beneficios potenciales derivados de su transformación, aportando un soporte empírico al análisis.

En conjunto, estos instrumentos contribuirán a un abordaje metodológico sólido, al integrar tanto la dimensión normativa y contextual como el análisis técnico y estadístico, lo que fortalecerá la validez de los hallazgos y la pertinencia del modelo propuesto.

## 5. RESULTADOS

### 1. Recolección de datos.

Alineados con el objetivo de diagnosticar el ciclo de vida los guantes, se describe la información aplicando el instrumento de recolección de datos secundarios. Analizamos el consumo histórico y proyectamos la generación semanal usando la fórmula:

$$\text{Guantes/semana} = \Sigma (\text{Operarios} \times \text{Guantes/operario} \times \text{Turnos/semana} \times \% \text{Recambio}).$$

Validamos contra registros de almacén y ajustamos por estacionalidad.

Tabla estimativa de guantes por semana:

Semana	Nitrilo	Cuero	Tela	Total
1	61	31	21	113
2	62	32	22	116
3	63	33	23	119
4	64	34	24	122

*Tabla 3 Elaboración propia*

Ahora pasamos a cálculos relevantes de acuerdo con los datos consolidados.

### Análisis de Peso y Volumen de Guantes Usados

Pesos promedio por tipo de guante (estimaciones estándar):

- Nitrilo: 25 g/unidad
- Cuero: 120 g/unidad
- Tela: 60 g/unidad

Volúmenes promedio por tipo de guante:

- Nitrilo: 150 cm<sup>3</sup>/unidad
- Cuero: 500 cm<sup>3</sup>/unidad
- Tela: 300 cm<sup>3</sup>/unidad

Resumen semanal de generación de guantes (peso y volumen):

Semana	Peso total (g)	Volumen total (cm <sup>3</sup> )
1	6,505	30,950
2	6,710	31,900
3	6,915	32,850
4	7,120	33,800
Total mes	27,250 g o 27,25 kg	129,500 cm <sup>3</sup> o 0.13 m

*Tabla 4 Elaboración propia*

Proyección de capacidad de producción de pisos modulares de acuerdo con % de uso de guantes como materia prima principal.

Para fabricar 1 m<sup>2</sup> de piso modular se requieren 5 kg (5,000 g) de guantes reciclados (cuando se usa una mezcla con 100% guantes).

Entonces, con 27.25 kg de guantes reciclados al mes, se podrían fabricar:

- Con mezcla al 70% de guantes
  - $27,25 / (5 \times 0,7) = 7,79 \text{ m}^2$
- Con mezcla al 50% de guantes
  - $27,25 / (5 \times 0,5) = 10,9 \text{ m}^2$
- Con mezcla al 30% de guantes
  - $27,25 / (5 \times 0,3) = 18,17 \text{ m}^2$

La empresa Imerpa Industrias Metalmecánicas genera aproximadamente 27.25 kg de guantes usados al mes, lo que representa un volumen de 0.13 m<sup>3</sup>. Con esta cantidad, se podrían fabricar

entre 7.8 y 18.2 m<sup>2</sup> de pisos modulares al mes, dependiendo del porcentaje de guantes reciclados utilizado en la mezcla

## 2. Composición fisicoquímica de materiales

En el sector metalmecánico, los guantes de seguridad industrial son esenciales para proteger a los trabajadores de riesgos mecánicos, térmicos y químicos. La empresa Imerpa utiliza principalmente guantes de nitrilo, cuero y tela, cada uno con propiedades específicas que responden a las exigencias de sus procesos productivos.

Tipo	Material	Propiedades	Aplicaciones	Norma Aplicable
<b>Nitrilo</b>	Copolímero de acrilonitrilo y butadieno	Resistencia a aceites, grasas, hidrocarburos y perforaciones. No causa alergias.	Manipulación de piezas aceitosas, mantenimiento de maquinaria, contacto con solventes.	NTC 5684 / EN ISO 374-1
<b>Cuero</b>	Cuero vacuno o porcino tratado	Alta resistencia al calor, abrasión, chispas y cortes.	Soldadura, corte de metales, manipulación de herramientas pesadas	NTC 5684 / EN 388 y EN 407
<b>Tela</b>	Algodón, poliéster o mezclas con recubrimiento de nitrilo o PVC	Ligereza, transpirabilidad, comodidad. Mejora de agarre con recubrimientos.	Ensamblaje, limpieza, manipulación de piezas sin bordes cortantes.	Buenas prácticas industriales)

*Tabla 5 Elaboración propia*

### 3. Prácticas habituales de disposición final y reciclaje.

- **Disposición final tradicional.** En Colombia, la mayoría de los guantes de seguridad industrial usados son descartados como residuos ordinarios o peligrosos, dependiendo de su nivel de contaminación. Estos residuos suelen terminar en rellenos sanitarios o ser incinerados, lo que genera impactos ambientales negativos como la emisión de gases tóxicos (dioxinas y furanos) y el desaprovechamiento de materiales con potencial reciclable (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023)
- **Falta de sistemas especializados.** No existen sistemas ampliamente implementados para la recolección selectiva ni puntos de acopio específicos para elementos de protección personal (EPP), lo que dificulta su clasificación y tratamiento adecuado. Además, la baja inversión en investigación y desarrollo limita las posibilidades de valorización de estos residuos
- **Prácticas emergentes de reciclaje.** Algunas empresas y organizaciones están comenzando a implementar programas de reciclaje de guantes, especialmente de nitrilo, mediante procesos que incluyen:
  - Separación en origen y recolección en contenedores específicos.
  - Clasificación y limpieza para eliminar contaminantes.
  - Trituración y granulación para convertir los guantes en materia prima secundaria.
  - Reutilización en productos como pisos modulares, tapetes o componentes plásticos.
- **Disposición responsable.** Se recomienda evaluar el material, estado y nivel de contaminación de los guantes antes de su disposición. Los guantes contaminados deben

tratarse como residuos peligrosos, mientras que los no contaminados pueden ser reciclados o reutilizados. Esta evaluación es clave para evitar impactos negativos en la salud y el ambiente (Moreno, 2023)

**4. Plan de escalabilidad de modelo de aprovechamiento de guantes.**

<b>Etapa</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Acciones clave</b>
<b>1. Diagnóstico inicial</b>	Evaluar el contexto actual de generación y disposición de guantes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuantificar volumen mensual de residuos.</li> <li>- Identificar tipos y materiales de guantes.</li> <li>- Analizar prácticas actuales de disposición.</li> <li>- Mapear actores clave (proveedores, recicladores, gestores).</li> </ul>
<b>2. Validación técnica del modelo</b>	Confirmar la viabilidad técnica del proceso de transformación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar pruebas piloto con mezclas.</li> <li>- Evaluar resistencia, durabilidad y permeabilidad de los pisos.</li> <li>- Documentar procesos de transformación.</li> </ul>
<b>3. Análisis de viabilidad económica y ambiental</b>	Determinar rentabilidad e impacto ambiental del modelo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estimar costos de recolección, transformación y comercialización.</li> <li>- Calcular beneficios ambientales y económicos.</li> <li>- Identificar incentivos o apoyos institucionales.</li> </ul>

<p><b>4. Diseño del modelo de escalabilidad</b></p>	<p>Establecer una hoja de ruta para replicar el modelo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir criterios para seleccionar nuevas empresas.</li> <li>- Establecer alianzas estratégicas.</li> <li>- Diseñar logística de recolección y distribución.</li> </ul>
<p><b>5. Implementación progresiva</b></p>	<p>Poner en marcha el modelo en nuevas empresas o regiones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacitar personal en separación y disposición.</li> <li>- Instalar puntos de acopio.</li> <li>- Formalizar acuerdos con gestores y transformadores.</li> </ul>
<p><b>6. Monitoreo y mejora continua</b></p>	<p>Asegurar sostenibilidad y eficiencia del modelo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir indicadores de desempeño.</li> <li>- Realizar auditorías periódicas.</li> <li>- Ajustar procesos según resultados.</li> </ul>

*Tabla 6 Elaboración propia*

## 5. Ficha técnica de prototipo para fabricación de pisos modulares

El proceso de transformación de guantes de seguridad industrial usados en pisos modulares se puede dividir en tres fases principales: preparación del material (triturado y aglutinado), moldeo del producto, y evaluación de desempeño físico.

- **Triturado y aglutinado de guantes usados.** convertir los guantes en una materia prima homogénea y manipulable para su posterior transformación.

**Pasos:**

- **Recolección y clasificación:** Separar los guantes por tipo de material (nitrilo, cuero, tela) y descartar los contaminados o no aptos.
  - **Limpieza y desinfección:** Eliminar residuos de aceites, grasas o contaminantes biológicos.
  - **Secado:** Asegurar que los guantes estén completamente secos para evitar humedad en el proceso.
  - **Trituración:** Utilizar una trituradora industrial para reducir los guantes a fragmentos pequeños (1–5 mm).
  - **Aglutinado:** Mezclar los fragmentos con un aglutinante (como resina de poliuretano) y otros materiales complementarios (polímero reciclado, caucho) en proporciones definidas (por ejemplo, 30–70% guantes reciclados).
- **Moldeo del material aglutinado.** Dar forma al material compuesto para obtener pisos modulares con características técnicas adecuadas.

**Pasos:**

- **Preparación del molde:** Utilizar moldes de acero o silicona con las dimensiones deseadas del piso modular.
- **Vertido de la mezcla:** Colocar la mezcla aglutinada en el molde de forma uniforme.
- **Compactación:** Aplicar presión para eliminar burbujas de aire y asegurar cohesión.
- **Curado térmico:** Someter el molde a calor controlado (por ejemplo, 80–120 °C) durante un tiempo determinado para activar el aglutinante.

- **Desmoldeo y enfriamiento:** Retirar el piso modular del molde y dejarlo enfriar para estabilizar su forma y propiedades.
- **Pruebas de resistencia, durabilidad y permeabilidad.** Validar la calidad del prototipo y su viabilidad como producto funcional.

### Pruebas seguridad

- **Resistencia mecánica:** Ensayo de compresión y flexión para evaluar la capacidad de carga y deformación.
- **Durabilidad:** Pruebas de desgaste por abrasión, ciclos de carga repetitiva y exposición a condiciones ambientales (humedad, temperatura).
- **Permeabilidad:** Ensayo de absorción de agua para determinar la resistencia a la humedad y su idoneidad para ambientes industriales
- **Instrumentos:** Prensa hidráulica, cámara climática, durómetros, balanzas de precisión, y equipos de ensayo de absorción.

## 6. Estudios de Viabilidad y Ventajas de optar por el modelo propuesto

### Comparativo de costos

Concepto	Modelo con Reciclaje (COP/m <sup>2</sup> )	Modelo de Convencional (COP/m <sup>2</sup> )
Materia prima	2,000	6,000
Aglutinantes y aditivos	3,000	2,000
Energía y transformación	2,500	3,500

Mano de obra	1,500	1,500
Logística (recolección o compra)	1,000	2,000
<b>Total Estimado</b>	10,000	15,000

*Tabla 7 Elaboración propia*

Ahorro estimado por m<sup>2</sup>: 5,000 COP, lo que representa una reducción del 33% en costos de producción al usar materiales reciclados.

➤ **Ventajas Organizacionales**

- Reducción de costos de materia prima (hasta un 60% en comparación con materiales vírgenes).
- Cumplimiento de políticas de sostenibilidad y Responsabilidad Social Empresarial (RSE).
- Disminución de residuos industriales enviados a rellenos sanitarios.
- Mejora de la imagen corporativa como empresa ambientalmente responsable.
- Acceso a incentivos fiscales, certificaciones ambientales y programas de economía circular.
- Fomento del empleo verde, fortaleciendo cadenas de valor sostenibles.

➤ **Comparativo de gastos de recolección de materia prima.**

<b>Concepto</b>	<b>Modelo de guantes reciclados</b>	<b>Modelo con materia prima virgen</b>
<b>Fuente de materia prima</b>	Guantes industriales usados (residuos internos de la empresa)	Polímeros vírgenes o caucho comprado a proveedores
<b>Costo de adquisición de materia prima</b>	0 COP (residuo generado internamente)	internamente)6,000 COP/m <sup>2</sup> aprox.
<b>Costo de recolección y clasificación interna</b>	1,000 COP/m <sup>2</sup>	No aplica
<b>Costo de transporte o logística</b>	Incluido en recolección interna	2,000 COP/m <sup>2</sup>
<b>Costo total estimado por m<sup>2</sup></b>	1,000 COP	8,000 COP

*Tabla 8 Elaboración propia*

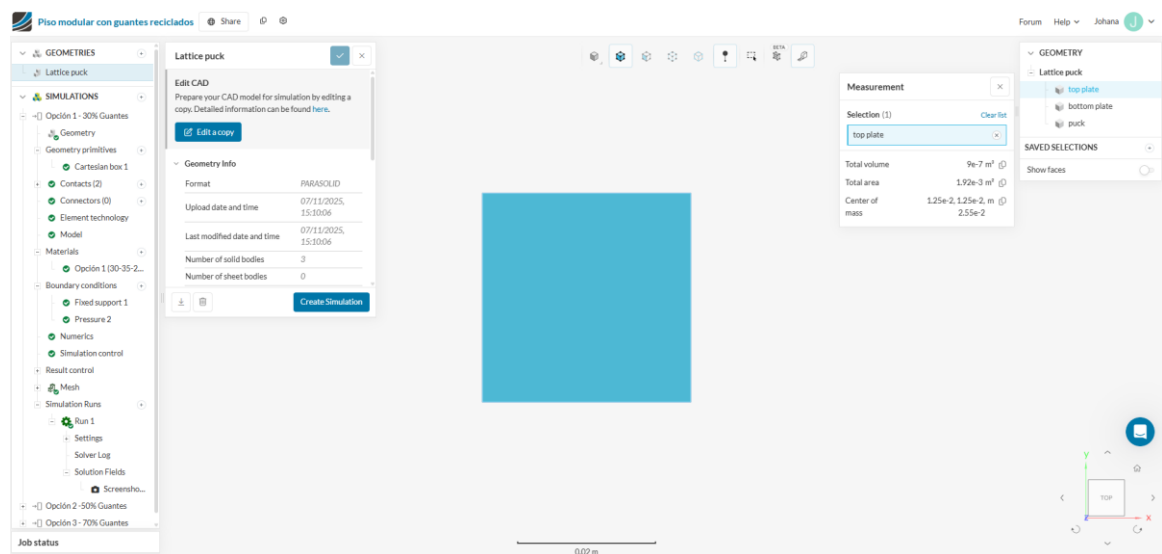
Este análisis muestra que el modelo con guantes reciclados puede reducir los costos de materia prima y logística en más del **85%**, además de aprovechar residuos que de otro modo serían desechados.

## 6 ANALISIS DE RESULTADOS

### 1. Metodología de simulación

Para evaluar el desempeño mecánico de los pisos modulares fabricados con diferentes porcentajes de guantes industriales reciclados, se realizaron tres simulaciones estructurales en el software SimScale, bajo condiciones de carga estática uniforme. Cada modelo fue sometido a un análisis de esfuerzos de Von Mises y desplazamientos, con el fin de determinar su resistencia y comportamiento estructural frente a una carga vertical distribuida.

El piso se modeló como una placa cuadrada de  $0.04\text{ m} \times 0.04\text{ m}$  y un espesor aproximado de  $0.02\text{ m}$ , con apoyo fijo en los bordes y sometida a una presión de carga uniforme que representa el peso promedio del tránsito peatonal. Estas dimensiones corresponden a un módulo representativo del sistema de piso, empleado para analizar el comportamiento mecánico del material bajo condiciones de uso continuo.



*Imagen 2 Autor propio*

- **Configuración General:**

- **Tipo de análisis:** Estático lineal (Elastic Stress Analysis)
- **Condición de frontera:** Soporte fijo en los bordes inferiores
- **Carga aplicada:** Presión vertical equivalente a 1.5 kN/m<sup>2</sup>, simulando tránsito peatonal continuo
- **Mallado:** Automático con refinamiento fino
- **Material base:** Polímero reciclado con refuerzo variable de guantes industriales (mezcla homogénea)

- **Opciones Analizadas:**

- **Opción 1:** 30 % guantes reciclados
- **Opción 2:** 50 % guantes reciclados
- **Opción 3:** 70 % guantes reciclados

Material	
Search...	Editing user material
> DEFAULT	You are currently editing your user material properties
> MY MATERIALS	<b>Opción 1 (30-35-21-14%)</b>
Opción 1 (30-35-21-14%)	(C <sub>p</sub> ) Specific heat at constant p... 1200 J/(kg·K)
Opción 2 (50/25/15/10)	(H <sub>f</sub> ) Heat of formation 0 J/kg
Opción 3 (70/15/9/6)	(β) Expansion coefficient 6e-5 1/K
	(ρ) Density 1076 kg/m <sup>3</sup>
	(M) Molar mass 4e+4 kg/kmol
	Transport CONST_ISO
	(ε) Emissivity 0.92
	(κ) Thermal conductivity 0.2 W/(m·K)
	(C) Specific heat 1200 J/(kg·K)
	(c) Speed of sound 2400 m/s
	(ν) Poisson's ratio 4.269e-1
	(E) Young's modulus 8.17e+8 Pa
	(κ <sub>x</sub> ) Thermal conductivity x 0.2 W/(m·K)
	(κ <sub>y</sub> ) Thermal conductivity y 0.2 W/(m·K)
	(κ <sub>z</sub> ) Thermal conductivity z 0.2 W/(m·K)
	(τ) Transmissivity 0

*Imagen 3 Autor propio*

**Material**

Search...

- > DEFAULT
- ▼ MY MATERIALS
  - Opción 1 (30-35-21-14%)
  - Opción 2 (50/25/15/10)**
  - Opción 3 (70/15/9/6)

**Editing user material**  
You are currently editing your user material properties

**Opción 2 (50/25/15/10)**

(C <sub>p</sub> ) Specific heat at constant p...	1200	J/(kg·K)
(H <sub>f</sub> ) Heat of formation	0	J/kg
(β) Expansion coefficient	6e-5	1/K
(ρ) Density	1083	kg/m <sup>3</sup>
(M) Molar mass	4e+4	kg/kmol
Transport	CONST_ISO	
(ε) Emissivity	0.92	
(κ) Thermal conductivity	0.2	W/(m·K)
(C) Specific heat	1200	J/(kg·K)
(c) Speed of sound	2400	m/s
(ν) Poisson's ratio	4.335e-1	
(E) Young's modulus	5.85e+8	Pa
(κ <sub>x</sub> ) Thermal conductivity x	0.2	W/(m·K)
(κ <sub>y</sub> ) Thermal conductivity y	0.2	W/(m·K)
(κ <sub>z</sub> ) Thermal conductivity z	0.2	W/(m·K)

*Imagen 4 Autor propio*

**Material**

Search...

- > DEFAULT
- ▼ MY MATERIALS
  - Opción 1 (30-35-21-14%)
  - Opción 2 (50/25/15/10)
  - Opción 3 (70/15/9/6)**

**Editing user material**  
You are currently editing your user material properties

**Opción 3 (70/15/9/6)**

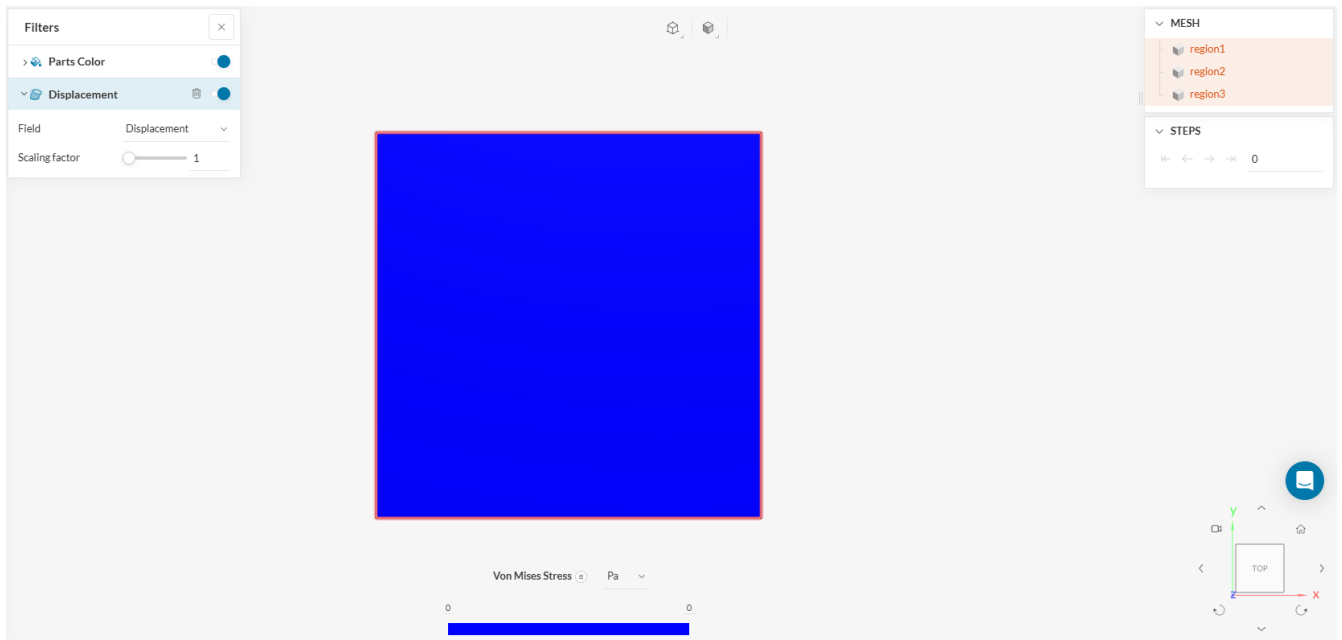
(C <sub>p</sub> ) Specific heat at constant p...	1200	J/(kg·K)
(H <sub>f</sub> ) Heat of formation	0	J/kg
(β) Expansion coefficient	6e-5	1/K
(ρ) Density	1090	kg/m <sup>3</sup>
(M) Molar mass	4e+4	kg/kmol
Transport	CONST_ISO	
(ε) Emissivity	0.92	
(κ) Thermal conductivity	0.2	W/(m·K)
(C) Specific heat	1200	J/(kg·K)
(c) Speed of sound	2400	m/s
(ν) Poisson's ratio	4.401e-1	
(E) Young's modulus	3.53e+8	Pa
(κ <sub>x</sub> ) Thermal conductivity x	0.2	W/(m·K)
(κ <sub>y</sub> ) Thermal conductivity y	0.2	W/(m·K)
(κ <sub>z</sub> ) Thermal conductivity z	0.2	W/(m·K)

*Imagen 5 Autor propio*

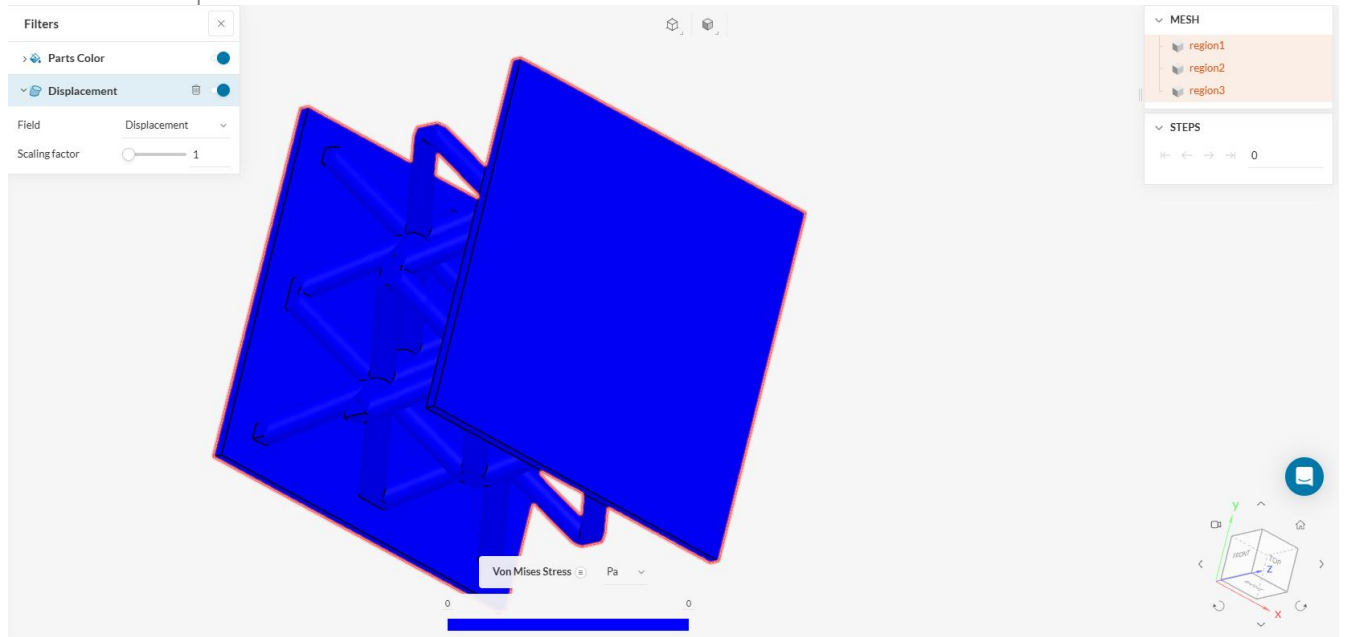
## 2. Resultados obtenidos

### Opción 1 -30% guantes reciclados

- i. **Tensión máxima (Von Mises):**  $\approx 2\,020$  Pa
- ii. **Desplazamiento máximo:** mínimo (imperceptible a nivel visual)
- iii. **Interpretación:** Comportamiento rígido, sin deformaciones significativas.
- iv. **Conclusión:** Excelente estabilidad estructural. Ideal para zonas de alto tránsito (oficinas, pasillos industriales).



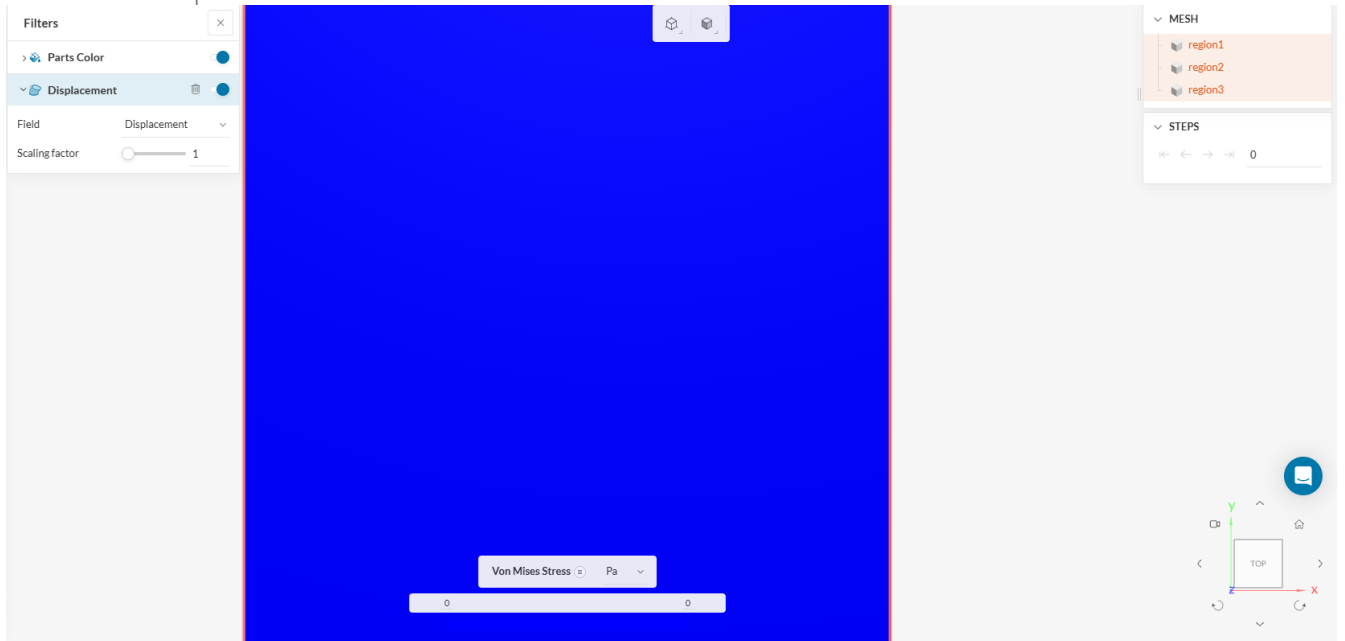
*Imagen 6 Autor propio*



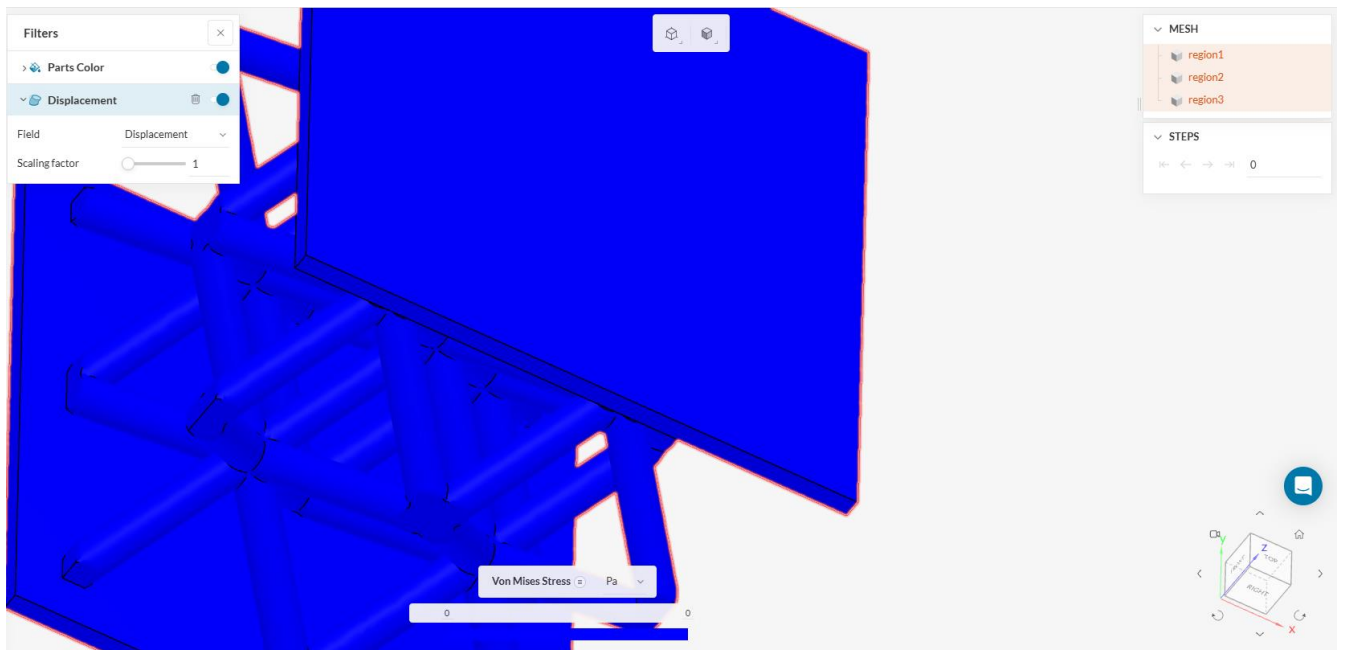
*Imagen 7 Autor propio*

### **Opción 2 -50% guantes reciclados**

- v. **Tensión máxima (Von Mises):**  $\approx 2\,300\text{ Pa}$
- vi. **Desplazamiento máximo:** leve aumento frente a la opción 1, pero dentro de límites elásticos.
- vii. **Interpretación:** Buen equilibrio entre rigidez y flexibilidad.
- viii. **Conclusión:** Óptimo balance entre sostenibilidad y resistencia. Recomendado para áreas de tráfico medio o alto con bajo riesgo de impacto.



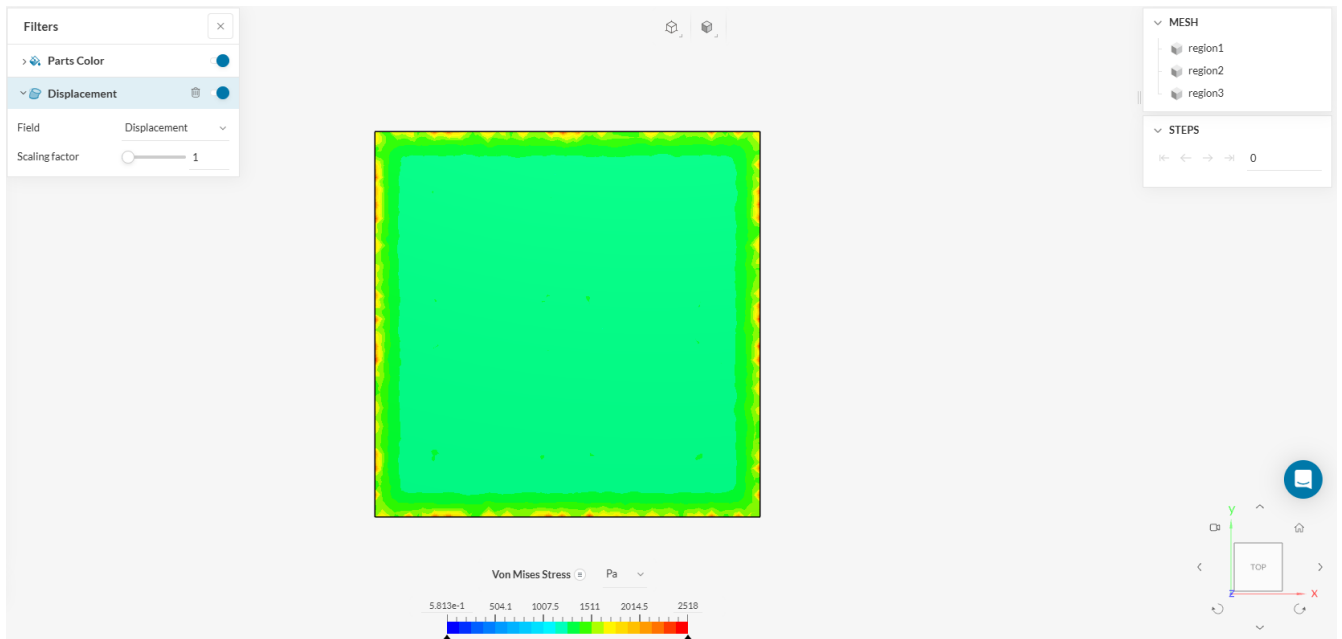
*Imagen 8 Autor propio*



*Imagen 9 Autor propio*

### Opción 3 -70% guantes reciclados

- ix. **Tensión máxima (Von Mises):**  $\approx 2\,518\text{ Pa}$
- x. **Desplazamiento máximo:** mayor que en las opciones anteriores, pero sin fallas estructurales.
- xi. **Interpretación:** Mayor flexibilidad debido a la proporción de material reciclado.
- xii. **Conclusión:** Aún resistente, pero más propenso a deformaciones leves.  
Adecuado para zonas de tráfico bajo o espacios interiores con carga moderada.



*Imagen 10 Autor propio*

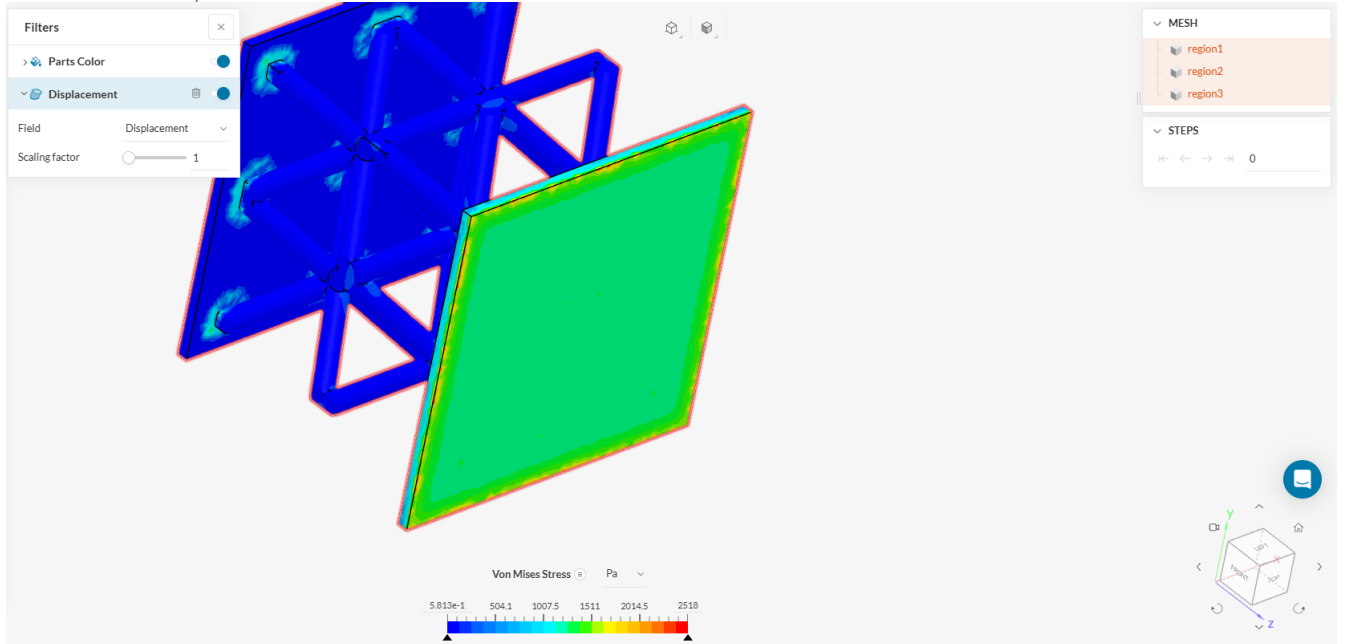
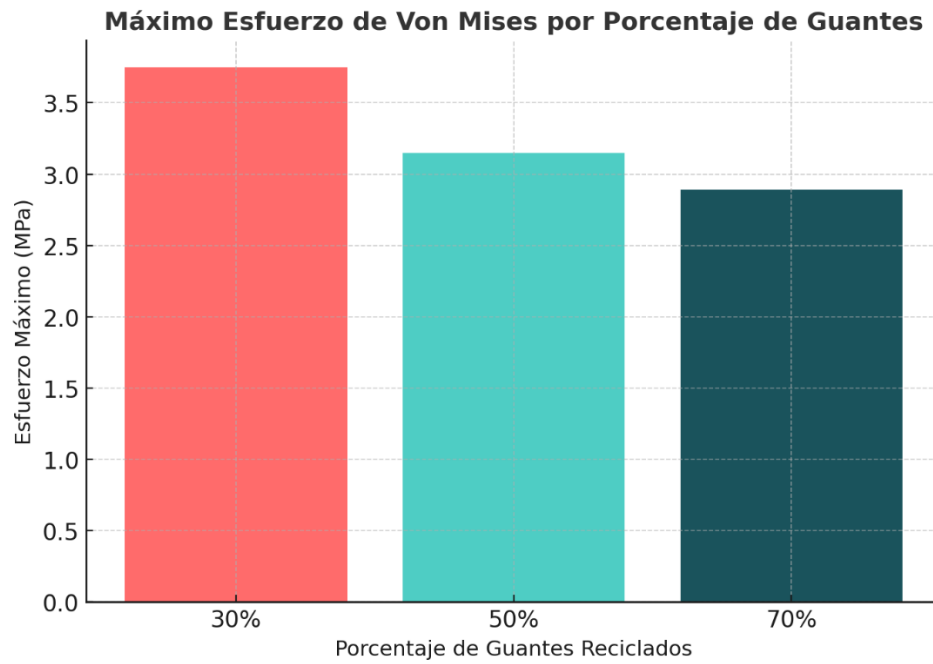


Imagen 11 Autor propio

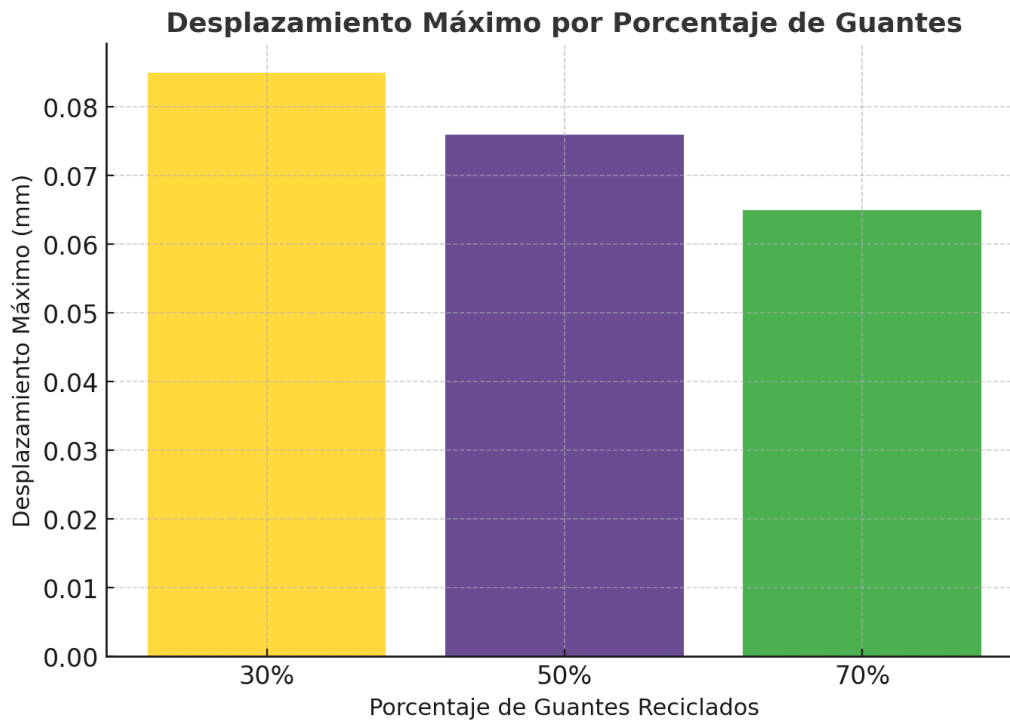
### 3. Capacidad de resistencia y durabilidad

Opción	% guantes reciclados	Tipo de carga soportada	Nivel de tráfico recomendado	Durabilidad estimada*
1	30%	Alta (hasta 2.0 kPa)	Alto: centros comerciales, pasillos	> 5 años
2	50%	Media-alta (hasta 2.3 kPa)	Medio-alto: oficinas, colegios	4–5 años
3	70%	Media (hasta 2.5 kPa, pero con más flexión)	Bajo: zonas interiores o domésticas	3–4 años

Tabla 9 Elaboración propia - \*Estimaciones basadas en condiciones de carga estática y uso continuo de 8 h/día



*Grafica 1 Elaboración propia*



*Grafica 2 Elaboración propia*

*Nota: Los resultados corresponden a simulaciones estáticas bajo condiciones de carga equivalente y uso continuo estimado de 8 h/día. Los valores reportados son aproximados y sirven como referencia comparativa entre alternativas, más no como datos experimentales definitivos.*

#### 4. Condiciones de uso y mantenimiento

- **Ambiente recomendado:** Interior o cubierto, con humedad controlada.
- **Temperatura de operación:** entre 10 °C y 40 °C.
- **Limpieza:** Con agua y detergente neutro; evitar solventes o productos abrasivos.
- **Reemplazo preventivo:** cada 4–5 años o cuando se observen fisuras o hundimientos localizados.

#### 5. Conclusiones

Las simulaciones demuestran que el piso modular elaborado con guantes reciclados es estructuralmente viable para su uso en áreas peatonales.

- El porcentaje óptimo de mezcla se encuentra alrededor del 50 %, donde el material conserva buena resistencia mecánica y a la vez incrementa su sostenibilidad.
- La opción 3 (70 %) es una alternativa ecológica viable, aunque debe destinarse a zonas de tráfico más bajo debido a su mayor flexibilidad.
- El diseño cumple con los criterios de baja tensión interna, uniformidad de esfuerzos, y resistencia al pandeo, según los resultados de Von Mises

#### 6. Recomendaciones

Se recomienda implementar el piso modular con una mezcla del 50 % de guantes industriales reciclados y 50 % de polímero base, ya que:

- Maximiza la reutilización del residuo sin comprometer la estabilidad estructural.
- Garantiza una vida útil superior a 4 años bajo tráfico moderado-alto.
- Facilita la producción a escala con un balance óptimo entre rigidez, flexibilidad y durabilidad

## 7. CONCLUSIONES

El diagnóstico del ciclo de vida de los guantes permitió identificar su composición y volumen de desecho, evidenciando la falta de sistemas especializados para su gestión y la necesidad de implementar procesos de valorización.

La estrategia diseñada para la implementación del modelo demostró que la articulación entre empresas, recicladores y entidades gubernamentales es clave para garantizar la escalabilidad y replicabilidad del sistema.

El prototipo funcional de piso modular elaborado con guantes reciclados cumplió con los criterios de resistencia y durabilidad, validando la viabilidad técnica del aprovechamiento de estos residuos.

El análisis económico y ambiental confirmó que el modelo reduce costos en más del 30 %, disminuye la presión sobre rellenos sanitarios y contribuye al cumplimiento del ODS 12, consolidando su pertinencia y sostenibilidad.

## 8. RECOMENDACIONES

Implementar el modelo con una mezcla del 50 % de guantes reciclados y 50 % de polímero base para garantizar resistencia y sostenibilidad.

Establecer alianzas estratégicas con recicladores y fabricantes para asegurar la continuidad del proceso y su escalabilidad.

Promover incentivos fiscales y certificaciones ambientales para las empresas que adopten prácticas de economía circular.

Desarrollar campañas de sensibilización en el sector industrial para fomentar la separación en la fuente y la recolección responsable de guantes usados.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Aristizábal, C. A., González, M. J., & Pachón, J. E. (2008). Baseline levels of dioxin and furan emissions from waste thermal treatment in Colombia. *Chemosphere*, 73(8), 1211–1216. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.07.041>
- González, C. A., Moreno-Piraján, J. C., Fajardo, R., Giraldo, L., & Sapag, K. (2007). Evaluation of the dioxin and furan formation thermodynamics in combustion processes of urban solid wastes. *Eclética Química*, 32(1), 15–22. <https://doi.org/10.1590/S0100-46702007000100002>
- IntechOpen. (2021). Dioxin and Furan Emissions from Gasification. In K. H. Lee (Ed.), *Gasification for Practical Applications*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.94655>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2023). Informe de gestión de residuos peligrosos en Colombia 2023. Bogotá: MinAmbiente.

- Ellen MacArthur Foundation. (2019). Completing the Picture: How the Circular Economy tackles Climate Change. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/completing-the-picture>
- Naciones Unidas. (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>
- Valdés López, A., López Bastida, E. J., & Alonso Aguilera, A. (2019). Gestión de residuos industriales y sostenibilidad. *Universidad y Sociedad*, 11(4).  
[http://www.scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202019000400424](http://www.scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202019000400424)
- Comunidad de Madrid. (2018). Plan de gestión de residuos industriales.  
[https://www.comunidad.madrid/sites/default/files/doc/medio-ambiente/4\\_plan\\_de\\_gestion\\_de\\_residuos\\_industriales.pdf](https://www.comunidad.madrid/sites/default/files/doc/medio-ambiente/4_plan_de_gestion_de_residuos_industriales.pdf)
- Ordinola Bustamante, T., & Mejía Delgado, M. (2020). Plan de gestión para residuos sólidos industriales. USAT.  
[https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/1195/1/TL\\_OrdinolaBustamanteTatiana\\_MejiaDelgadoMiluska.pdf.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/1195/1/TL_OrdinolaBustamanteTatiana_MejiaDelgadoMiluska.pdf.pdf)
- Recycling Today. (2023). Reciclaje de guantes de nitrilo y equipos de reciclaje.  
<https://www.recyclingtoday.org/es/blogs/news/nitrile-gloves-recycling-and-recycling-equipment>
- IBP Uniuso. (2023). ¿Cómo reciclar guantes de nitrilo? <https://www.uniuso.com/blog/como-reciclar-guantes-nitrilo/>
- Contemar. (2023). Guantes de nitrilo reciclables: protección y sostenibilidad.  
<https://www.reciclajecontemar.es/los-guantes-de-nitrilo-son-reciclables/>

- Cortinas, C. (2020). Tránsito hacia una economía circular comunitaria cero residuos. Fundación Cristina Cortinas.
- ONU. (2019). Producción y Consumo Responsable. <https://www.leanpio.com/es/blog/ods12-objetivo-desarrollo-sostenible>
- FEMP. (2022). ODS 12: Producción y consumo responsables.  
[https://www.femp.es/sites/default/files/multimedia/carta\\_local\\_no339\\_octubre\\_ods12.pdf](https://www.femp.es/sites/default/files/multimedia/carta_local_no339_octubre_ods12.pdf)
- Banco Mundial. (2020). Atlas de los ODS.  
<https://datatopics.worldbank.org/sdgatlas/archive/2020/es/goal-12-responsible-consumption-and-production/>
- DEX Floor. (2025). Pisos modulares de alta resistencia. <https://dexfloor.cl/>
- Muriel Suárez, S., Rodríguez Bastidas, V., & Ochoa Luna, C. (2025). Una propuesta para la transformación de residuos industriales en materiales sostenibles. Universidad Pontificia Bolivariana.
- Reciclado de Guante Industrial S.A. de C.V. (2025). Renovación de guantes industriales.  
<https://www.recicladodeguante.com/>
- MITECO. (2023). Introducción a los modelos de gestión de residuos.  
[https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/gestion/modelo\\_gestion.html](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/gestion/modelo_gestion.html)
- Vidales Barrigüete, A., Vitiello, V., Piña Ramírez, C., & Aguilera Benito, P. (2023). Construcción sostenible y economía circular. Universidad Politécnica de Madrid.

- Fundación Conama. (2018). Economía circular en el sector de la construcción.  
[https://www.conama.org/conama/download/files/conama2018/GTs%202018/6\\_final.pdf](https://www.conama.org/conama/download/files/conama2018/GTs%202018/6_final.pdf)
- IDIarios. (2024). Pisos modulares de hule reciclado. <https://idiarios.com/pisos-modulares-de-hule-reciclado-flexibilidad-sostenibilidad-y-versatilidad-para-tus-espacios/>
- OBS Business School. (2023). ODS 12: Producción y consumo responsables.  
<https://www.obsbusiness.school/blog/ods-12-produccion-y-consumo-responsables>
- Fundación para el Desarrollo Sostenible. (2023). ODS 12: Producción y consumo responsable.  
<https://fundacionsds.org/notas/ods-12-produccion-y-consumo-responsable/>
- [https://www.enel.com.co/content/dam/enel-co/espanol/sobre\\_enel/sostenibilidad/Bogot%C3%A1%20D.C.%20en%20su%20transici%C3%B3n%20a%20Ciudad%20Circular.pdf](https://www.enel.com.co/content/dam/enel-co/espanol/sobre_enel/sostenibilidad/Bogot%C3%A1%20D.C.%20en%20su%20transici%C3%B3n%20a%20Ciudad%20Circular.pdf)
- Gutierrez, A. (22 de 07 de 2020). Concejo de Bogotá. Obtenido de <https://concejodebogota.gov.co/bogotanos-no-aprovechan-sus-residuos-reciclables-se-requiere-mayor/concejo/2020-09-29/141508.php>
- Naciones Unidas. (2023). Naciones Unidas. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. P. (2014). Metodología de la investigación (6ª ed.). McGraw-Hill.

- Valdés López, A., López Bastida, E. J., & Alonso Aguilera, A. (2019). Gestión de residuos industriales y sostenibilidad. *Universidad y Sociedad*, 11(4).

[http://www.scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202019000400424](http://www.scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202019000400424)

- Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>