

GUIA DE OBSERVACIÓN PARA EXPOSICIÓN INDIVIDUAL Y/O POR EQUIPO

| DOCENTE: Joel Francisco Pava Chipol | | ASIGNATURA: Formulación y Evaluación de Proyectos | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----|---------------|
| DATOS GENERALES DEL PROCESO DE EVALUACIÓN | | | | |
| PERIODO: Agosto-Diciembre 2024 | | UNIDAD: | | |
| TEMA: | | FECHA DE PRESENTACIÓN: | | |
| INSTRUCCIÓN | | | | |
| Revisar los documentos o actividades que se solicitan y marque en los apartados "SI" cuando la evidencia a evaluar se cumple; en caso contrario marque "NO". En la columna "OBSERVACIONES" ocúpela cuando tenga que hacer comentarios referentes a lo observado. | | | | |
| VALOR DEL REACTIVO | CARACTERÍSTICA A CUMPLIR (REACTIVO) | CUMPLE | | OBSERVACIONES |
| | | SI | NO | |
| 10% | Puntualidad: para iniciar y concluir la exposición. | | | |
| 10% | Esquema de diapositiva. Colores y tamaño de letra apropiada. Sin saturar las diapositivas de texto. Portada: Nombre de la escuela (logotipo), Carrera, Asignatura, Profesor, Alumnos, Matricula, Grupo, Lugar y fecha de entrega. | | | |
| 5% | Ortografía: (cero errores ortográficos). | | | |
| 10% | Exposición. a. Utiliza las diapositivas como apoyo, no lectura total | | | |
| 20% | b. Desarrollo del tema fundamentado y con una secuencia estructurada. | | | |
| 10% | c. Organización de los integrantes del equipo. | | | |
| 5% | d. Expresión no verbal (gestos, miradas y lenguaje corporal). | | | |
| 30% | Preparación de la exposición. Dominio del tema. Habla con seguridad. | | | |
| 100% | CALIFICACIÓN | | | |
| INTEGRANTES | | EQUIPO: _____ | | |
| | | | | |

LISTA DE COTEJO DE INVESTIGACION DOCUMENTAL

| DOCENTE: Joel Francisco Pava Ch ipol | | ASIGNATURA: Formulación y Evaluación de Proyectos | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----|---------------|
| PERIODO: Agosto-Diciembre 2024 | | UNIDAD: | | |
| DATOS GENERALES DEL PROCESO DE EVALUACIÓN | | | | |
| NOMBRE DEL ALUMNO O NUMERO DEL EQUIPO: | | | | |
| TEMA: | | FECHA DE ENTREGA: | | |
| INSTRUCCIONES | | | | |
| Revisar las actividades que se solicitan y marque en los apartados "SI" cuando la evidencia se cumple; en caso contrario marque "NO". En la columna "OBSERVACIONES" indicaciones que puedan ayudar al alumno a saber cuáles son las condiciones no cumplidas, si fuese necesario. | | | | |
| VALOR DEL REACTIVO | CARACTERÍSTICA A CUMPLIR (REACTIVO) | CUMPLE | | OBSERVACIONES |
| | | SI | NO | |
| 10% | Presentación El trabajo cumple con los requisitos de: a. Buena presentación b. Mismo formato (letra arial 14 para títulos con negritas y contenido arial 12, texto justificado) c. Limpieza y orden d. Ortografía (El documento es redactado de forma correcta sin faltas de ortografía) | | | |
| 30% | Ideas relevantes: Presenta el contenido más relevante del tema abordado, se centra en la idea principal y compara información de referencias formales de mínimo tres autores. | | | |
| 10% | Imágenes y gráficos de apoyo: Presenta imágenes, fotografías, tablas, gráficos de apoyo o fórmulas que respalden la información presentada. | | | |
| 30% | Coherencia y cohesión: Maneja el lenguaje técnico apropiado y presenta en todo el documento coherencia y secuencia entre párrafo. | | | |
| 10% | Referencias bibliográficas: De fuentes formales y citadas al final del documento de forma correcta. | | | |
| 10% | Responsabilidad: Entregó el resumen en la fecha y hora señalada. | | | |
| 100% | CALIFICACIÓN | | | |

EXÁMENES





ITSSAT



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE SAN
ANDRÉS TUXTLA**

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS

702 – B

DOCENTE: JOEL FRANCISCO PAVA CHIPOL

INTEGRANTE:

HERNANDEZ JIMENEZ JOSE FRANCISCO – 201U0072

MONTAN COMI DANIEL – 211U0149

MIROS TOLEDO ERUBIEL RUBEN – 211U0148

SANTOS FIGUEROA MIGUEL ALDAIR – 211U0160

**TEMA: Llantas usadas: materia prima para pavimentos
y múltiples eco aplicaciones....**

**Granulado de caucho para fabricar asfalto doblemente
ecológico**

22 DE NOVIEMBRE DEL 2024

SAN ANDRÉS TUXTLA

RECICLAJE DE NEUMATICOS FUERA DE USO PARA PAVIMENTO EN CALLES DE TERRACERIA.

El reciclaje de neumáticos fuera de uso (NFU) para la construcción y mejora de pavimentos en calles de terracería representa una alternativa sostenible y económica frente a los problemas ambientales asociados a estos residuos. Los NFU son un material complejo de gestionar debido a su resistencia a la descomposición, su gran volumen y los riesgos que generan al acumularse, como la proliferación de vectores de enfermedades y la contaminación causada por su quema. Por ello, su reutilización en proyectos de infraestructura vial ofrece una solución innovadora y práctica.

El proceso de reciclaje de neumáticos comienza con su recolección y procesamiento. Estos son triturados para obtener fragmentos de caucho reciclado que pueden emplearse como aditivos en mezclas para estabilización de suelos o en la fabricación de pavimentos híbridos. En el caso de calles de terracería, el caucho triturado se combina con otros materiales como agregados pétreos y estabilizadores químicos. Esta mezcla mejora significativamente las propiedades mecánicas del suelo, incrementando su resistencia al desgaste y reduciendo el polvo generado por el tránsito vehicular.

Las principales ventajas de esta técnica incluyen la reducción de costos de mantenimiento en caminos rurales, la disminución de la generación de polvo, el aumento de la resistencia a las cargas dinámicas y el mejor comportamiento frente a cambios climáticos extremos. Además, fomenta la economía circular al reutilizar un residuo difícil de gestionar, disminuyendo así el impacto ambiental. La flexibilidad del caucho también contribuye a que los pavimentos resistan mejor las deformaciones y fisuras.

No obstante, existen desafíos que limitan la implementación masiva de esta tecnología. Por ejemplo, se requiere infraestructura especializada para el procesamiento de los NFU, así como estudios más amplios que avalen la durabilidad y sostenibilidad de estas mezclas en diversas condiciones de uso. Además, la aceptación por parte de los organismos responsables de la infraestructura vial es crucial para promover su adopción.

Llantas usadas: materia prima para pavimentos y múltiples eco aplicaciones....

Granulado de caucho para fabricar asfalto doblemente ecológico

Granulado de caucho para fabricar asfalto doblemente ecológico

Resumen

El objetivo de este estudio es realizar análisis reflexivo por metodología de revisión documental, sobre la problemática de la contaminación ambiental por la inadecuada disposición de llantas usadas en latino América, y de cómo mediante procesos de reciclaje y recuperación como la trituración mecánica de estas, se pueden obtener subproductos, entre otros, el granulado de caucho reciclado, que tiene aplicaciones y usos por explorar. Lo anterior para determinar la viabilidad y factibilidad de comercializar grano de caucho reciclado como materia prima para producir mezcla asfáltica modificada usada para la pavimentación vial.

Introducción

La necesidad de desplazarse y facilitar sus tareas diarias motivó al hombre a la invención de la rueda. Las ruedas se construyeron en el inicio de piedra, madera y metal y, finalmente, fueron revestidas de caucho, en busca de mejorar su eficacia. Así, nacieron los neumáticos, también denominados llantas.

La explotación del caucho, principal componente de las llantas, data de 1789. Fueron los indígenas de la selva amazónica quienes hallaron las

propiedades del «árbol que llora». Más tarde, la empresa estadounidense Goodyear descubrió en 1839 la vulcanización del caucho, hallazgo que años después condujo al escocés John Boyd Dunlop a la invención del primer neumático, que consistía en una «cámara de aire» envuelta en una tela de algodón tejido, pegada y clavada en un aro de madera

Sin embargo, en contraposición a los beneficios que trajo la invención

de la llanta a la humanidad y el promisorio futuro que según los expertos

tiene la industria productora de neumáticos en Colombia, un sector en crecimiento impulsado por el aumento de la industria automotriz, se encuentra la problemática que trae consigo el desecho inadecuado de las llantas. Esta situación que agudiza la contaminación ambiental, uno de

los más grandes problemas del mundo de hoy. Se ha identificado que las llantas usadas que son desechadas constituyen un grave problema debido a que, según se estima, una llanta tarda en degradarse alrededor de cien años. Muchas de estas llantas contienen

sustancias que suelen ser peligrosas y llegan a causar grandes problemas especialmente en el ambiente y en la salud si se desechan al aire libre o en sitios de disposición sin controles.

RECICLAJE DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO PARA PAVIMENTO EN CALLES DE TERRACERIA

Se ha estudiado por diversos autores entre ellos Chávez (2019) que su estudio se centra en tres métodos de incorporación de caucho: húmedo, seco y semihúmedo. Cada método afecta de manera diferente las propiedades mecánicas de las mezclas, lo que puede influir en su durabilidad y resistencia. Destaca la importancia de seleccionar el método de incorporación adecuado, ya que influye directamente en las propiedades mecánicas y la durabilidad de las mezclas asfálticas. La elección del proceso debe basarse en consideraciones técnicas y económicas, adaptándose a las necesidades específicas de cada proyecto. Por otro lado, Santos (2019) menciona una comparativa atribuible de mezclas asfálticas italianas tradicionales y ciertas mezclas innovadoras que contienen diferentes porcentajes de materiales reciclados (es decir, RAP y CR), empleados en la base de pavimentos flexibles. Destacan diferentes aspectos del rendimiento ambiental asociado con cada alternativa considerada para la construcción de la capa base.

Biligiri (2020) explica que durante la construcción y el mantenimiento del pavimento ayudarían a reducir la huella de carbono, minimizar el consumo de energía, reducir el envejecimiento y experimentar una menor exposición a riesgos de salud ocupacional. El estudio mostró que la reducción en el consumo total de energía fue similar tanto para la mezcla en frío como para el HMA, pero fue significativamente mayor para el concreto de cemento.

Mohajerani (2020) es el beneficio al. Ayuda a reducir la cantidad de desechos, sino que también mejora las propiedades del material, como su resistencia y durabilidad. Por lo tanto, el reciclaje de neumáticos en materiales de construcción ofrece oportunidades valiosas para la sostenibilidad, pero es crucial implementar prácticas adecuadas para mitigar los riesgos ambientales asociados y asegurar que este proceso contribuya a un desarrollo más responsable y ecológico. Un descubrimiento Shaoquan (2020) fue que una mezcla asfáltica que incorpora caucho de neumáticos de desecho (CDR) y un ligante

asfáltico modificado por APAO se centra en evaluarla) y las propiedades de este material reciclado en aplicaciones viales. La utilización de caucho de neumáticos reciclados y ligantes modificados por APAO en mezclas asfálticas no solo mejora el rendimiento del asfalto, sino que también representa una alternativa sostenible que contribuye a la gestión de residuos y a la innovación en la infraestructura vial. Saberian (2020) nos menciona. Los efectos del tamaño y el contenido de caucho en el comportamiento del RCA en términos de resistencia a la compresión sin confinamiento, relación de carga de California. Basado en los resultados experimentales, se ha propuesto un modelo no lineal práctico y racional para la estimación del coeficiente de resistencia al cizallamiento (directamente) y los parámetros de resistencia al cizallamiento (indirectamente) del agregado reciclado de concreto reforzado con caucho reciclado en términos de tensión normal, tamaño. Vandewalle (2020) da a conocer. Soluciones de pavimentos reciclados proporcionan una importante contribución a la industria de la pavimentación para lograr un desarrollo económico y ambiental sostenible. Esto disminuye el agotamiento de recursos de calidad en vertederos (por ejemplo, betún y agregados), que son finitos y costosos. El paso de caracterización demostró el impacto ambiental de los cinco ciclos de vida del LCS en 15 categorías de impacto.

En todas las categorías, sin excepción, se puede observar una disminución general de los impactos en proporción a la tasa de RAP utilizada. milad (2020) explica . La capacidad de mejorar el rendimiento de los pavimentos flexibles y contribuir a garantizar un medio ambiente más sostenible. Se ha demostrado que el uso de neumáticos al final de su vida útil. Presenta los hallazgos de estudios previos, incluida la molienda de ELT para obtener caucho granulado, la tecnología empleada en el proceso y las propiedades físicas y mecánicas de los modificadores de asfalto.

En opiniones de Zhang (2020) en el que. El asfalto modificado se ha aplicado ampliamente en la construcción debido a su excelente rendimiento y menor costo en comparación con el asfalto modificado con estireno-butadienoestireno (SBS) y así como su aplicabilidad para servir como materiales de recubrimiento, materiales de capas que absorben estrés y materiales de superficie de gradación abierta. Muestran que la modificación del caucho puede aumentar la resistencia a la formación de surcos y la resistencia a baja temperatura del ligante de asfalto reciclado. Observaciones Liu (2021.) Los neumáticos de vehículos es un enfoque integral que analiza el impacto ambiental a lo largo de todas las etapas de su vida, desde la extracción de materias primas hasta la disposición final. Por otro lado, la etapa de uso, influenciada por el comportamiento del conductor y la presión de los neumáticos, también es relevante; neumáticos correctamente inflados pueden reducir el consumo de combustible y, por ende, las emisiones durante su vida útil.

OBJETIVO GENERAL

Las soluciones de pavimentos reciclados proporcionan una importante contribución a la industria de la pavimentación para lograr un desarrollo económico y ambiental sostenible. Esto disminuye el agotamiento de recursos de calidad en vertederos (por ejemplo, betún y agregados), que son finitos y costosos. En el reciclaje de neumáticos usados en materiales de construcción es una práctica que busca aprovechar un residuo difícil de manejar y reducir su impacto ambiental. Los neumáticos, al ser productos altamente duraderos, generan problemas de acumulación y contaminación si no son gestionados adecuadamente. Una de las ventajas es que, En comparación, el asfalto modificado con caucho estabilizado puede reducir eficazmente la viscosidad a alta temperatura del asfalto y tiene un buen rendimiento de trabajo y estabilidad de almacenamiento. Los modificadores de asfalto tienen la capacidad de mejorar el rendimiento de los pavimentos flexibles y contribuir a garantizar un medio ambiente más sostenible. Se ha demostrado que el uso de neumáticos al final de su vida útil (ELT) como mejora el rendimiento del asfalto con respecto a la formación de surcos a alta temperatura y el agrietamiento térmico a baja temperatura debido a las características notables. Los resultados un comportamiento superior en comparación con mezclas convencionales. Esto se traduce en una reducción significativa de la deformación plástica y una mayor resistencia al daño por fatiga, lo que es crucial para soportar las exigencias del tráfico pesado. Ayuda a reducir la cantidad de desechos, sino que también mejora las propiedades del material, como su resistencia y durabilidad. La elección del proceso debe basarse en consideraciones técnicas y económicas, adaptándose a las necesidades específicas de cada proyecto. La capacidad de mejorar el rendimiento de los pavimentos flexibles y contribuir a garantizar un medio ambiente más sostenible. El proceso húmedo implica la adición de caucho a la mezcla asfáltica caliente, lo que permite una mayor interacción entre el asfalto y el caucho.

OBJETIVO ESPECIFICO

Los neumáticos, al ser productos altamente duraderos, generan problemas de acumulación y contaminación si no son gestionados adecuadamente. Sin embargo, al reciclarlos, se pueden transformar en diversos materiales útiles, como asfalto modificado, agregados ligeros y rellenos para estructuras. Uno de los métodos más

comunes es la trituración de neumáticos para producir gránulos, que pueden ser incorporados en mezclas de concreto o utilizados en pavimentos. Además, los neumáticos reciclados pueden actuar como aislantes acústicos y térmicos, lo que aumenta la eficiencia energética de los edificios. Se ha encontrado que la elección de materiales, especialmente los compuestos de caucho y refuerzos, afecta significativamente el rendimiento ambiental. Por otro lado, la etapa de uso, influenciada por el comportamiento del conductor y la presión de los neumáticos, también es relevante; neumáticos correctamente inflados pueden reducir el consumo de combustible y, por ende, las emisiones durante su vida útil. La formación de surcos es una de las principales preocupaciones en las capas de pavimento, como las capas de asfalto (mezcla en caliente), las capas de base/subbase de suelo granular y el suelo de subrasante. La formación de surcos generalmente se produce como resultado de la densificación, la deformación por cizallamiento y los desplazamientos laterales de los materiales debido a la tensión/deformaciones causadas por la carga vehicular. La capacidad de mejorar el rendimiento de los pavimentos flexibles y contribuir a garantizar un medio ambiente más sostenible. Se ha demostrado que el uso de neumáticos al final de su vida útil. Presenta los hallazgos de estudios previos, incluida la molienda de ELT para obtener caucho granulado, la tecnología empleada en el proceso y las propiedades físicas y mecánicas de los modificadores de asfalto.

ALCANSE Y METAS

La demanda de soluciones más sostenibles ha llevado a un número cada vez mayor de partes interesadas a comprometerse con la aplicación de los principios de sostenibilidad en la gestión de pavimentos. Diferentes partes interesadas han estado buscando herramientas y metodologías para evaluar los impactos ambientales de las soluciones, para lo cual el análisis del ciclo de vida (ACV) ha demostrado ser una metodología adecuada. El enfoque, en este caso, se centra en 15 factores de impacto que se pueden desglosar en cuatro categorías de daños: salud humana (especialmente para los trabajadores de la construcción y las personas directamente involucradas en la producción de pavimentos flexibles), cambio climático, calidad del ecosistema y uso de recursos. La mayoría de los trabajos de investigación que abordan la evaluación de la sostenibilidad de los materiales de pavimentación de carreteras tienen como objetivo comparar los beneficios potenciales asociados con diferentes soluciones, aunque ese no sea el único objetivo de tal análisis. Un enfoque de ciclo de vida es crucial para identificar y cuantificar los beneficios ambientales potenciales derivados del uso de materiales alternativos en mezclas asfálticas. Los resultados muestran que la modificación del caucho puede aumentar la resistencia a la formación de surcos y la

resistencia a baja temperatura del ligante de asfalto reciclado. Aunque el uso de la aplicación del rejuvenecedor es capaz de ablandar el ligante de asfalto reciclado y disminuir la viscosidad, mientras que la inclusión de partículas de caucho puede aumentar aún más la resistencia a la fatiga y la formación de surcos de los ligantes de asfalto reciclado. Los modificadores de asfalto tienen la capacidad de mejorar el rendimiento de los pavimentos flexibles y contribuir a garantizar un medio ambiente más sostenible. Se ha demostrado que el uso de neumáticos al final de su vida útil (ELT) como mejora el rendimiento del asfalto con respecto a la formación de surcos a alta temperatura y el agrietamiento térmico a baja temperatura debido a las características notables.

A nivel mundial, la gran mayoría de los neumáticos de desecho se depositan en vertederos, con consecuencias ecológicas catastróficas y, en particular, serias amenazas para la salud humana (por ejemplo, incendios, plagas y contaminación del suelo) ([Rodríguez, Tarpoudi, Cavalli, Poulikakos y Bueno, 2020](#)), debido a la creciente conciencia ambiental, y el afán por recuperar el caucho granulado (CR) y transformarlo en un material eficiente, por eso su uso ha ido aumentando en la producción de asfalto ya que varios investigadores han argumentado que el asfalto modificado con CR se comporta más eficazmente que el concreto asfáltico convencional ([Wang y Zeng, 2006](#)).

Según las experiencias obtenidas con el uso de CR en varios países mostraron el excelente comportamiento estructural y funcional de este tipo de material ([Dantas, Farias, Pais y Pereira, 2006](#)). La motivación más importante detrás de esta aplicación del CR fue la mejora del rendimiento del pavimento, incluida una mayor vida útil a través de la resistencia al agrietamiento y la formación de surcos, disminución del ruido del tráfico, reducción de los costos de mantenimiento y aumento de la seguridad del tráfico mediante la resistencia al deslizamiento y la reducción del rocío que daña la visión durante las inclemencias ([Shen, Amirkhanian, Lee y Putman, 2006](#)).

Existe una demanda considerable de uso de neumáticos de desecho en aplicaciones de ingeniería civil, que van a mitigar daños al medio ambiente, por eso no solo es una forma innovadora de reciclar neumáticos usados, sino también uno de los métodos más efectivos para extender la vida útil del pavimento. En consecuencia, los pavimentos contruidos con mezclas de caucho asfáltico (AR) tienen muchos beneficios, como una durabilidad mejorada y una resistencia mejorada a la fatiga iniciada en la superficie y al agrietamiento por reflexión,

resistencia mejorada al envejecimiento y a la oxidación debido a un mayor contenido de aglomerante ([Bressette, Zhou, Stonex y Hicks, 2008](#)).

La incorporación de CR de llantas de desecho en mezclas de pavimento asfáltico está diseñada para mejorar las propiedades del asfalto mediante la reducción de la susceptibilidad inherente a la temperatura del aglomerante ([Kim, Lee y Amirghanian, 2010](#)), estas al ser modificadas con CR con más del 20% de migajas tiene mayor viscosidad, mejor flexibilidad, propiedades antifatiga y anti envejecimiento mejoradas ([Dong y Tan, 2011](#)). Asimismo, el CR se incorpora a las mezclas asfálticas como una de las estrategias exitosas para mejorar la resistencia a la fatiga del pavimento asfáltico ([Saeed, Aman, Ahmad, Yero y Chinade, 2018](#)).

Se ha demostrado que la utilización de CR para producir AR para pavimentos de mezclas asfálticas es una forma económica y ambiental para la eliminación de llantas de desecho ([Gong, et al., 2019](#)). Por lo tanto, estos residuos pueden reducirse transformándolos en un material adecuado para añadir a las mezclas de pavimentos de carreteras este material adicional hecho de neumáticos usados se llama CR ([Kartika, Hadiwardoyo y Sumabrata, 2019](#)). En consecuencia, el modificador de CR es uno de los modificadores del asfalto más populares debido a los beneficios económicos y las propiedades físicas y reológicas deseadas de los ligantes de asfalto y mezclas asfálticas ([Khalili, Jadidi, Karakouzian y Amirghanian, 2019](#)).

METAS

Ayuda a reducir la cantidad de desechos, sino que también mejora las propiedades del material, como su resistencia y durabilidad. Por lo tanto, el reciclaje de neumáticos en materiales de construcción ofrece oportunidades valiosas para la sostenibilidad, pero es crucial implementar prácticas adecuadas para mitigar los riesgos ambientales asociados y asegurar que este proceso contribuya a un desarrollo más responsable y ecológico. Reducir la huella de carbono, minimizar el consumo de energía, reducir el envejecimiento y experimentar una menor exposición a riesgos de salud ocupacional. El estudio mostró que la reducción en el consumo total de energía fue similar tanto para la mezcla en frío como para el HMA, pero fue significativamente mayor para el concreto de cemento. Mejorar el rendimiento de los pavimentos flexibles y contribuir a

garantizar un medio ambiente más sostenible. Se ha demostrado que el uso de neumáticos al final de su vida útil. Presenta los hallazgos de estudios previos, incluida la molienda de ELT para obtener caucho granulado, la tecnología empleada en el proceso y las propiedades físicas y mecánicas de los modificadores de asfalto. Muestras que la modificación del caucho puede aumentar la resistencia a la formación de surcos y la resistencia a baja temperatura del ligante de asfalto reciclado.

MATERIALES Y METODOS

SULEIMAN (2020. proporciona una descripción general sistemática y crítica de la investigación y la práctica del uso de caucho de neumáticos reciclados en pavimentos de asfalto en términos de propiedades de ingeniería, rendimiento y evaluación de la durabilidad. Este análisis crítico del estado del arte debería mejorar la comprensión del uso de caucho de neumáticos reciclados en pavimentos de asfalto, definir recomendaciones pertinentes, identificar lagunas de conocimiento y destacar la necesidad de una investigación concertada en el futuro. La durabilidad de los pavimentos asfálticos se define típicamente como la capacidad del pavimento asfáltico de mantener su integridad estructural a lo largo de su vida útil diseñada cuando se expone a diversos entornos y acciones de tráfico. Factores como el diseño de la mezcla, las propiedades del ligante, la adecuación del drenaje y los métodos de construcción del asfalto afectan la durabilidad general de los pavimentos asfálticos. Además, la compatibilidad entre los componentes de la mezcla asfáltica juega un papel importante en la mejora de la durabilidad del ligante asfáltico para mejorar el rendimiento de durabilidad de las superficies de la carretera, es esencial aumentar la adhesión interracial entre los agregados y el betún en la matriz asfáltica. El uso de caucho de neumáticos reciclados como aditivo en el aglutinante asfáltico puede mejorar varias propiedades del aglutinante al reducir la susceptibilidad a la temperatura del aglutinante asfáltico. FORMELA (2021) tiene como objetivo informar sobre los avances recientes en el desarrollo sostenible de las tecnologías de reciclaje de neumáticos usados. Se prestó especial atención a los avances actuales en las tecnologías de trituración de caucho de neumáticos usados, los métodos de tratamiento del caucho de neumáticos triturados y las características del caucho de neumáticos triturados y del caucho recuperado. Además, también se discuten los principales desafíos que afectan las tendencias futuras de la aplicación industrial de las tecnologías de reciclaje de caucho de neumáticos usados. Los resultados del trabajo mostraron que la desvulcanización de GTR puede promover la reducción del tamaño de partícula, lo que está relacionado con la

transformación del mecanismo de molienda criogénica de abrasión a escisión o fractura Este trabajo resume los avances recientes relacionados con el desarrollo

sostenible de las tecnologías de reciclaje de neumáticos usados. Se prestó especial atención a los avances actuales en las tecnologías de molienda de caucho de neumáticos usados y los métodos de tratamiento, que permiten la adaptación de la distribución del tamaño de partícula y la modificación/funcionalización adecuada de la superficie de GTR mediante grupos funcionales reactivos o encapsulación física mediante compatibilizadores. Este documento también destacó los problemas relacionados con las características limitadas del GTR o caucho molido (en apariencia similar al GTR) utilizado durante la investigación enfocada en la búsqueda de nuevas formas y métodos de reciclaje de materiales. Especificación general del GTR disponible comercialmente basada en la estimación de la distribución del tamaño de partícula o el tamaño de partícula promedio, mientras que la composición química (especialmente el contenido y tipo de caucho [caucho natural/caucho sintético], el contenido de relleno de refuerzo [negro de carbón/sílice], etc.)

DESARROLLO Y DISCUSIÓN

Porcentaje óptimo de caucho granulado en mezclas asfálticas

realizó una investigación con tres tipos de mezclas asfálticas con adición de CR en diferentes contenidos de (1%, 2% y 3% en peso de la mezcla total) y una mezcla convencional sin caucho, denominada mezcla-control, las muestras fueron comprimidas por 75 golpes por cara con el martillo Marshall estándar. A partir de los ensayos de Marshall y tracción indirecta realizados por el autor, determinó que el contenido óptimo de CR en la mezcla asfáltica de 3% tiene el mejor rendimiento tanto a alta temperatura (60°C), como a baja temperatura (10°C).

Hamzani y colaboradores elaboraron una investigación para determinar la resistencia a la compresión de pavimentos semiflexibles mediante el uso de CR como sustituto de asfalto. El asfalto fue reemplazado por 3%, 4% y 5% de CR y se realizó la prueba Marshall. La prueba de resistencia a la compresión se realizó con base en ASTM D1074-02

a la edad de 14 días. Los resultados de la prueba mostraron que la mayor resistencia a la compresión se alcanza con el 5% CR, que es de 15,43 MPa (Hamzani, Munirwansyah, Hasan y Sugiarto, 2019). Si bien es cierto la norma ASTM D1074-02

no menciona el tiempo en el que se debe de ejecutar el ensayo los autores Hamzani, Munirwansyah, Hasan y Sugiarto, tomaron el criterio de realizar la prueba a los 14 días.

Ahmad y colaboradores realizaron un estudio con residuos de CR y baquelita para estudiar las propiedades mecánicas mediante una proporción de adición de 4,0%, 8,0%, 12,0%, 16,0% y 20.0%. Se diseñaron y probaron las mezclas Marshall para determinar la densidad, estabilidad Marshall, flujo, vacíos de aire y propiedades de rigidez para las muestras de control, CR baquelita. Concluyendo que la adición de CR y baquelita en un 12% mejora significativamente las propiedades de la mezcla de asfalto casi duplica la resistencia de estabilidad Marshall en comparación con la muestra de control (Ahmad, Beddu, Hussain, Manan y Itam, 2019).

Munir y colaboradores evaluaron las propiedades de los ligantes asfálticos modificados con CR reaccionado y activado en comparación con los ligantes asfálticos tradicionales que se utilizan en los EAU. Se diseñaron dos aglutinantes al 20% y al 30% con CR en peso de asfalto. El trabajo de prueba de laboratorio concluyó que las simulaciones de desempeño del pavimento mostraron que el aglomerante modificado con el 20% de CR es el más prometedor para producir el pavimento de mejor desempeño con la menor cantidad de grietas por fatiga y surcos, también ofrece una solución rentable al extender la vida útil del pavimento en un promedio de 8 años con actividades mínimas de mantenimiento y rehabilitación (Munir, Elnour, Huda y Zeiada, 2020).

Procesos principales para producir mezclas asfálticas modificadas con caucho granulado

De acuerdo con la revisión bibliográfica, existen dos procesos más empleados para la producción del asfalto con la adición de CR, denominados: proceso húmedo, en el cual el CR modifica al asfalto y el proceso seco el CR es añadido como un porcentaje del agregado fino.

Proceso caliente o húmedo

El proceso húmedo original, inventado por Charles McDonald, conduce a un producto con una serie de beneficios que son básicamente todo relacionado con el aumento de elasticidad y viscosidad del asfalto a altas temperaturas que permite un mayor espesor de película en pavimento de mezclas sin drenaje excesivo o sangrado ([Lo Presti, 2013](#)).

Ma y colaboradores realizaron un estudio para evaluar los efectos de los aditivos de asfalto (denominados Sas y Evm) en la mezcla tibia, sobre la temperatura de compactación y las propiedades del asfalto y mezcla de asfalto modificado con CR, mediante el proceso húmedo, en el que se

añadió un porcentaje de 25% de CR en peso del asfalto base, se tuvo como

resultado que los aditivos podrían reducir la temperatura de compactación de mezclas de asfalto con CR en 10°C a 20°C. Sin embargo, tienen diferentes influencias sobre las propiedades reológicas del asfalto con CR y rendimiento de la mezcla con CR ([Ma, Wang, Zhao, Huang y Wang, 2016](#)).

En su investigación, [Al-Salih \(2020\)](#) tuvo como objeto resolver dos problemas principales: la eliminación segura de los neumáticos desechados y estudiar el comportamiento de formación de surcos en mezclas asfálticas modificadas con CR, mediante el proceso húmedo, en el que se añadió un 6% del peso del asfalto, obtuvo como resultados que las mezclas preparadas con asfalto modificada con CR muestran buena resistencia a la formación de surcos y el beneficio de este estudio es que los desechos de llantas se eliminan de una forma ecológica (Al-Salih, 2020).

Proceso seco

En su investigación, Hernández y colaboradores determinaron el porcentaje óptimo de adición de CR en la mezcla, mediante el proceso seco, en la cual el CR se obtuvo mediante el método de trituración, el tamaño de CR es de 0,45mm que corresponde a un tamaño máximo nominal de 0,5 mm, a un tamaño de tamiz máximo de 1 mm, teniendo como resultado que el porcentaje óptimo de caucho en la mezcla por proceso seco (1% en peso de agregados - 20% en peso de betún), esto se obtuvo mediante un procedimiento de prueba secuencial en laboratorio, incluyendo: Marshall, sensibilidad a la humedad, tiempo de curado o envejecimiento (Hernández, Witoszek Schultz, Fernández y Moro, 2009).

Por otro lado, Tahami y colaboradores evaluaron el uso de altos contenidos de CR como relleno en mezclas asfálticas para proporcionar un mayor desarrollo mediante el proceso seco considerando el efecto del proceso de curado, el relleno convencional de mezclas se reemplazó con 20%, 40% y 60% de CR por peso de relleno y se evaluaron las propiedades mecánicas de las mezclas modificadas, incluyendo susceptibilidad a la humedad, módulo de rigidez, comportamiento de formación de surcos y vida a fatiga. Los resultados indicaron que la aplicación simultánea de un proceso de curado y CR muy fino en la mezcla asfáltica, mejoró

considerablemente la resistencia de las mezclas asfálticas frente a fallas (Tahami, Mirhosseini, Dessouky, Mork y Kavussi, 2019).

Mohamed y colaboradores en su investigación evaluaron las propiedades mecánicas de las mezclas de CR en el asfalto denso graduado fabricadas usando el proceso seco, tuvieron como resultado que las propiedades mecánicas de todas las mezclas evaluadas mediante un conjunto de pruebas como la de estabilidad y flujo Marshall, prueba de susceptibilidad a la humedad, ensayo de resistencia a la tracción indirecta, módulo dinámico y número de flujo, mostraron que el uso de CR en el asfalto con 0,75% del peso del agregado aumentó la estabilidad, el flujo y ha mejorado su resistencia al agrietamiento y deformación permanente (Mohamed, [Hassan y Hamdy, 2019](#)).

Hassan y colaboradores realizaron un estudio de laboratorio con el fin de evaluar las propiedades de la mezcla asfáltica modificada con CR utilizando el proceso seco, tuvieron como resultado que el CR mejoró la mayoría de las propiedades de las mezclas asfálticas en comparación con otros tipos de mezclas; esto podría deberse a la interacción parcial entre las partículas de caucho y el betún que actúan simultáneamente como un agregado elástico en la mezcla (Hassan et al., 2019).

Uso del caucho granulado para la mejora de la resistencia y durabilidad de la mezcla asfáltica

Según los estudios de laboratorio realizados sobre mezclas de asfalto de matriz de piedra (SMA) con fibras naturales y asfalto modificado con CR, se obtuvo que la resistencia a la tracción indirecta, la estabilidad retenida, la resistencia a la susceptibilidad a la humedad, la resistencia a la formación de surcos, la resistencia a la fluencia y la resistencia a la permeabilidad y al envejecimiento mejoran con las mezclas de SMA con CR en comparación con las mezclas de SMA con fibras como estabilizadores ([Sharma y Goyal, 2006](#)).

En una investigación realizada por Gallego y colaboradores indicaron que la adición del CR a una mezcla de asfalto graduada mejora la vida útil de las mezclas a la fatiga, la sensibilidad térmica de la mezcla disminuye a medida que aumenta el contenido de CR, mediante el proceso húmedo (Gallego, Castro, Prieto y Vassallo, 2007).

Un estudio realizado por Yang y colaboradores evaluó el desempeño ambiental y mecánico del asfalto de mezcla caliente modificado CR y con

Evotherm de tercera generación. Se evaluó el desempeño ambiental que incluyó el ahorro de asfalto modificado con CR, el ahorro de combustible y la reducción de emisiones peligrosas. Por su parte, el desempeño mecánico evaluado incluyó resistencia a la tracción y susceptibilidad a la humedad, resistencia a la formación de surcos, desempeño anti-decapado, desempeño a la fatiga y desempeño a baja temperatura (Yang. et al., 2017).

El estudio de Yang y otros encontró que el ahorro de asfalto con CR fue de 5,8% en comparación con el asfalto sin modificar, el ahorro de combustible fue de alrededor del 13% y también se observó una reducción visible de las emisiones peligrosas; asimismo los resultados de rendimiento mecánico mostraron que el asfalto con CR y Evotherm tenía una mejor resistencia a la formación de surcos, un rendimiento a baja temperatura y un mejor rendimiento a la fatiga y resistencia al daño por humedad en comparación con el asfalto sin CR (Yang. et al., 2017).

El estado de la superficie de la carretera es un factor crítico que determina la seguridad vial, la cual debe tener suficiente resistencia al deslizamiento, para ello se desarrolló un estudio en el cual se analizó la resistencia al deslizamiento y el efecto de agregar CR a la mezcla asfáltica, esto se llevó a cabo mediante el proceso seco, se agregó CR a la mezcla asfáltica en proporciones de 0,5%, 1%, 1,5% y 2%, teniendo como resultado que la adición de 1% CR ha mostrado los mejores resultados y proporciona una mejor resistencia al deslizamiento ([Ariyapijati, Hadiwardoyo, y Sumabrata, 2019](#)).

Así mismo, Franesqui y colaboradores realizaron una investigación con el objetivo principal de reutilizar el CR, con el fin de reducir el impacto ambiental y alargar la durabilidad de los pavimentos. Mediante estudios experimentales demostraron que estas mezclas con CR mejoran significativamente la resistencia a la formación de surcos, la resistencia al daño por humedad y la estabilidad, cumpliendo así con las especificaciones estándar para pavimentos y ofreciendo suficiente módulo de rigidez dinámica (Fransesqui, Yepes y García, 2019).

Liang y colaboradores investigaron un nuevo tipo de mezcla con CR de alta graduación que contiene un 5% y un 10% del modificador de CR, el asfalto modificado y no modificado con CR, los cuales se compararon con el mismo grado de rendimiento del asfalto para cumplir con el requisito climático específico, teniendo como resultados de las pruebas de

laboratorio donde indicaron que la mezcla con CR de grado denso tenía una vida útil prolongada a la fatiga, mayor resistencia a la fractura y mejor resistencia al agrietamiento térmico que la mezcla sin modificar (Liang, Harvey, Wu, Jiao y Jones, 2020).

Abdulrahman y colaboradores afirman que el asfalto modificado con CR mejora la resistencia a la fatiga, la temperatura y estabilidad frente a la humedad del pavimento flexible, aumentando así su resistencia al surco, también reduce el agrietamiento asociado a baja temperatura del aglomerante mediante la absorción de tensiones. Además, el CR proporciona una mejor cohesión y adherencia del betún con el agregado y mejora la recuperación elástica del ligante asfáltico. En conclusión, la superficie de la carretera se vuelve más duradera ([Abdulrahman, Hainin, Idham, Hassan y Al, 2020](#)).

Khaled y colaboradores realizaron un estudio con el objetivo de determinar el efecto de la mezcla con CR sobre el rendimiento y las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente, los resultados de la investigación mostraron que la adición de CR al aglutinante de asfalto en la mezcla fue útil para aumentar la resistencia al daño por humedad, mejorando el módulo resiliente y mejora el potencial para resistir la deformación permanente que se va a presentar con cualquier nivel de carga vehicular, se acelera su manifestación con el aumento de la carga de tráfico (Khaled, Aboud y Al-Hamd, 2020).

Tamaño óptimo del caucho granulado utilizado en las mezclas asfálticas

[Cao y Bai \(2008\)](#) mencionan en su investigación, que el tamaño óptimo del CR es del tamaño de malla #20 asegurando que puede dar un mejor asfalto modificado con CR a diferencia del CR de malla #40 y #60. Por otro lado, Yu y colaboradores mencionan que para garantizar la coherencia del asfalto modificado con CR, el tamaño óptimo es la malla #40 (0,425 mm) (Yu, Leng y Wei, 2014), asimismo Pouranian y colaboradores afirman que el tamaño óptimo de CR es de la malla #40 (Pouranian, Notani, Tabesh, Nazeri y Shishehbor, 2019).

En su investigación realizada, [Yildirim y Karacasu \(2019\)](#) mencionan que el tamaño de las partículas de CR utilizado fue de malla #30 (0,600 mm)

con el propósito de lograr su objetivo de investigar el efecto de la dosis de CR sobre las propiedades del aglutinante de asfalto.

[Candra y Siswanto \(2019\)](#) investigaron el efecto de agregar CR en diferentes porcentajes (0%, 0,5%, 1%, 1,5%, 3%, 4,5% y 6 % del peso agregado) a la mezcla, con tamaños de mallas #50 y #100. Demostraron que la mejor adición de CR es del tamaño de partículas de la malla #100, con un porcentaje de 1% proporciona un mejor rendimiento que el #50, según los valores mostrados en la prueba de estabilidad de Marshall.

El CR empleado en el pavimento asfáltico generalmente tiene una cierta finura obtenida triturando neumáticos de desecho de automóviles, es por esa razón que, para la elaboración de su investigación, se selecciona polvo de CR con un tamaño de malla de #60 como materia prima para la preparación de asfalto modificado compuesto ([Li, 2019](#)).

Métodos utilizados en las mezclas asfálticas con caucho granulado

Se utiliza el método Marshall para seleccionar un contenido óptimo de asfalto para una mejor estabilidad ([Aisien, Hymore y Ebewele, 2006](#)), asimismo se aplica para evaluar las características de rendimiento de las mezclas en caliente (HMA). El método se lleva a cabo en un total de tres etapas que incluyen preparación, compresión y ruptura de las muestras, permitiendo determinar los valores de vacíos en la mezcla ([Yildirim y Karacasu, 2019](#)). Por otro lado, Yu y colaboradores mencionan que la estabilidad de Marshall es un indicador del rendimiento de la mezcla a alta temperatura (Yu et al., 2019).

El método de resistencia a la tracción indirecta (IDT) modificado, es un método para medir la resistencia a la tracción que también permite determinar la energía hasta la falla y la energía total de fractura, se aplicó usando tres réplicas por mezcla, tanto a mezclas convencionales como mezclas con CR ([Zborowski y Kaloush, 2007](#)).

El método de prueba de surco se lleva a cabo mediante un movimiento relativo alternativo con ruedas de carro, lo que hace que la muestra de prueba produzca densificación, cizallamiento y desplazamiento bajo el efecto de repetición de las ruedas, puede simular la verdad física de la rueda del carro que corre bien en el pavimento y la operación es simple con resultados de prueba visuales ([Yang, 2014](#)).

La metodología de evaluación del ciclo de vida se utiliza para evaluar y comparar el desempeño ambiental relacionado con tres cursos de desgaste del pavimento de carreteras: mezclas de grado abierto, de grado de separación y de grado denso ([Caoa, Leng, Yu y Hsu, 2019](#)).

El método de viscosidad de flujo de corte estable se emplea para que las viscosidades de muchos aglutinantes asfálticos modificados alcancen un estado estacionario a un esfuerzo cortante alto, alrededor de 500 Pa ([Wen y Wang, 2019](#)).

El método básico para evaluar el envejecimiento prolongado en horno se realiza tomando ejemplos de pavimento flexible en campo que presenta buen desempeño, aproximadamente después de 5 años de servicio que ha experimentado envejecimiento prolongado ([Negoro, Setyawan y Pramesti, 2020](#)).

Rendimiento del caucho granulado según el tipo de asfalto

En su estudio, Rodríguez y colaboradores utilizaron un asfalto B 50/70 (50/70 10mm de penetración), que se utiliza ampliamente para producir mezclas asfálticas a temperaturas normales (Rodríguez, Gallego, Pérez, Bonati y Giuliani, 2014). Se añadió un veinte por ciento en peso de caucho al B 50/70 para obtener el asfalto modificado con CR, el cual dio como resultado que las mezclas asfálticas preparadas con 20% de aglutinantes con CR se utilizan a menudo cuando se requiere resistencia al agrietamiento. Asimismo, Lopes y colaboradores realizaron su investigación con un asfalto AC 50/70 con caucho reaccionado y activado, obteniendo como resultado un aumento en grado de rendimiento positivo, en punto de reblandecimiento, viscosidad rotacional y densidad, y redujo la penetración (Lopes, Muniz y Rodrigues, 2020).

Bilema y colaboradores utilizaron un asfalto de grado de penetración 80/100, con CR de malla #20 (0.15mm) en diferentes porcentajes, obtuvieron como resultado de la prueba de penetración que a medida que aumentaban los porcentajes de CR, el asfalto tenía más dureza y rigidez debido a valores de penetración más bajos (Bilema, Aman y Ahmad, 2018).

Wang y otros realizaron una investigación con asfalto base de grado de penetración 70/100 comúnmente utilizado en los Países Bajos, con CR de tamaños de partículas que varían de 0 a 0,5 mm, teniendo como resultado que la interacción asfalto- caucho depende en gran medida de la temperatura de mezcla y del tiempo de mezclado (Wang et al., 2018).

Asimismo, Wang y colaboradores utilizaron un asfalto de penetración 70/100 como asfalto base para la modificación (Wang, Liu, Erkens y Skarpas, 2020), teniendo como resultado que con un mayor contenido de caucho tiene un espectro de relajación más amplio, lo que significa una transición más gradual del comportamiento elástico al comportamiento viscoso, teniendo en cuenta que una transición elástica-viscosa gradual es beneficiosa para la estabilidad del sistema cuando se encuentran cambios de temperatura.

[Bakheit y Xiaoming \(2019\)](#) utilizaron en su estudio un asfalto de grado de penetración 60/70, con diferentes adiciones de CR, mediante el proceso seco, obteniendo como resultado que la utilización del método seco, podría ser alentador para aumentar la vida útil del pavimento debido a las condiciones de alto tráfico. Por otro lado, [Pirmohammad y Khanpour \(2020\)](#) utilizaron en su investigación un asfalto grado de penetración de 60/70, que se emplea ampliamente en los sistemas de carreteras de Irán, adicionando el 15% de CR. Afirmaron que el CR mejoró significativamente la resistencia a la fractura del asfalto debido a que el aglutinante de base se volvió dúctil y aumentó la adherencia entre el aglutinante y los agregados.

PRODUCTOS COMPROMETIDOS

El código es un script en Unity, escrito en C#, que permite mover un automóvil utilizando la entrada del usuario.

Clase PlayerController

Esta clase hereda de MonoBehaviour, lo que significa que está diseñada para ser utilizada como un componente en un GameObject de Unity.

Las Variables públicas son las siguientes: public float speed = 5.0f; Representa la velocidad de avance del automóvil. Se puede ajustar desde el inspector. public float turnSpeed = 0.0; Define la velocidad de giro del automóvil.

También puede ser modificada desde el inspector. public float horizontalInput; Almacena el valor de entrada horizontal (izquierda/derecha) del usuario. Se obtiene del eje configurado en el sistema de entrada.

Métodos void Start() Es el método que Unity llama automáticamente al iniciar el juego. void Update() Es llamado una vez por cada cuadro del juego (frame). Contiene la lógica para manejar la entrada y mover el automóvil.

1. Captura de la entrada horizontal horizontalInput = Input.GetAxis("Horizontal"); Obtiene la entrada del usuario en el eje horizontal (teclas izquierda/derecha o joystick). Unity tiene configurado este eje por defecto en Project Settings > Input Manager.
2. Movimiento hacia adelante transform.Translate(Vector3.forward * Time.deltaTime * speed); Mueve el GameObject hacia adelante a lo largo del eje Z mundial. Vector3.forward indica la dirección hacia adelante. Time.deltaTime asegura que el movimiento sea uniforme independientemente de la velocidad de cuadros (frames per second, FPS). speed multiplica la velocidad del movimiento.
3. Giro del vehículo transform.Translate(Vector3.right * Time.deltaTime * turnSpeed * horizontalInput); Mueve el automóvil hacia los lados (eje X) en función de la entrada horizontal del usuario. Vector3.right indica la dirección hacia la derecha. horizontalInput determina cuánto se mueve según la entrada del jugador (positivo para derecha, negativo para izquierda). Este script mueve el automóvil hacia adelante continuamente, mientras que el giro se ajusta según la entrada del usuario. Debes asignar este script al GameObject del automóvil y ajustar los valores de speed y turnSpeed desde el inspector para obtener un movimiento más realista.

```
Assembly Information
Filename Assembly-CSHarp.dll

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class PlayerController : MonoBehaviour
{
    //velocidad del vehiculo
    public float speed = 5.0f;
    //velocidad de giro
    public float turnSpeed = 0.0f;

    public float horizontalInput;

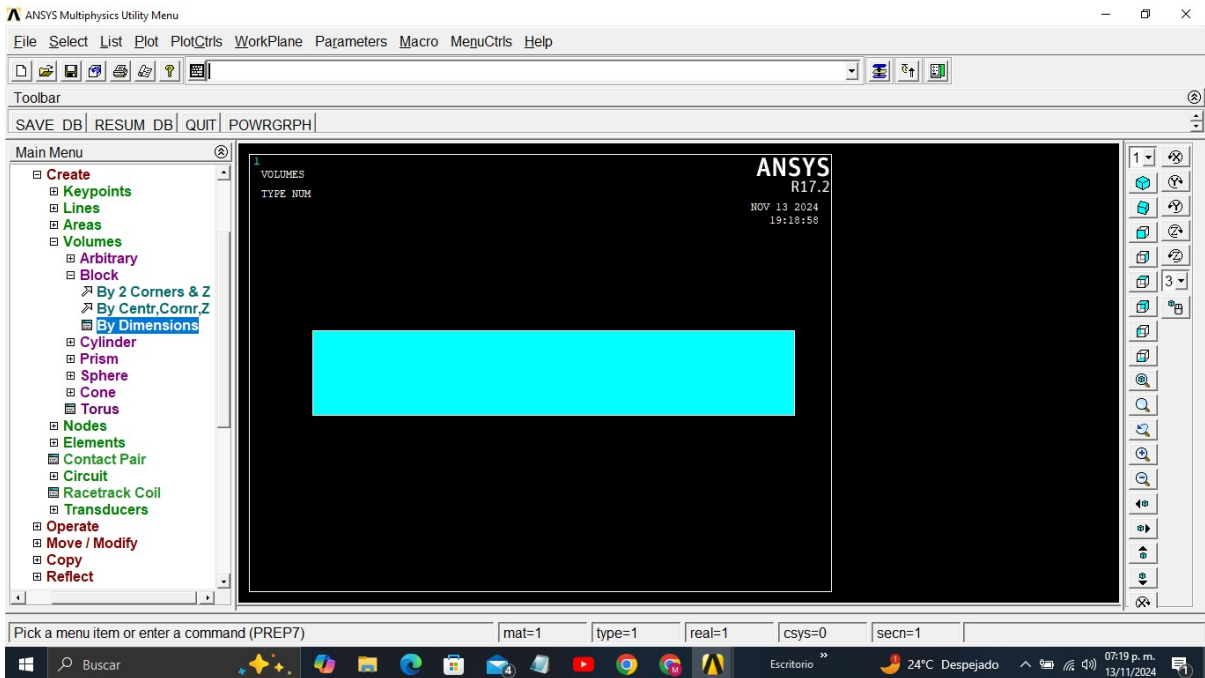
    // Start is called before the first frame update
    void Start()
    {
    }
}
```

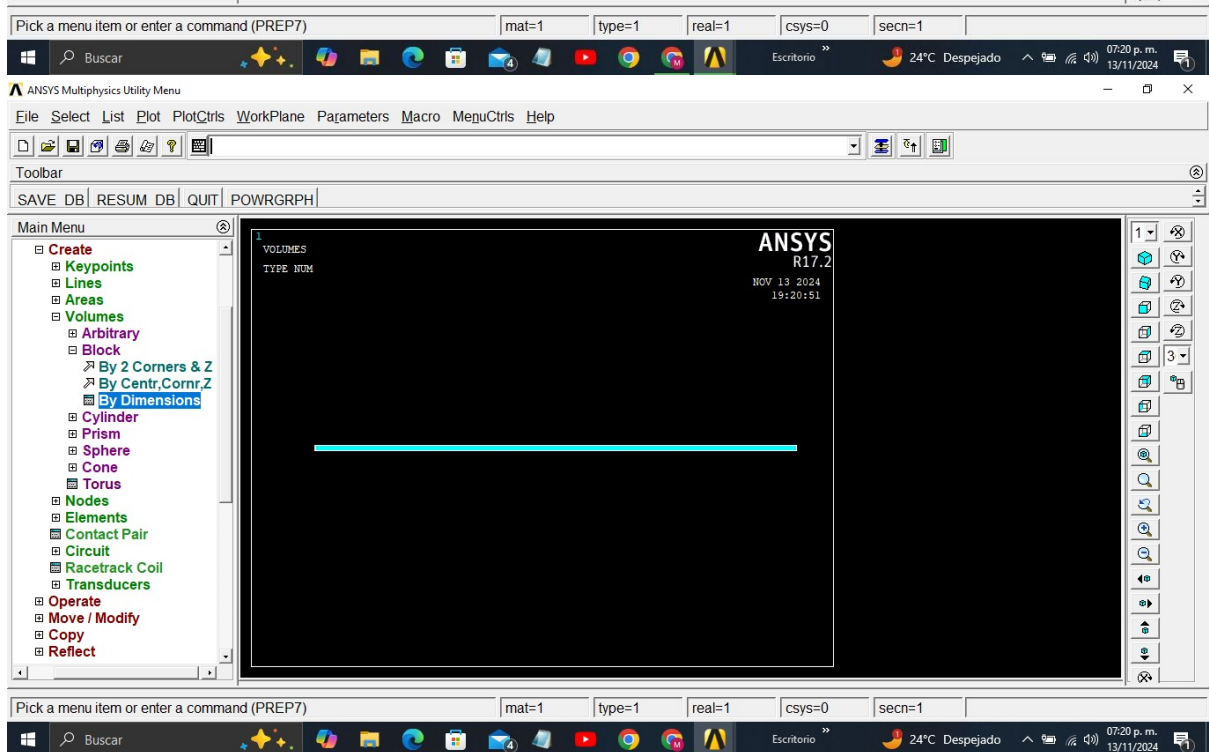
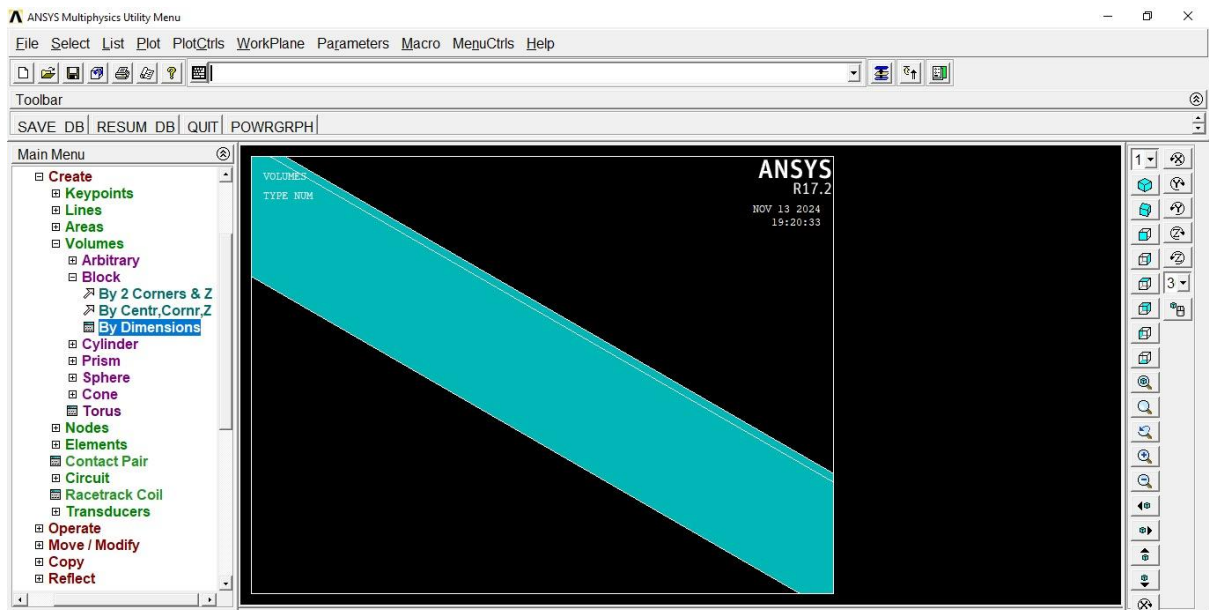
```
// Start is called before the first frame update
void Start()
{
}

// Update is called once per frame
void Update()
{
    horizontalInput = Input.GetAxis("Horizontal");

    //Mover el vehiculo hacia adelante
    transform.Translate( Vector3.forward * Time.deltaTime * speed);
    //Modificar el giro
    transform.Translate( Vector3.right * Time.deltaTime * turnSpeed *
horizontalInput );
}
}
```

Simulaciones





VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL CAUCHO.

1. SBR

(Copolímero de butadieno de estireno) En comparación con el caucho natural, el copolímero de butadieno y estireno tiene una calidad uniforme, menos materia

extraña, mejor resistencia a la abrasión y resistencia al envejecimiento, pero una resistencia mecánica más débil. Se puede mezclar con caucho natural Use together.

Ventajas: material no resistente al aceite de bajo costo, buena resistencia al agua, buena elasticidad con dureza por debajo de 70, y mala compresibilidad a alta dureza.

Desventajas: No se recomienda utilizar ácidos fuertes, ozono, aceites, ésteres de aceite y grasas, y la mayoría de los hidrocarburos. Es ampliamente utilizado en la industria de neumáticos, la industria del calzado, la industria de la tela y la industria de cintas transportadoras, etc.

2. Caucho de nitrilo hidrogenado HNBR

(Nitrilo hidrogenado) El caucho de nitrilo hidrogenado se hidrogena para eliminar parte de las hebras dobles en el caucho del nitrilo. Después de la hidrogenación, su resistencia a la temperatura y resistencia a la intemperie son mucho más altas que el caucho general del nitrilo, y la resistencia al aceite es similar a la del caucho general del nitrilo. El rango de temperatura de uso general es de menos 25-150 °C.

Ventajas: Tiene mejor resistencia a la abrasión que el caucho de nitrilo, y tiene una excelente resistencia a la corrosión, resistencia a la tracción, desgarró y propiedades de compresión. Tiene buena resistencia en condiciones atmosféricas como ozono, y generalmente es adecuado para detergentes para ropa o lavado de platos.

Desventajas: No se recomienda ser utilizado en la industria del aire acondicionado y refrigeración en alcoholes, ésteres o soluciones aromáticas. Es ampliamente utilizado en refrigerantes respetuosos con el medio ambiente, sellos en sistemas R134a y sellos en sistemas de motores de automóviles.

3. Caucho de nitrilo NBR

(Caucho de nitrilo) está hecho por copolitomerización de acrilonitrilo y butadieno. El contenido de acrilonitrilo es del 18%-50%. Cuanto mayor sea el contenido de acrilonitrilo, mejor será la resistencia al aceite de combustible de hidrocarburos petroquímicos, pero el rendimiento a baja temperatura cambiará. Pobre, el rango de temperatura de uso general es menos 25-100 °C. El caucho de nitrilo es actualmente una de las gomas más utilizadas para sellos de aceite y juntas tóricas. Tiene buena resistencia al aceite, resistencia al agua, resistencia al disolvente y resistencia al aceite de alta presión.

Tiene buena compresibilidad, resistencia a la abrasión y alargamiento.

Desventajas: No es adecuado para su uso en disolventes polares, como cetonas,

ozono, hidrocarburos nitro, MEK y cloroformo. ? Se utiliza para fabricar tanques de combustible, tanques de aceite lubricante y en aceite hidráulico de petróleo, gasolina, agua, aceite de silicona, piezas de goma diester utilizadas en medios fluidos como aceite lubricante, especialmente piezas de sellado. Se puede decir que es el sello de goma más versátil y de menor costo en la actualidad.

4. Neopreno CR

(Neopreno, Policloropreno) se polimerizan a partir de monómero de cloropreno. El caucho vulcanizado tiene buena elasticidad y resistencia a la abrasión. No le teme a la luz solar directa. Tiene particularmente buena resistencia al clima. No tiene miedo de la distorsión feroz y refrigerante. Es resistente a los lubricantes de éster de ácido y silicona diluidos, pero no resistente a la presión hidráulica de fosfato. aceite. Es fácil de cristalizar y endurecer a baja temperatura, tiene una estabilidad de almacenamiento deficiente y tiene una gran expansión en aceite mineral con punto de baja anilina. El rango de temperatura de uso general es $-50 \sim 150^{\circ} \text{C}$.

Ventajas: buena elasticidad y buena deformación por compresión.

La fórmula no contiene azufre, por lo que es muy fácil de hacer. Es resistente a los aceites animales y vegetales. No se verá afectado por productos químicos neutros, grasas, grasas, varios aceites y disolventes. Afecta a las propiedades físicas y tiene propiedades antiinflamabilidad.

Desventajas:

No se recomienda utilizar ácidos fuertes, hidrocarburos nitro, ésteres, cloroformo y cetonas entre las sustancias químicas resistentes a refrigerantes R12, piezas de caucho o sellos en electrodomésticos. Es adecuado para hacer todo tipo de piezas que contacten directamente con la atmósfera, la luz solar y el ozono. Adecuado para todo tipo de productos de caucho resistentes a las llamas y resistentes a las sustancias químicas. Composición sintética del caucho: El caucho sintético es un polímero hecho de petróleo y gas natural como materias primas, y diolefinas y olefinas como monómeros. El polímero de caucho ha roto el proceso de polimerización monómero, y las principales fábricas de caucho del mundo han comenzado a utilizar caucho de mayor resistencia, que está hecho de agregados ultra-polímeros, y el costo es bastante bajo.

5. Caucho natural NR

(Caucho Natural) Está hecho de látex de goma recogido de árbol de caucho y es un polímero de isopreno. Tiene buena resistencia al desgaste, alta elasticidad, resistencia al desgarro y alargamiento. Es fácil de envejecer en el aire, se vuelve pegajoso cuando

se expone al calor, se hincha fácilmente y se disuelve en aceite mineral o gasolina, y es resistente al álcali pero no al ácido fuerte.

Ventajas: buena elasticidad, resistencia ácida y alcalina.

Desventajas: no resistente al calor y resistente al aceite (resistente al aceite vegetal). Es una materia prima para la fabricación de cintas, mangueras y zapatos de goma.

CONCLUSIÓN: RECICLAJE DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO PARA PAVIMENTO EN CALLES DE TERRACERÍA

El reciclaje de neumáticos fuera de uso (NFU) para la construcción de pavimentos encalles de terracería constituye una alternativa innovadora y sostenible que aborda múltiples desafíos ambientales, sociales y económicos. Este enfoque representa un modelo práctico de economía circular, donde los residuos, en lugar de convertirse en un problema, se transforman en recursos útiles para la infraestructura vial.

Uno de los principales beneficios de esta práctica es su impacto positivo en la reducción de desechos sólidos. Los neumáticos usados, que representan un problema crítico debido a su lenta descomposición y potencial para generar incendios o criaderos de mosquitos, encuentran una nueva utilidad al ser procesados para la elaboración de materiales estabilizadores o mezclas asfálticas. Al reciclarlos, se disminuye su acumulación en vertederos y el impacto ambiental que estos generan.

En el ámbito técnico, el uso de caucho reciclado en pavimentos de terracería ha demostrado mejorar significativamente las propiedades mecánicas de las superficies. Entre sus ventajas destacan el aumento de la elasticidad, la reducción del agrietamiento y una mayor resistencia al desgaste provocado por el tránsito constante o condiciones climáticas extremas.

Además, estos materiales tienen propiedades de drenaje que ayudan a mitigar los problemas de inundaciones en zonas vulnerables, mejorando la seguridad vial.

Desde una perspectiva económica, esta solución puede ser particularmente beneficiosa para comunidades rurales o áreas con limitados recursos financieros. Los costos de implementación pueden ser más bajos en comparación con los métodos tradicionales de pavimentación, debido al aprovechamiento de materiales reciclados. Asimismo, el reciclaje de neumáticos fomenta la creación de empleos en sectores como el reciclaje, la ingeniería vial y la construcción, impulsando economías locales y promoviendo un desarrollo más inclusivo. Sin embargo, la adopción de esta técnica no está exenta de desafíos. Es crucial que existan políticas públicas que regulen y promuevan su implementación, asegurando estándares de calidad y sostenibilidad en cada etapa del proceso. La investigación continua es fundamental para optimizar las propiedades de los materiales reciclados y adaptarlos a diversas condiciones geográficas y climáticas. Además, se requiere la participación activa de las comunidades y de los sectores público y privado para garantizar que este enfoque se desarrolle y se expanda de manera efectiva. En términos sociales, el uso de neumáticos reciclados en calles de terracería contribuye a mejorar la calidad de vida de las comunidades al proporcionar vías más funcionales y accesibles. Esto no solo facilita el tránsito diario, sino que también mejora la conectividad y el acceso a servicios esenciales como la educación, la salud y el comercio. Al mismo tiempo, la adopción de estas prácticas fortalece la conciencia ambiental, promoviendo un cambio cultural hacia un manejo más responsable de los recursos.

En conclusión, el reciclaje de neumáticos fuera de uso para pavimentos en calles de terracería no solo contribuye al desarrollo sostenible y a la preservación del medio ambiente, sino que también mejora la calidad de vida de las comunidades al proporcionar vías más seguras y funcionales. Este enfoque innovador debe ser promovido como una solución clave para los desafíos ambientales y de infraestructura que enfrenta nuestra sociedad.

CONCLUSIONES

La revisión literaria realizada sugiere que, al adicionar CR al asfalto, al agregado y a la mezcla, hay una mejora en las propiedades de la mezcla en cuanto a la resistencia a la tracción indirecta, la estabilidad retenida, la resistencia a la susceptibilidad a la humedad, la resistencia a la formación de surcos, la resistencia a la fluencia y la resistencia a la permeabilidad y al envejecimiento, aumenta la vida útil de las mezclas a la fatiga y disminuye el ruido.

En cuanto al porcentaje óptimo de CR en las mezclas asfálticas varían de acuerdo con la forma como se añade el CR a las mezclas asfálticas, cuando es agregado al asfalto es recomendado reemplazar un 20% del peso del asfalto, cuando se agrega al agregado usar 1% a 3% del peso

total del agregado y cuando se agrega a la mezcla usar 1% del total de la mezcla, asegurando una resistencia y vida útil duradera.

Según los estudios analizados, es posible afirmar que existen dos procesos para incluir el CR en las mezclas asfálticas, el proceso húmedo y el seco.

El proceso húmedo, el CR se agrega al asfalto, donde el porcentaje más utilizado se encuentra entre un 14% y el 20% del peso total de la mezcla asfalto-caucho y tamaño recomendado es tamiz #60. En el proceso húmedo se debe tener en cuenta varios factores concluyentes en el resultado esperado de esta mezcla asfalto-caucho, dichos factores son: el tamaño, la textura y la proporción del RC, el tipo del cemento asfáltico, el tiempo y la temperatura de mezclado y el uso de otros aditivos. El proceso húmedo mejora la propiedad mecánica de resistencia a la formación de surcos.

El proceso seco se genera cuando existe una mezcla directa entre el CR con el agregado antes de agregar el ligante al mezclador de tal manera que el CR es usado como agregado en la mezcla asfáltica, los cuales pueden sumarse como parte del agregado fino y este representa entre el 1% a 3% del peso de los agregados. En este proceso para su aplicación no se necesita ningún equipo especial para poder realizar la mezcla ya que el CR entra a mezclarse con los agregados de manera directa. El proceso seco mejora las propiedades mecánicas de resistencia al agrietamiento, deformación permanente y mejora la adherencia entre el aglutinante y los agregados.

Es importante recordar que los resultados obtenidos y los beneficios que se hallaron tras el uso del CR, están ligados al objetivo de cada estudio analizado.

CONCLUSIÓN: RECICLAJE DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO PARA PAVIMENTO EN CALLES DE TERRACERÍA

El reciclaje de neumáticos fuera de uso (NFU) para la construcción de pavimentos en calles de terracería constituye una alternativa innovadora y sostenible que aborda múltiples desafíos ambientales, sociales y económicos. Este enfoque representa un modelo práctico de economía circular, donde los residuos, en lugar de convertirse en un problema, se transforman en recursos útiles para la infraestructura vial.

Uno de los principales beneficios de esta práctica es su impacto positivo en la reducción de desechos sólidos. Los neumáticos usados, que representan un problema crítico debido a su lenta descomposición y potencial para generar incendios o criaderos de mosquitos, encuentran una nueva utilidad al ser procesados para la elaboración de materiales estabilizadores o mezclas asfálticas. Al reciclarlos, se disminuye su acumulación en vertederos y el impacto ambiental que estos generan. En el ámbito técnico, el uso de caucho reciclado en pavimentos de terracería ha demostrado mejorar significativamente las propiedades mecánicas de las superficies. Entre sus ventajas destacan el aumento de la elasticidad, la reducción del agrietamiento y una mayor resistencia al desgaste provocado por el tránsito constante o condiciones climáticas extremas. Además, estos materiales tienen propiedades de drenaje que ayudan a mitigar los problemas de inundaciones en zonas vulnerables, mejorando la seguridad vial. Desde una perspectiva económica, esta solución puede ser particularmente beneficiosa para comunidades rurales o áreas con limitados recursos financieros. Los costos de implementación pueden ser más bajos en comparación con los métodos tradicionales de pavimentación, debido al aprovechamiento de materiales reciclados. Asimismo, el reciclaje de neumáticos fomenta la creación de empleos en sectores como el reciclaje, la ingeniería vial y la construcción, impulsando economías locales y promoviendo un desarrollo más inclusivo.

Sin embargo, la adopción de esta técnica no está exenta de desafíos. Es crucial que existan políticas públicas que regulen y promuevan su implementación, asegurando estándares de calidad y sostenibilidad en cada etapa del proceso. La investigación continua es fundamental para optimizar las propiedades de los materiales reciclados y adaptarlos a diversas condiciones geográficas y climáticas. Además, se requiere la participación activa de las comunidades y de los sectores público y privado para garantizar que este enfoque se desarrolle y se expanda de manera efectiva.

En términos sociales, el uso de neumáticos reciclados en calles de terracería contribuye a mejorar la calidad de vida de las comunidades al proporcionar vías más funcionales y accesibles. Esto no solo facilita el tránsito diario, sino que también mejora la conectividad y el acceso a servicios esenciales como la educación, la salud y el comercio. Al mismo tiempo, la adopción de estas prácticas fortalece la conciencia ambiental, promoviendo un cambio cultural hacia un manejo más responsable de los recursos. En conclusión, el reciclaje de neumáticos fuera de uso para pavimentos en calles de terracería no solo contribuye al desarrollo sostenible y a la preservación del medio ambiente, sino que también mejora la calidad de vida de las comunidades al proporcionar vías más seguras y funcionales. Este enfoque innovador debe ser promovido como una solución clave para los

desafíos ambientales y de infraestructura que enfrenta nuestra sociedad.



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE SAN ANDRÉS TUXTLA**



**CARRERA
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**MATERIA
FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN
DE PROYECTOS**

**DOCENTE
DOC. JOEL FRANCISCO PAVA CHIPOL**

**TRABAJO
ANÁLISIS DE VELOCIDAD DE UNA BANDA
TRANSPORTADORA**

**ESTUDIANTE
ALDO CHONTAL HERNANDEZ *211U0133*
ISMAEL PALAFOX RAMIREZ *211U0583*
ANTONIO TOME MACARIO *211U0164*
LEYKO EULOGIO FERMAN XALA *211U0140***

**GRUPO
702-B**

SAN ANDRES TUXTLA, VER.

04 DE DICIEMBRE DEL 2024

ÍNDICE

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| RESUMEN | 3 |
| ANTECEDENTES HISTÓRICOS..... | 4 |
| JUSTIFICACIÓN | 8 |
| OBJETIVO GENERAL | 9 |
| OBJETIVO ESPECÍFICO..... | 9 |
| ALCANCES Y METAS | 9 |
| METODOLOGÍA | 10 |
| SIMULACIÓN | 13 |
| ELABORACIÓN DE LA BANDA TRANSPORTADORA PARA EL ANÁLISIS | 13 |
| ELABORACIÓN DEL ARMAZON DE LA BANDA TRANSPORTADORA..... | 14 |
| ELABORACIÓN DE LA BANDA | 18 |
| ELABORACIÓN DE LAS PALETAS DE LA BANDA TRANSPORTADORA . | 20 |
| EMSAMBLE DE TODOS LOS COMPONENTES DE LA BANDA TRANSPORTADORA | 21 |
| BANDA TRANSPORTADORA EN SOLIDWORKS MOTION CON EL ANÁLISIS DE VELOCIDAD | 26 |
| CONCLUSIÓN..... | 31 |
| REFERENCIA BIBLIOGRAFICA | 32 |

RESUMEN

El análisis de sistemas de transporte mediante bandas es fundamental en diversas industrias como la manufactura, minería, y logística, donde el manejo eficiente de materiales es esencial para optimizar los procesos productivos y reducir costos operativos. Una banda transportadora consiste en un sistema mecánico que permite el desplazamiento continuo de objetos, utilizando un motor para accionar rodillos conectados a una banda sin fin. Este diseño facilita el transporte de cargas de forma segura y controlada, adaptándose a diferentes entornos y necesidades.

El estudio del movimiento de una banda transportadora incluye la evaluación de parámetros cinemáticos y dinámicos clave, como velocidad, aceleración, fuerzas externas aplicadas, tensiones internas, fricción, y eficiencia energética. Estos factores son determinantes para garantizar el desempeño óptimo y la durabilidad del sistema, evitando fallas que puedan interrumpir las operaciones o generar sobrecostos en mantenimiento.

Con herramientas de diseño asistido por computadora como SolidWorks Motion, es posible realizar simulaciones avanzadas del movimiento, permitiendo identificar zonas críticas, optimizar el diseño estructural, y validar que los componentes cumplan con los estándares operativos antes de proceder con la fabricación. Esto no solo minimiza los riesgos asociados con el diseño, sino que también reduce el tiempo y los costos asociados al desarrollo del producto.

Este anteproyecto tiene como objetivo principal establecer los pasos necesarios para realizar un análisis integral del movimiento de una banda transportadora. En este proceso, se considerarán aspectos fundamentales como las condiciones de carga, las restricciones mecánicas impuestas, y los posibles escenarios de operación. Al final, se busca ofrecer un modelo optimizado que pueda ser implementado eficientemente en aplicaciones industriales reales.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Las primeras cintas transportadoras que se conocieron fueron empleadas para el transporte de carbón y materiales de la industria minera. El transporte de material mediante cintas transportadoras data de aproximadamente el año 1795. La mayoría de estas tempranas instalaciones se realizaban sobre terrenos relativamente planos, así como en cortas distancias.



Ilustración 1 Cinta transportadora en el puerto de Tarento (Italia), en 1964

El primer sistema de cinta transportadora era muy primitivo y consistía en una cinta de cuero, lona, o cinta de goma que se deslizaba por una tabla de madera plana o cóncava. Este tipo de sistema no fue calificado como exitoso, pero proporcionó un incentivo a los ingenieros para considerar los transportadores como un rápido, económico y seguro método para mover grandes volúmenes de material de un lugar a otro. (Beers, 2014)

Durante los años 20, las instalaciones de la compañía Frick & Co, fundada por el empresario H. C. Frick junto con algunos socios, demostraron que los transportadores de cinta podían trabajar sin ningún problema en largas distancias. Estas instalaciones se realizaron bajo tierra, desde una mina

recorriendo casi 8 kilómetros. La cinta transportadora consistía de múltiples pliegues de algodón de pato recubierta de goma natural, que eran los únicos materiales utilizados en esos tiempos para su fabricación. En 1901, Sandvik inventó y comenzó la producción de cintas transportadoras de acero. En 1913, Henry Ford introdujo la cadena de montaje basada en cintas transportadoras en las fábricas de producción de la Ford Motor Company. (Ford, 2013)



Ilustración 2 cadena de montaje basada en cintas transportadoras en las fábricas de producción de la Ford Motor Company EN 1913

Durante la Segunda Guerra Mundial, los componentes naturales de los transportadores se volvieron muy escasos, permitiendo que la industria de goma se volcara en crear materiales sintéticos que reemplazaran a los naturales. Desde entonces se han desarrollado muchos materiales para aplicaciones muy concretas dentro de la industria, como las bandas con aditivos antimicrobianos para la industria de la alimentación o las bandas con características resistentes para altas temperaturas. (Lodewijks, 2)

En la actualidad, las cintas transportadoras son fundamentales en múltiples sectores, desde la minería y la manufactura hasta la logística y la alimentación. Un ejemplo destacado es la cinta

transportadora más larga del mundo, ubicada en el Sahara Occidental, que tiene una longitud de 98,6 kilómetros. Este sistema transporta fosfatos desde la mina de Bucraa hasta el puerto de Alaiún, demostrando la capacidad de estas soluciones para transformar la eficiencia en operaciones industriales a gran escala. (Patrick, 2023)

Las cintas transportadoras se usan principalmente para transportar materiales granulados, agrícolas e industriales, tales como cereales, carbón, minerales, etcétera, aunque también se pueden usar para transportar personas en recintos cerrados (por ejemplo, en grandes hospitales y ciudades sanitarias). A menudo para cargar o descargar buques cargueros o camiones. Para transportar material por terreno inclinado se usan unas secciones llamadas cintas elevadoras. Existe una amplia variedad de cintas transportadoras, que difieren en su modo de funcionamiento, medio y dirección de transporte, incluyendo transportadores de tornillo, los sistemas de suelo móvil, que usan planchas oscilantes para mover la carga, y transportadores de rodillos, que usan una serie de rodillos móviles para transportar cajas o palés. (Siscode, 2015)

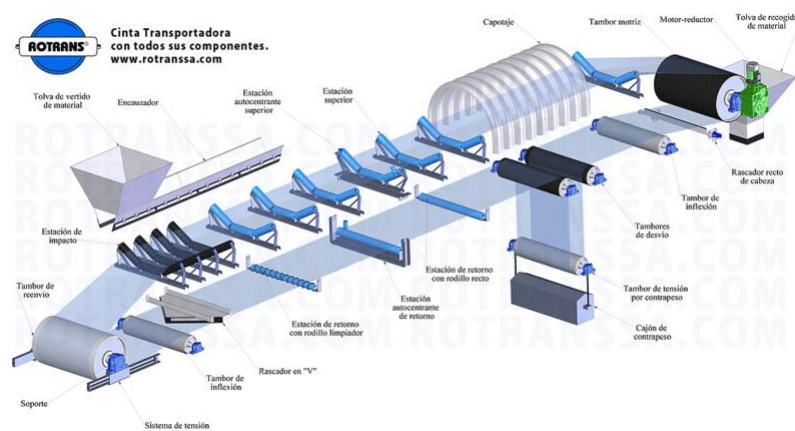


Ilustración 3 Cinta transportadora, con todos sus elementos.

Las cintas transportadoras ligeras, se usan como componentes en las cadenas de montaje, como extracción en procesos de fabricación, como enlace y fundamentalmente como ayuda en el transporte de cargas. Asimismo, son utilizadas en distribución y almacenaje automatizados.

Combinados con equipos informatizados de manejo de palés (normalmente transportados por caminos de rodillos), permiten una distribución minorista, mayorista y manufacturera más eficiente, permitiendo ahorrar mano de obra y transportar rápidamente grandes volúmenes en los procesos, lo que ahorra costes a las empresas que envía o reciben grandes cantidades, reduciendo además el espacio de almacenaje necesario. (Siscode, 2015)



Ilustración 4 Cintas transportadoras ligeras de proceso

Esta misma tecnología se usa en dispositivos de transporte de personas tales como cintas y escaleras mecánica y en muchas cadenas de montaje industriales. Las tiendas suelen contar con cintas transportadoras en las cajas para desplazar los artículos comprados. Las estaciones de esquí también usan cintas transportadoras para remontar a los esquiadores.

La cinta transportadora más larga del mundo está en el Sáhara Occidental, tiene 100 km de longitud y va desde las minas de fosfatos de Bu Craa hasta la costa sur de El Aaiún. La cinta transportadora simple más larga tiene 17 km y se usa para transportar caliza y pizarra desde Meghalaya (India) hasta Sylhet (Bangladés). (Beers, 2014)

JUSTIFICACIÓN

El análisis y optimización de sistemas de transporte mediante bandas transportadoras es una necesidad fundamental en industrias como la manufactura, minería y logística, donde el manejo eficiente de materiales impacta directamente en la productividad, los costos operativos y la sostenibilidad de los procesos. Las bandas transportadoras son elementos clave en estas industrias, ya que permiten el desplazamiento continuo y seguro de cargas, adaptándose a diversas condiciones y entornos de trabajo.

Una justificación importante de este estudio radica en la identificación y mitigación de problemas asociados con el diseño y funcionamiento de bandas transportadoras, tales como el desgaste prematuro de componentes, tensiones excesivas, ineficiencia energética, y fallas mecánicas. Estas problemáticas, si no son abordadas correctamente, pueden generar interrupciones en las operaciones, incremento de costos de mantenimiento y disminución de la competitividad de las empresas. La utilización de herramientas avanzadas como SolidWorks Motion permite realizar simulaciones precisas del comportamiento cinemático y dinámico de las bandas transportadoras, ofreciendo una solución innovadora para predecir el desempeño del sistema bajo diferentes escenarios operativos. Esto proporciona información valiosa para optimizar el diseño, aumentar la vida útil de los componentes, y asegurar que el sistema cumpla con los estándares de calidad y las exigencias del entorno industrial.

En este contexto, este trabajo se justifica por su contribución a la mejora de los procesos industriales, no solo desde una perspectiva técnica, sino también económica y ambiental. Al desarrollar un enfoque estructurado y eficiente para el análisis de bandas transportadoras, se promueve la implementación de sistemas más robustos, sostenibles y competitivos, generando beneficios significativos para las empresas y la industria en general.

OBJETIVO GENERAL

El objetivo del presente estudio es simular el comportamiento dinámico y cinemático de una banda transportadora utilizando SolidWorks Motion.

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Evaluar el rendimiento de la banda bajo distintas condiciones de operación.
- Determinar la velocidad y aceleración de los componentes.
- Identificar posibles puntos de fallo o sobrecarga.

ALCANCES Y METAS

El proyecto tiene como objetivo principal analizar y optimizar el comportamiento cinemático y dinámico de una banda transportadora bajo diversas condiciones operativas, buscando garantizar un diseño eficiente, duradero y sostenible. A través de un análisis detallado, se evaluarán parámetros clave como la velocidad, la aceleración, las tensiones internas y las fuerzas aplicadas, considerando también los efectos de la fricción y las cargas variables. Esto permitirá identificar las principales áreas de pérdida de eficiencia y desgaste, así como los factores que afectan negativamente el rendimiento y la estabilidad del sistema.

Mediante simulaciones avanzadas realizadas con herramientas como SolidWorks Motion, se buscará modelar con precisión el comportamiento del sistema, validando soluciones innovadoras antes de su implementación física. Estas soluciones estarán orientadas a optimizar la eficiencia energética, minimizar el desgaste mecánico y prolongar la vida útil del sistema, todo ello con un enfoque en la sostenibilidad y la reducción de costos operativos.

Además, el proyecto desarrollará un modelo predictivo basado en los datos obtenidos de las simulaciones y validaciones experimentales. Este modelo permitirá anticipar el comportamiento de la banda transportadora bajo diferentes escenarios operativos, facilitando la toma de decisiones en el diseño y mantenimiento del sistema. Finalmente, se construirá un prototipo funcional que incorpore las mejoras propuestas, el cual será utilizado para validar de manera experimental los resultados obtenidos, asegurando así que las soluciones desarrolladas sean aplicables y efectivas en entornos industriales reales.

METODOLOGÍA

El desarrollo del proyecto seguirá una metodología estructurada que combine análisis teórico, simulaciones computacionales y validaciones experimentales. Este enfoque permitirá garantizar la precisión de los resultados obtenidos y su aplicabilidad en contextos industriales reales. A continuación, se describen las principales etapas de la metodología:

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA Y ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE

Se llevó a cabo una investigación detallada sobre las bandas transportadoras, abarcando su evolución histórica, aplicaciones actuales, materiales utilizados y las herramientas tecnológicas disponibles para su análisis y optimización. Esto permitió definir los parámetros críticos para el diseño y evaluación del sistema. Además de utilizar como referencia la norma DIN 22101 y ISO

5048, en donde cada una de ellas establece métodos de cálculo para la capacidad de transporte y las tensiones de las bandas transportadoras, además de establecer principios para el diseño de bandas transportadoras, incluyendo aspectos relacionados con la velocidad, el diseño de los rodillos y las tensiones en las bandas.

DEFINICIÓN DE PARÁMETROS Y CONDICIONES DE OPERACIÓN

Se establecieron los parámetros operativos esenciales, como velocidad, fuerzas externas, tensiones internas, fricción y condiciones de carga. Además, se definieron los escenarios operativos representativos para las simulaciones y pruebas experimentales, asegurando su aplicabilidad en contextos industriales reales.

| Tipo de Material/Industria | Velocidad Recomendada (m/s) | Notas Relacionadas con ISO 5048 y DIN 22101 |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Materiales a granel ligeros | 1.0 - 2.5 | Velocidades más bajas recomendadas para evitar dispersión del material. |
| Materiales a granel pesados | 2.5 - 4.5 | Diseñadas para mantener estabilidad y controlar el impacto en las bandas. |
| Materiales abrasivos (minería) | 1.5 - 3.5 | Se prioriza una velocidad moderada para minimizar el desgaste. |
| Procesos de manufactura | 0.5 - 2.0 | Velocidades bajas necesarias para sincronización con maquinaria asociada. |
| Logística y clasificación | 1.0 - 3.0 | Velocidades ajustadas a sistemas automatizados para precisión y eficiencia. |
| Industria alimentaria | 0.2 - 1.5 | Velocidades bajas para evitar daños en productos delicados. |
| Transporte de largas distancias | 3.0 - 7.0 | Velocidades altas permitidas para maximizar el transporte eficiente. |

Tabla 1 tabla con velocidades comunes basadas en las normas ISO 5048 y la DIN 22101 y prácticas industriales relacionadas

MODELADO Y SIMULACIÓN COMPUTACIONAL

Se desarrolló un modelo tridimensional de la banda transportadora utilizando el software SolidWorks Motion. A través de simulaciones cinemáticas y dinámicas, se evaluó el comportamiento del sistema bajo distintas configuraciones, identificando las áreas críticas de pérdida de eficiencia y desgaste.

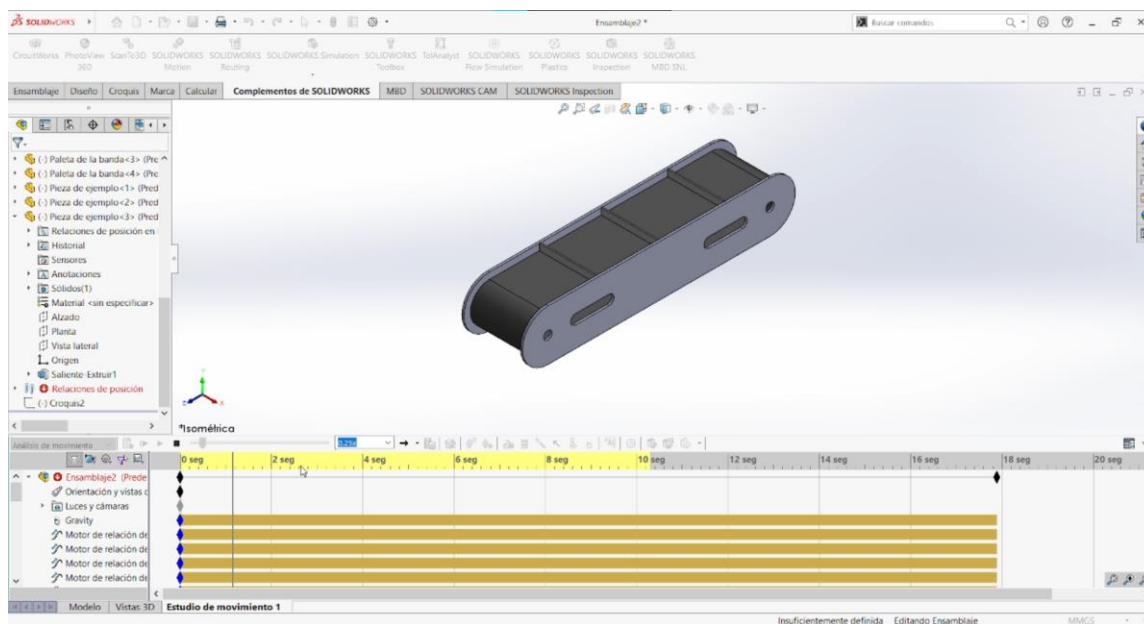


Ilustración 5 Modelo de la banda transportadora en SolidWorks Motion.

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Se compararon los datos obtenidos en las simulaciones y las pruebas experimentales, verificando la efectividad de las soluciones implementadas. Se documentaron las conclusiones y recomendaciones, enfatizando la aplicabilidad del proyecto en la mejora de sistemas de transporte industrial. Este enfoque metodológico integral garantizó la validez y la precisión de los resultados obtenidos, alineándolos con los objetivos planteados y las necesidades prácticas de la industria.

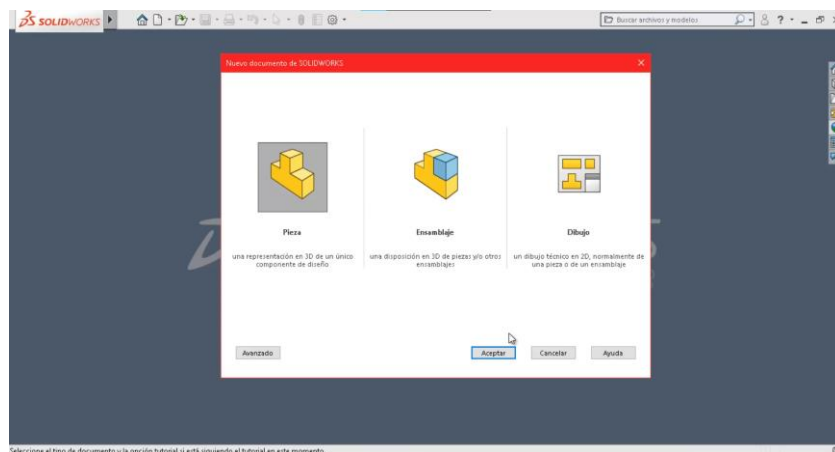
SIMULACIÓN

El análisis de velocidad de una banda transportadora es un estudio fundamental para garantizar su eficiencia, seguridad y durabilidad en diferentes aplicaciones industriales. Este análisis implica determinar cómo la velocidad afecta el desempeño del sistema, incluyendo factores como la capacidad de transporte, el desgaste de los componentes, y la estabilidad del material transportado.

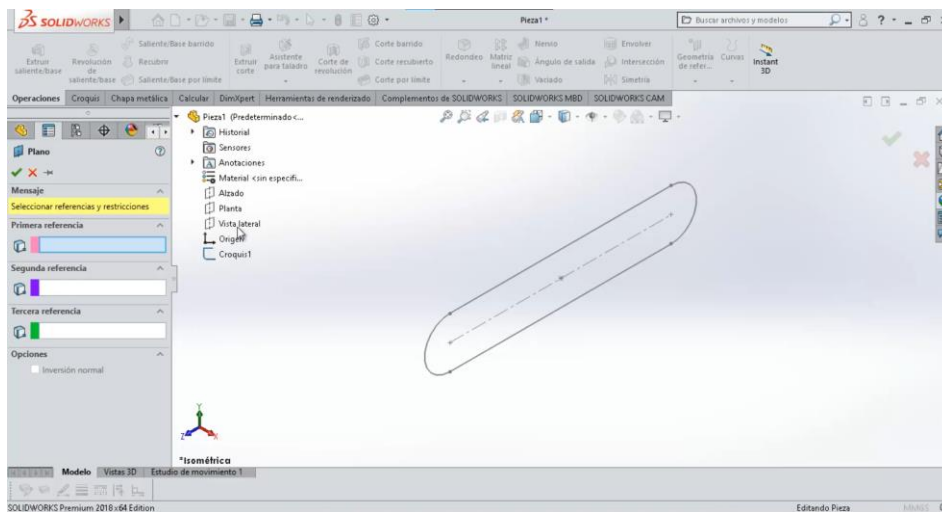
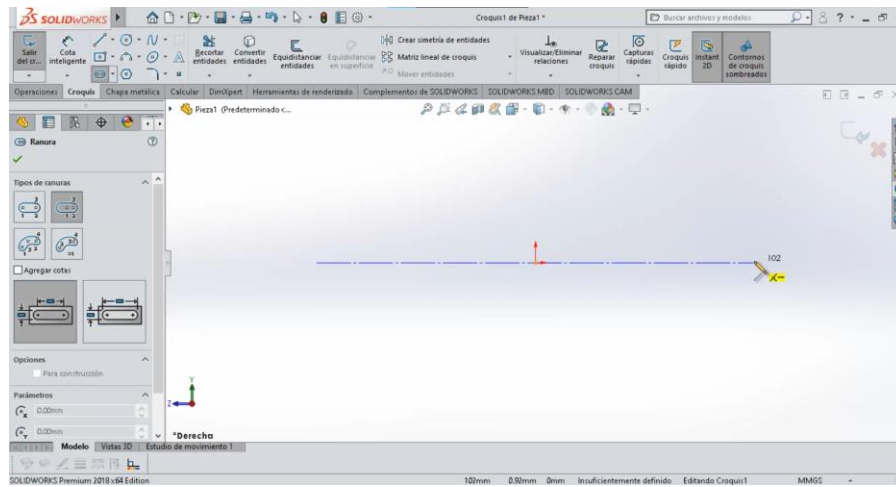
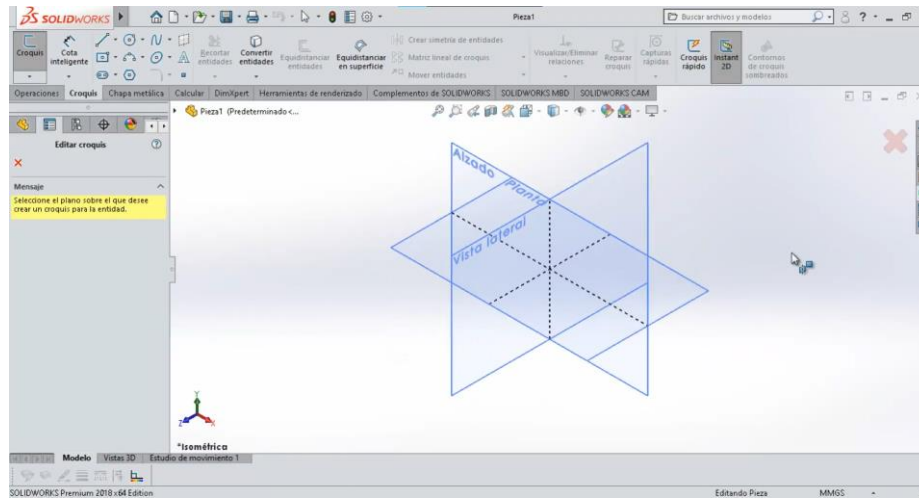
En este proyecto, se evalúan las velocidades operativas adecuadas para una banda transportadora bajo distintas condiciones de carga y materiales. A través de simulaciones computacionales y validaciones experimentales, se busca identificar un rango de velocidad óptimo que maximice la eficiencia energética y reduzca el desgaste mecánico, evitando problemas como la dispersión del material o tensiones excesivas en la banda. Este análisis no solo permite optimizar el rendimiento del sistema, sino también anticipar posibles fallos y garantizar un diseño más seguro y confiable.

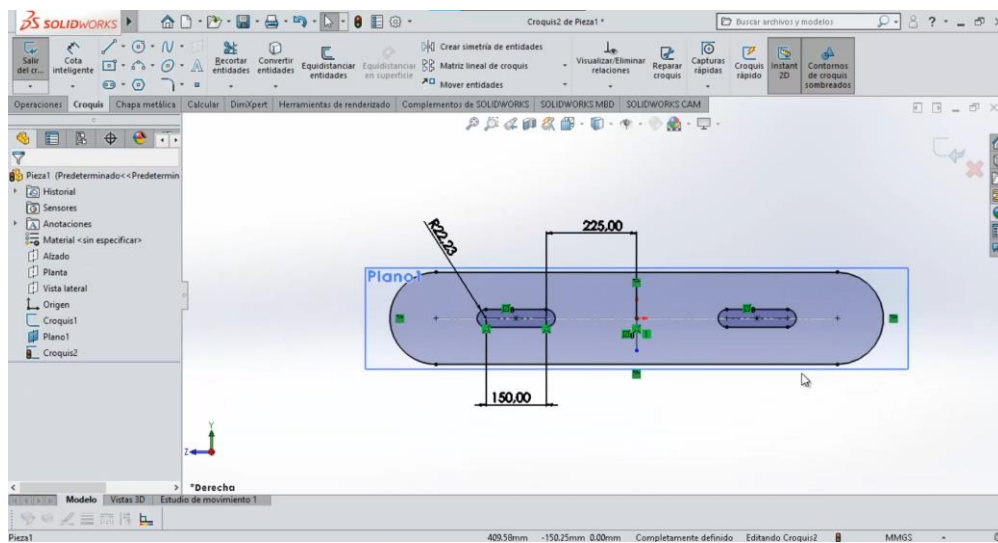
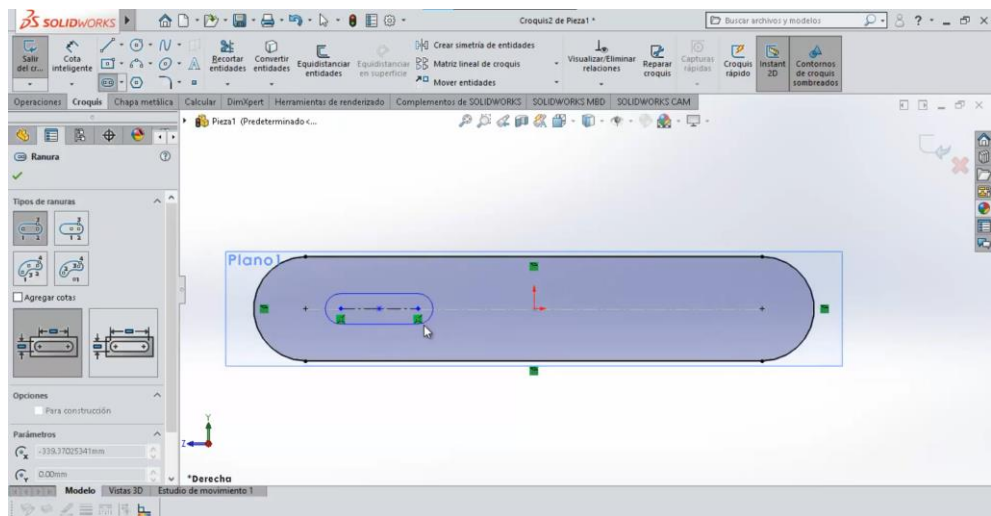
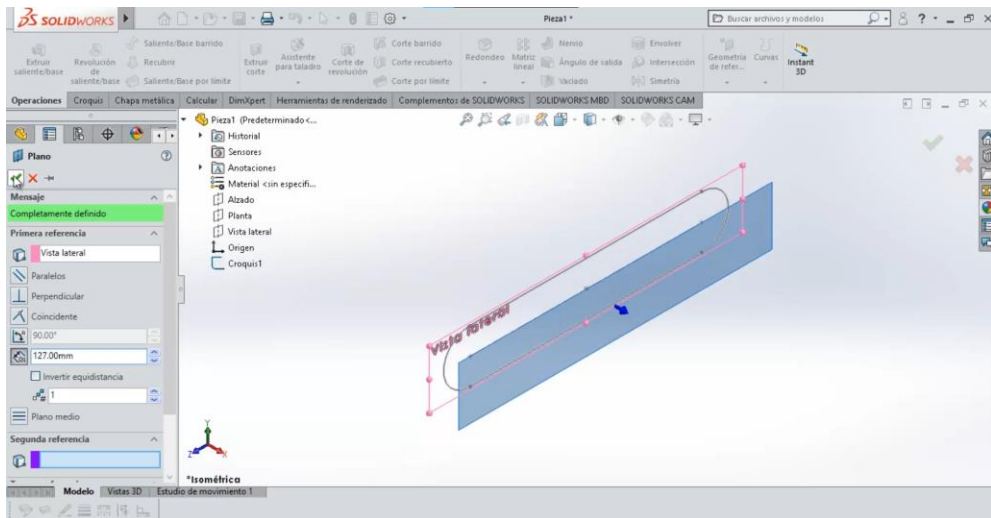
ELABORACIÓN DE LA BANDA TRANSPORTADORA PARA EL ANÁLISIS

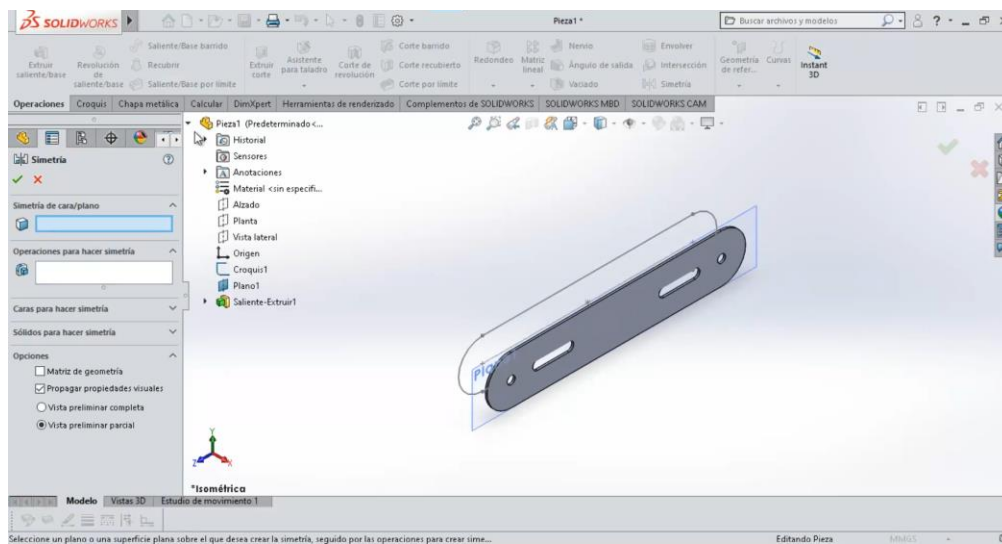
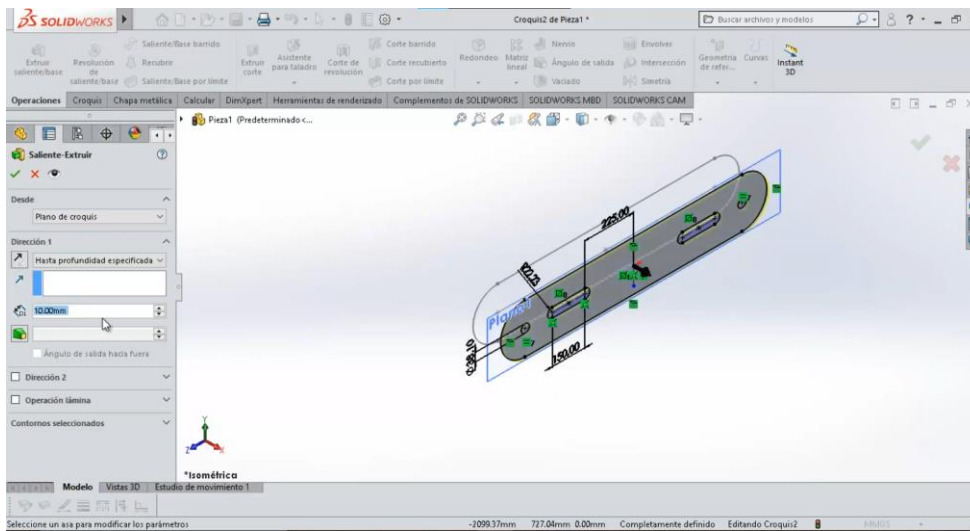
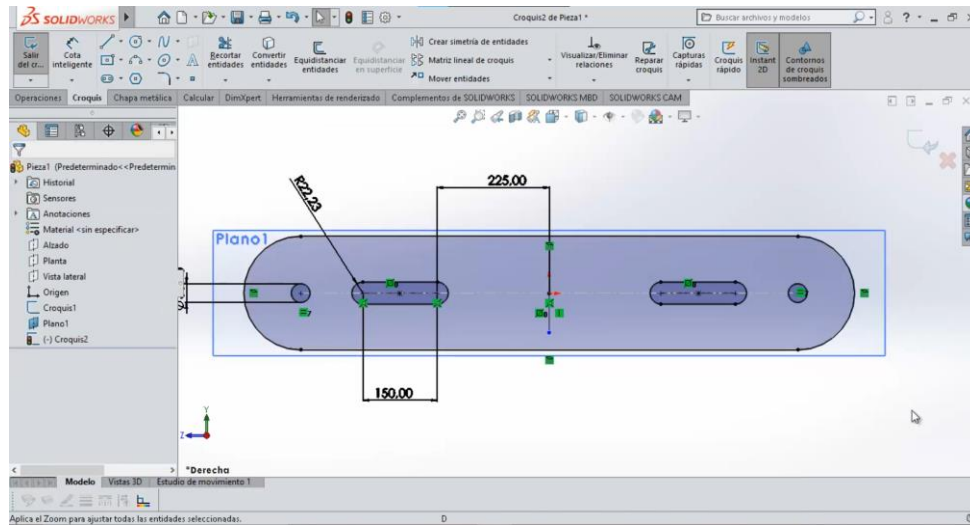
Para este estudio se empezó a hacer cada pieza de la banda transportadora por separado ya que el software lo requiere así para que la simulación se pueda dar de forma correcta y sin ningún contra tiempo.

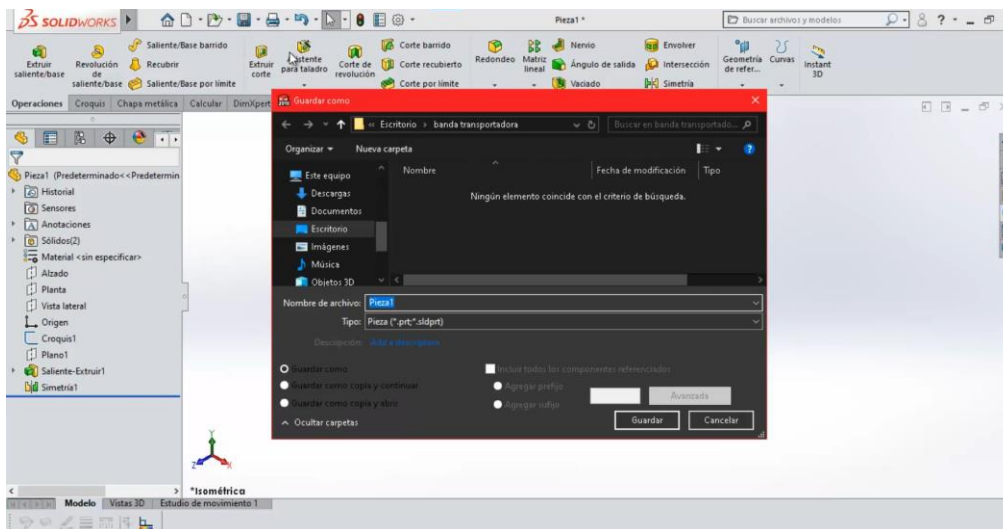
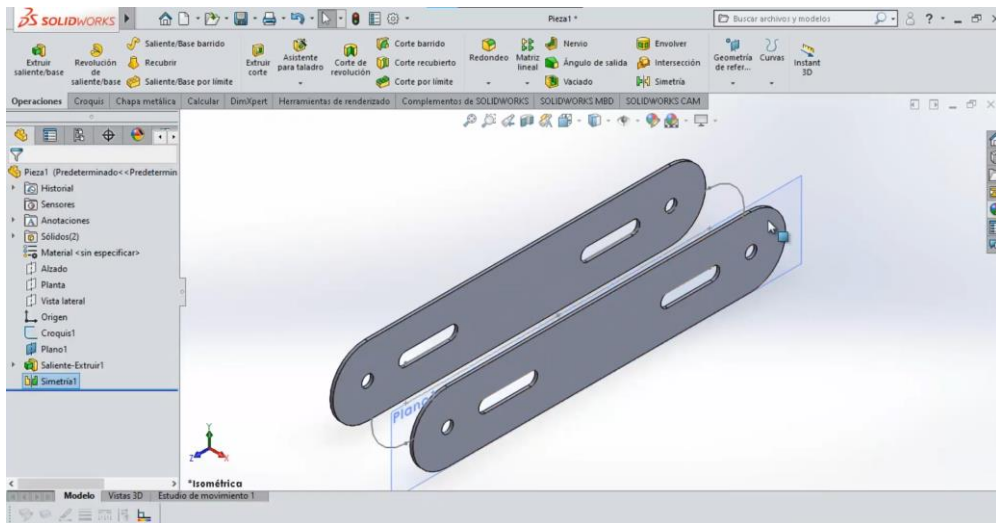
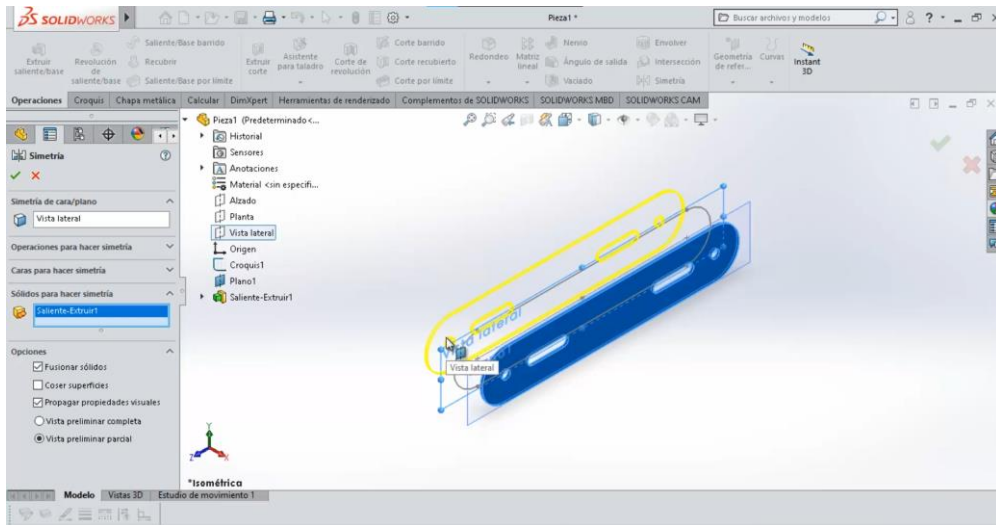


ELABORACIÓN DEL ARMAZON DE LA BANDA TRANSPORTADORA

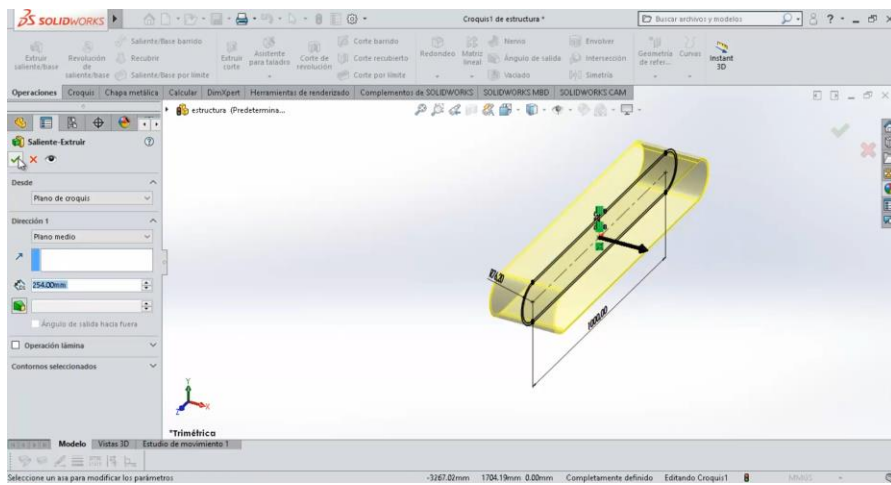
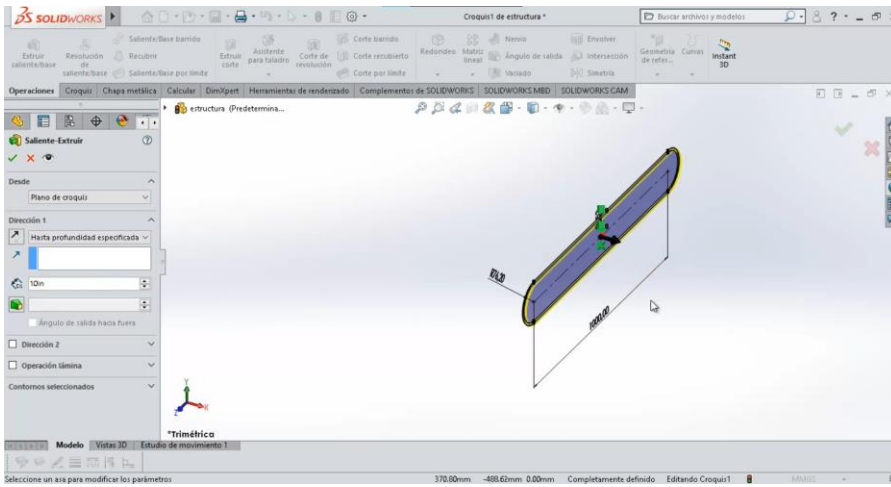
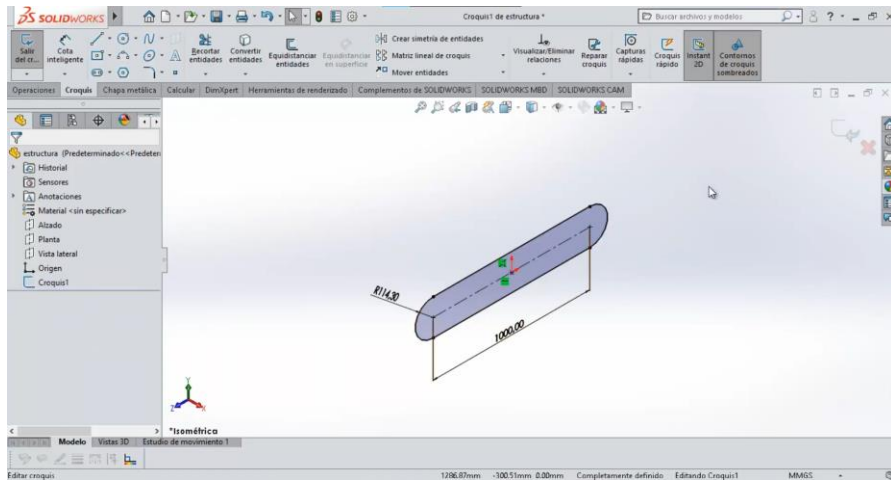


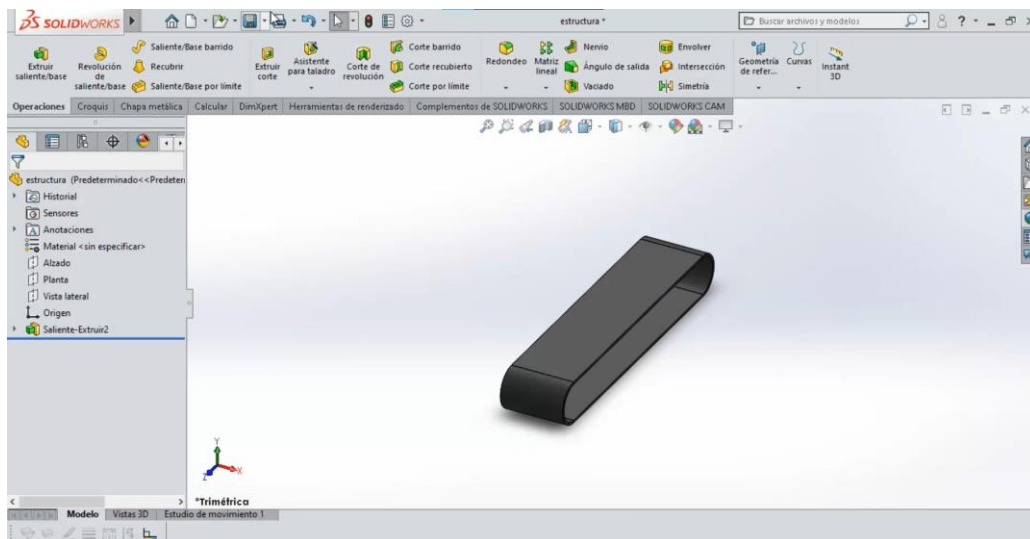
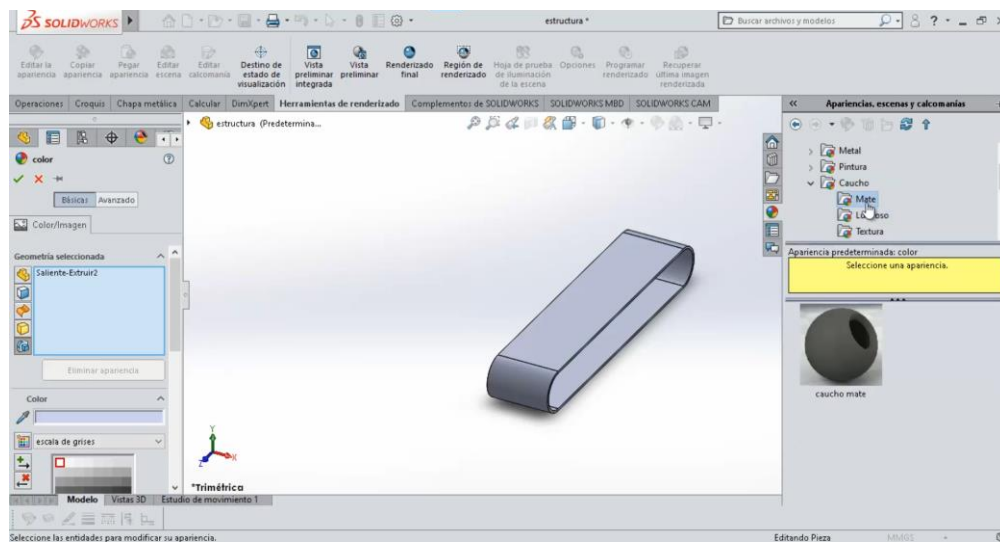
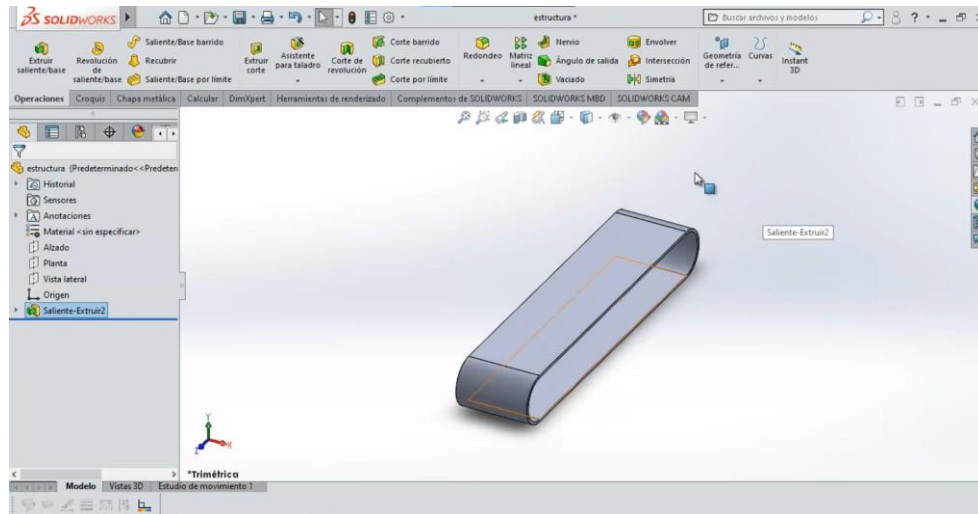




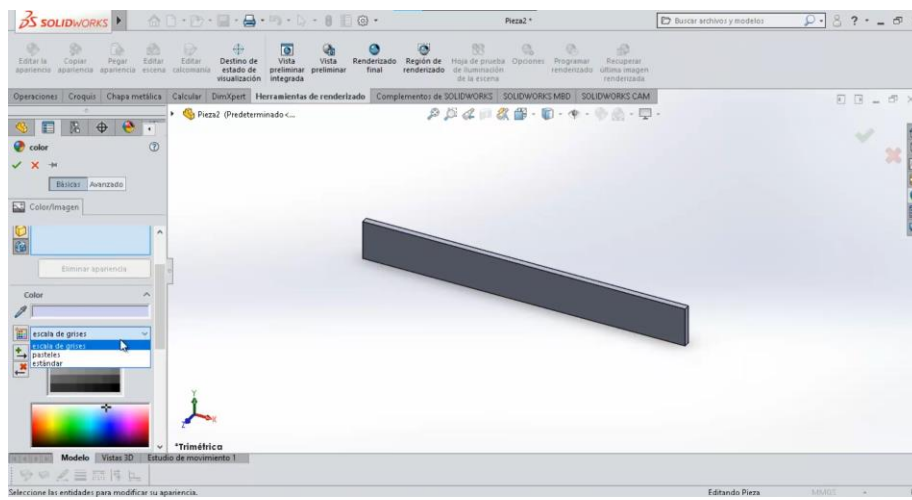
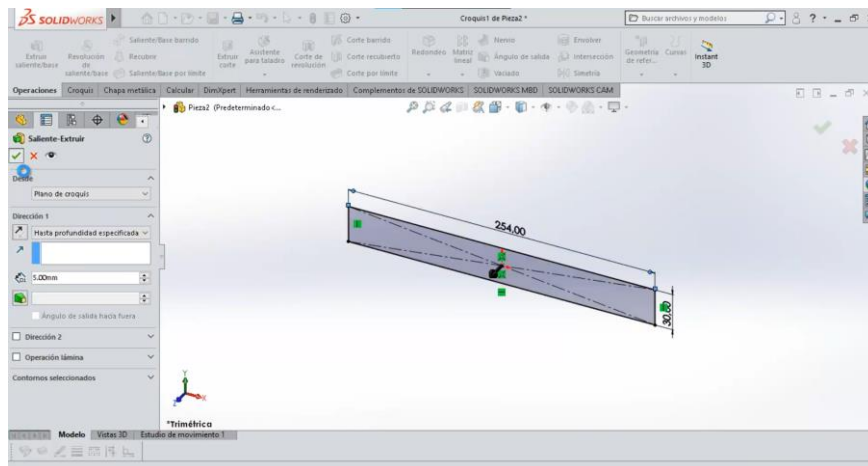
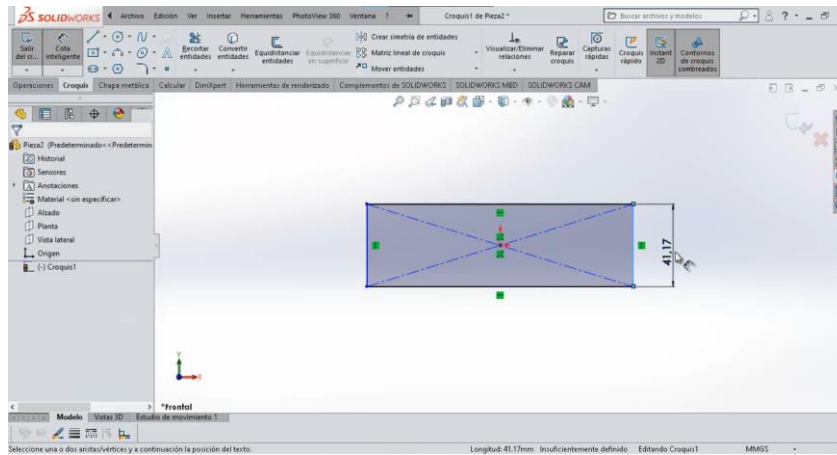


ELABORACIÓN DE LA BANDA

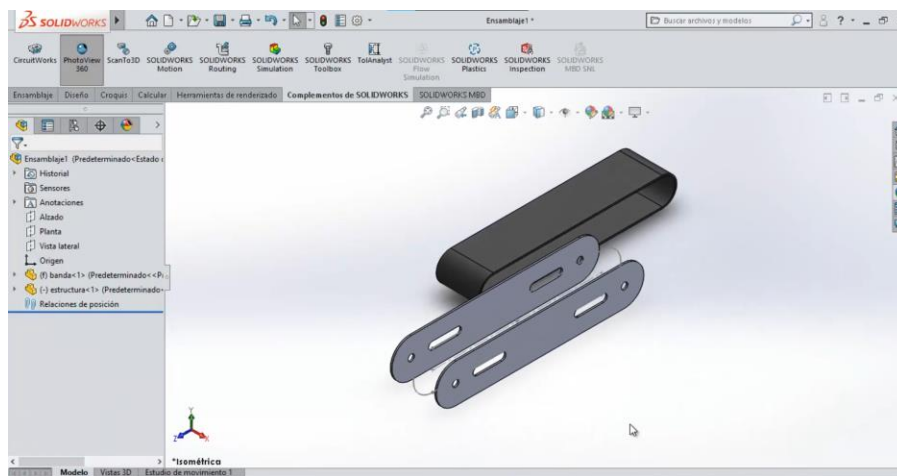
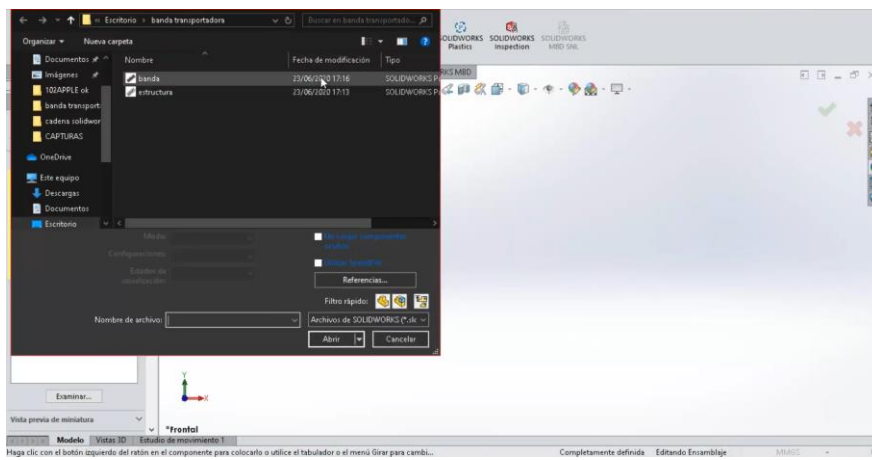
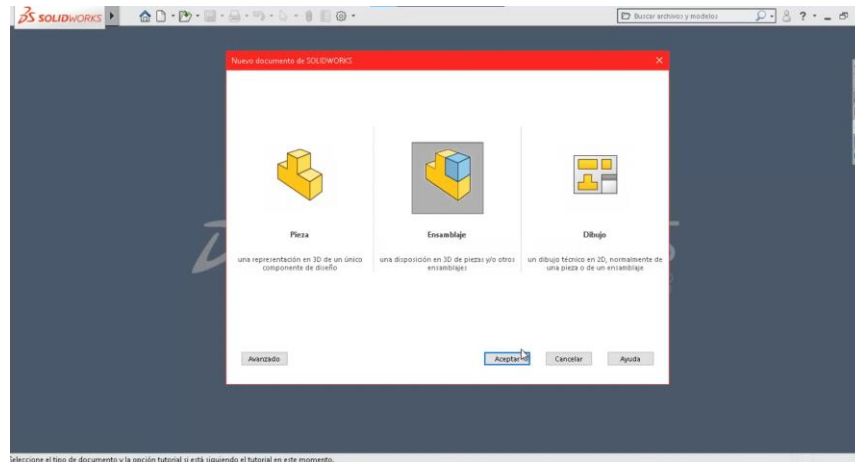


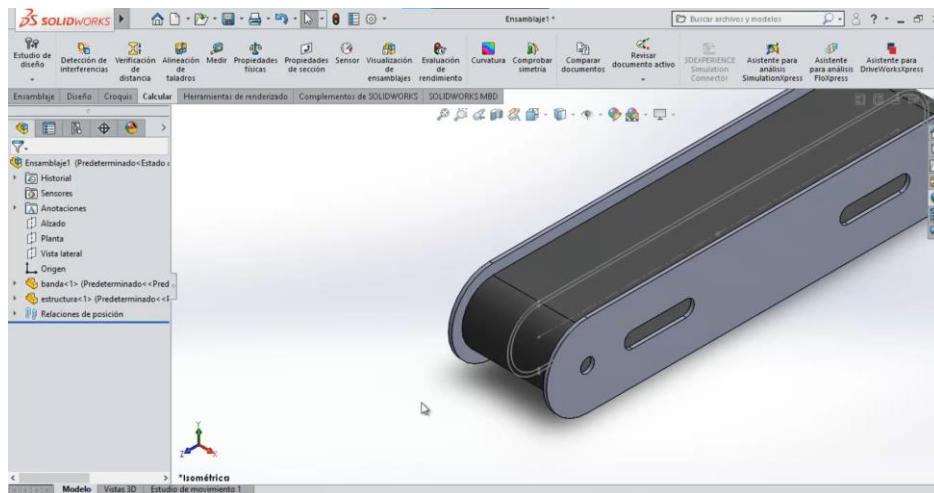
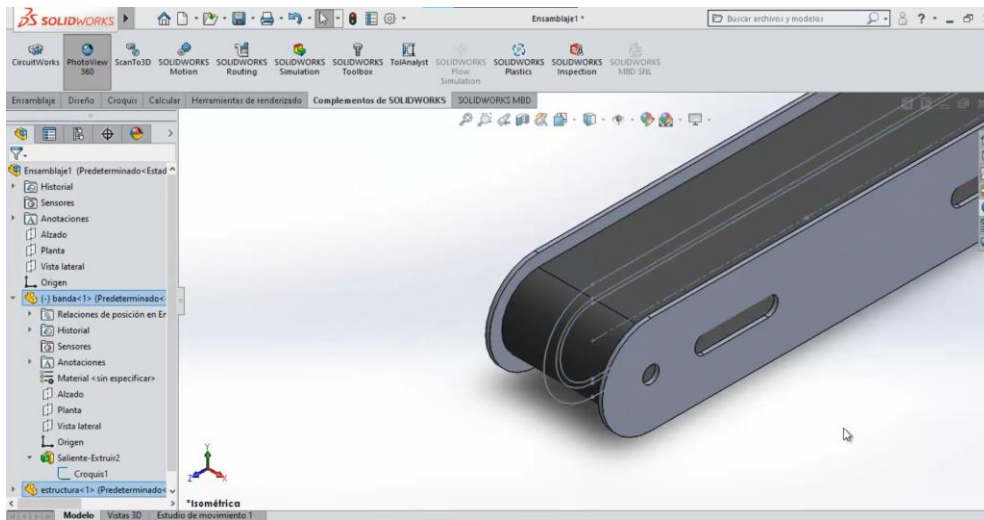
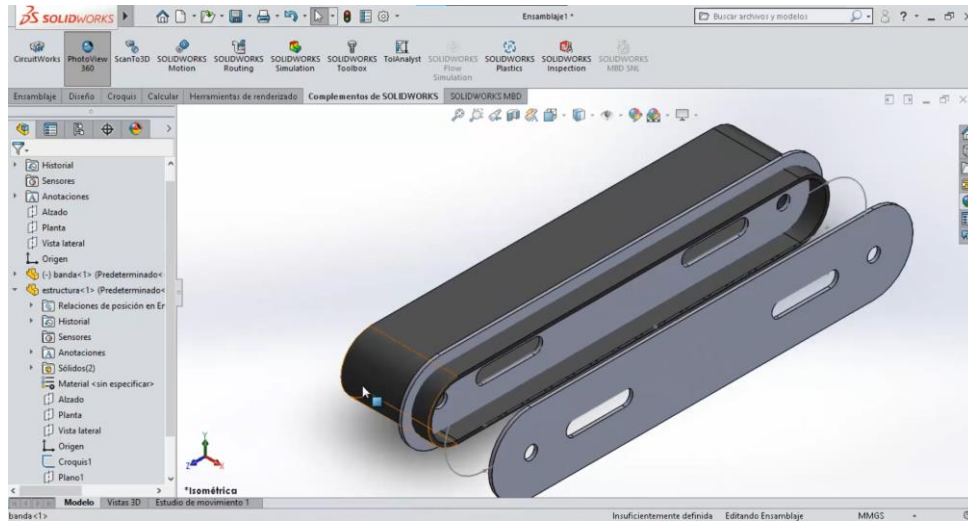


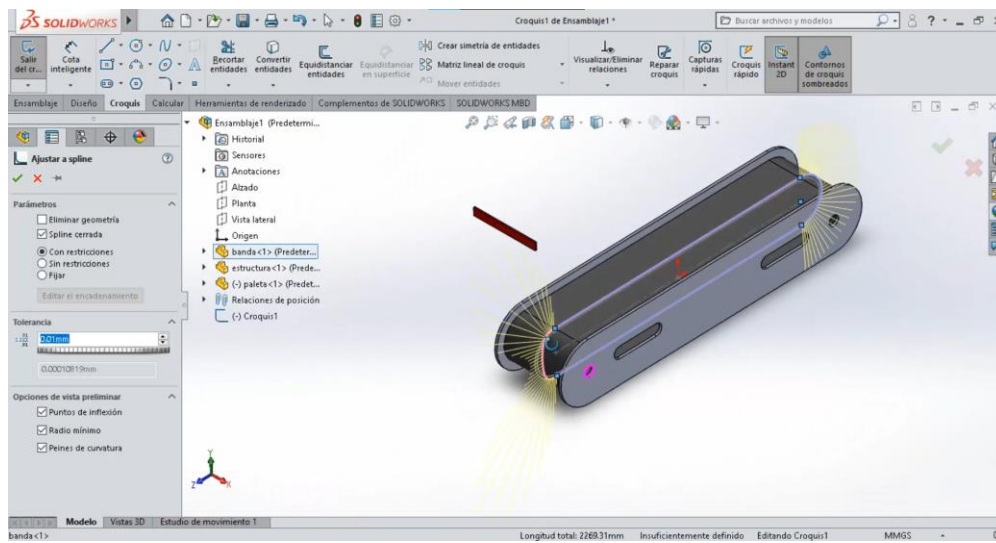
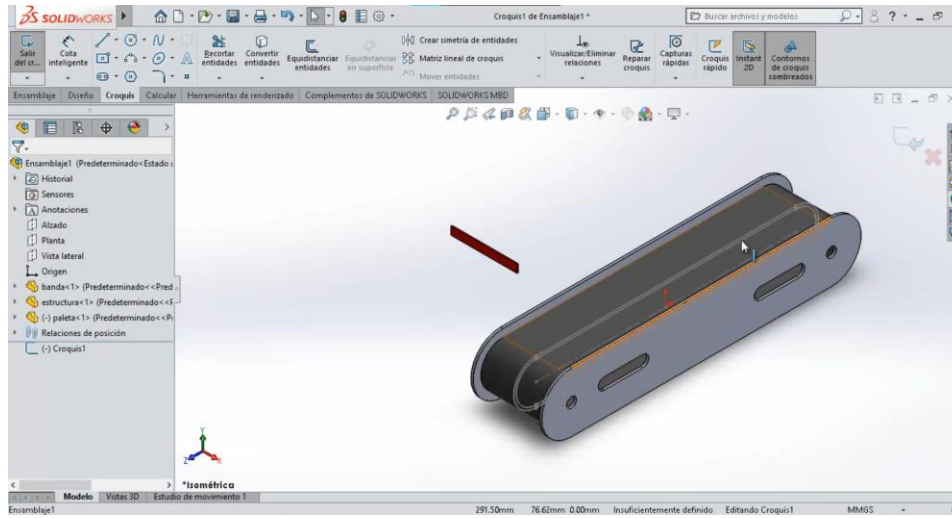
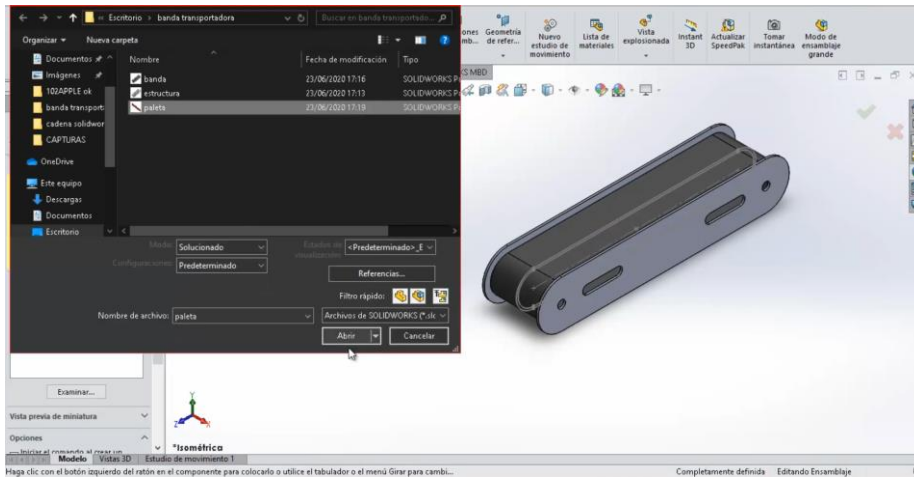
ELABORACIÓN DE LAS PALETAS DE LA BANDA TRANSPORTADORA

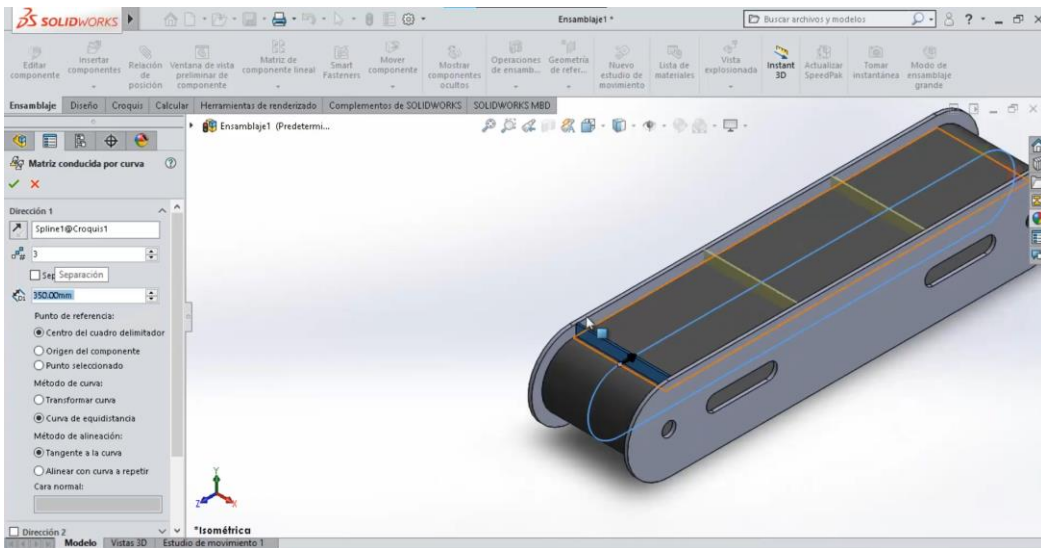
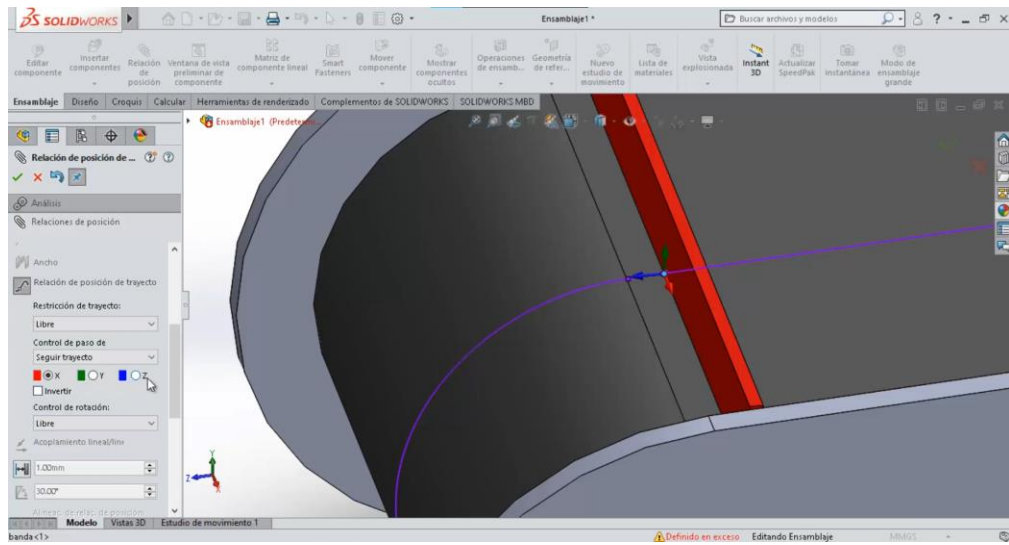
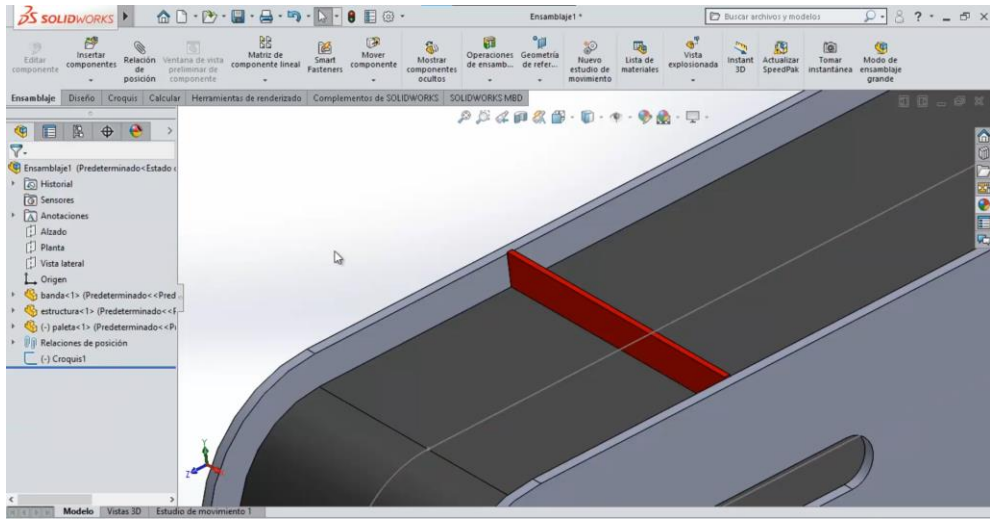


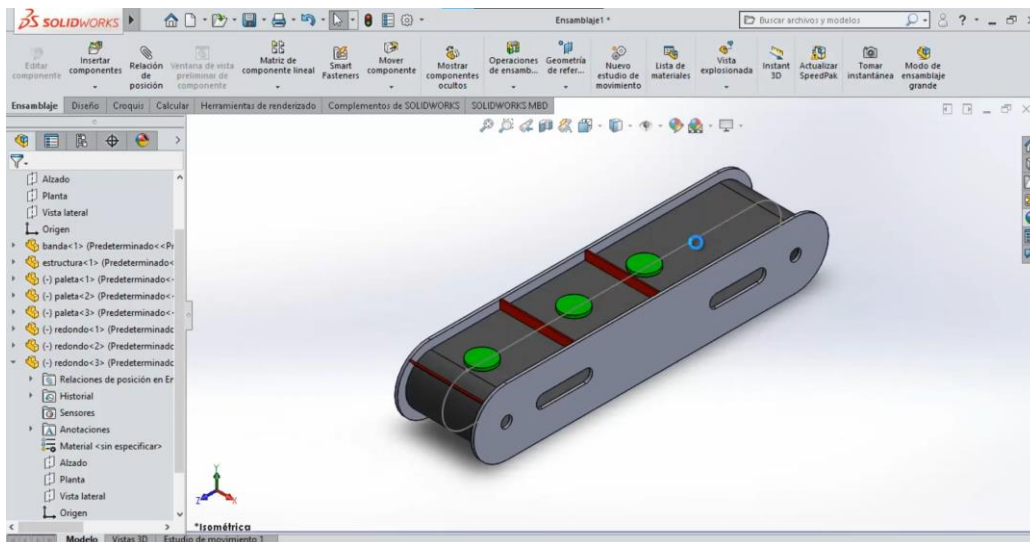
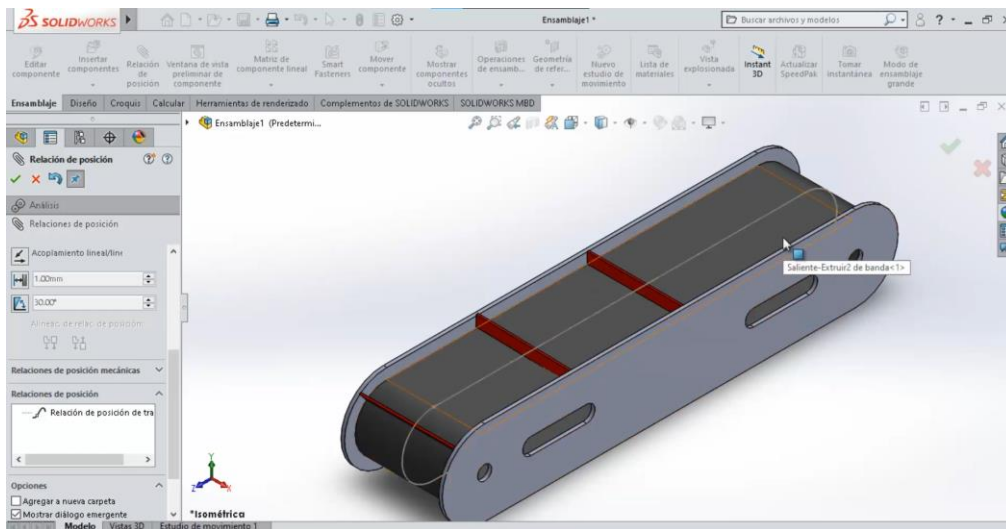
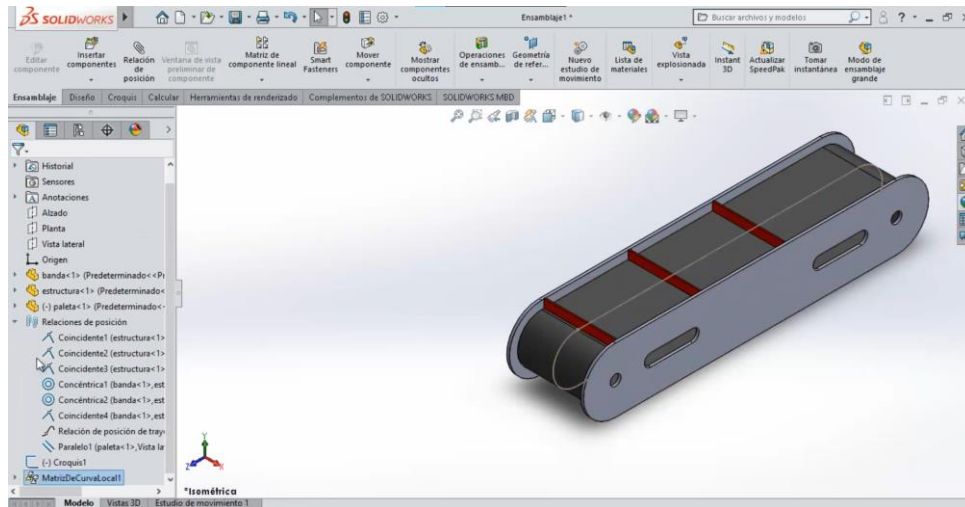
EMSAMBLE DE TODOS LOS COMPONENTES DE LA BANDA TRANSPORTADORA











BANDA TRANSPORTADORA EN SOLIDWORKS MOTION CON EL ANÁLISIS DE VELOCIDAD

Ecuaciones básicas para el análisis:

Relación entre velocidad lineal y angular:

$$v=r\cdot\omega$$

Ecuación 1 Relación entre velocidad lineal y angular

Donde:

v = velocidad lineal de la banda (m/s)

r = radio de los rodillos (m)

ω = velocidad angular del rodillo (rad/s)

Velocidad angular a partir de la frecuencia:

$$\omega=2\pi f$$

Ecuación 2 Velocidad angular a partir de la frecuencia

Donde:

ω = velocidad angular del rodillo (rad/s)

f = frecuencia de rotación del rodillo (Hz)

Supongamos que el rodillo tiene un radio de $r=0.1\text{m}$

La frecuencia de rotación del rodillo es $f=2\text{Hz}$

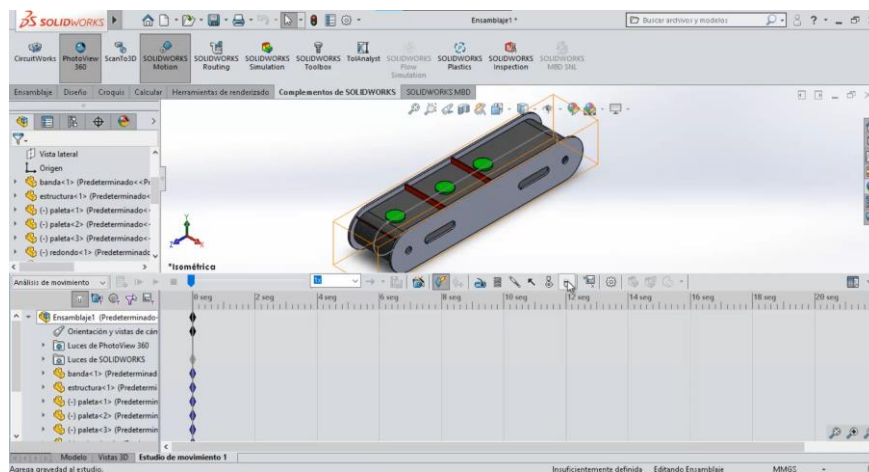
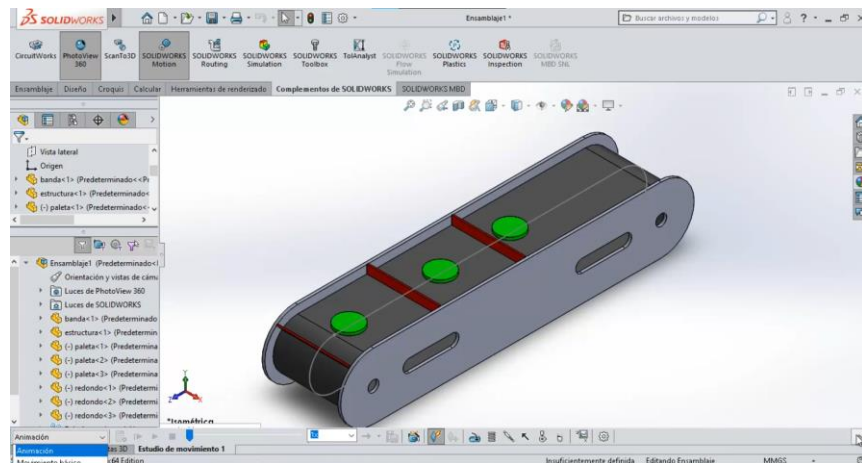
Cálculo de la velocidad angular (ω):

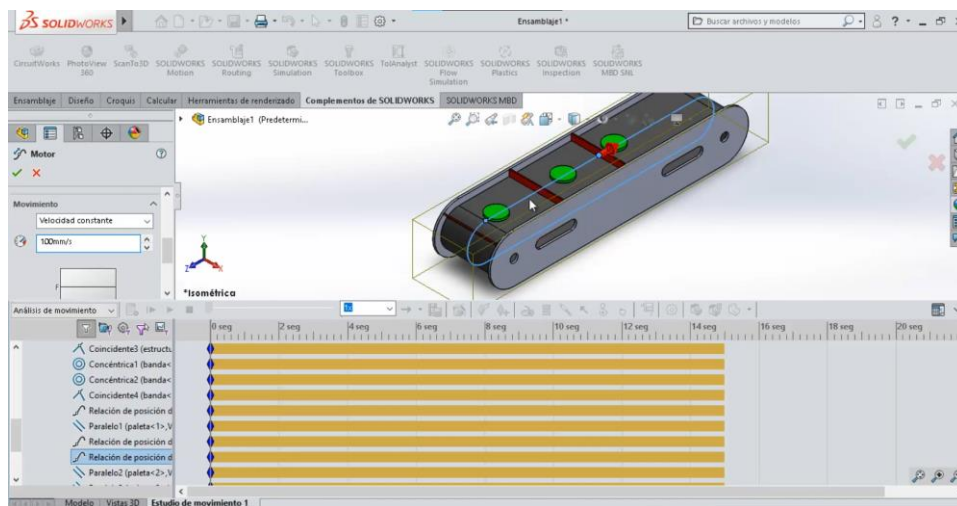
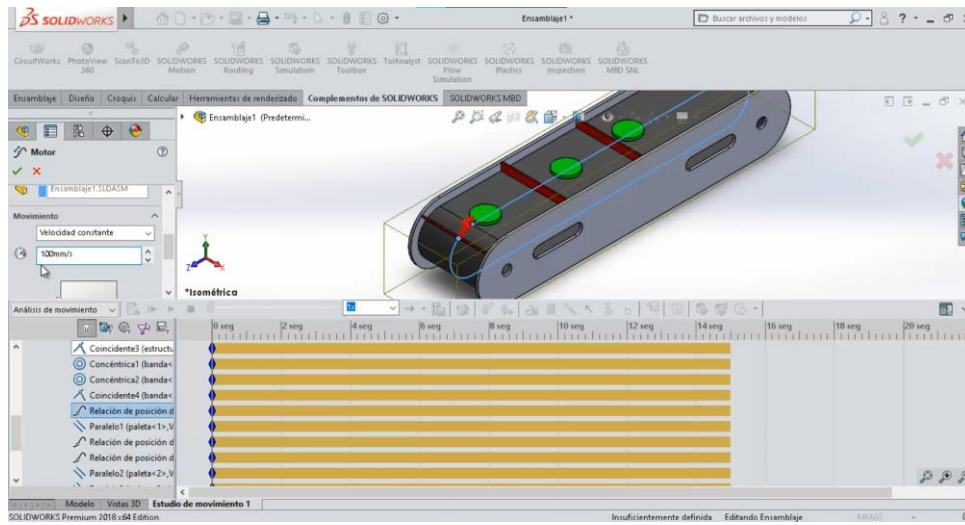
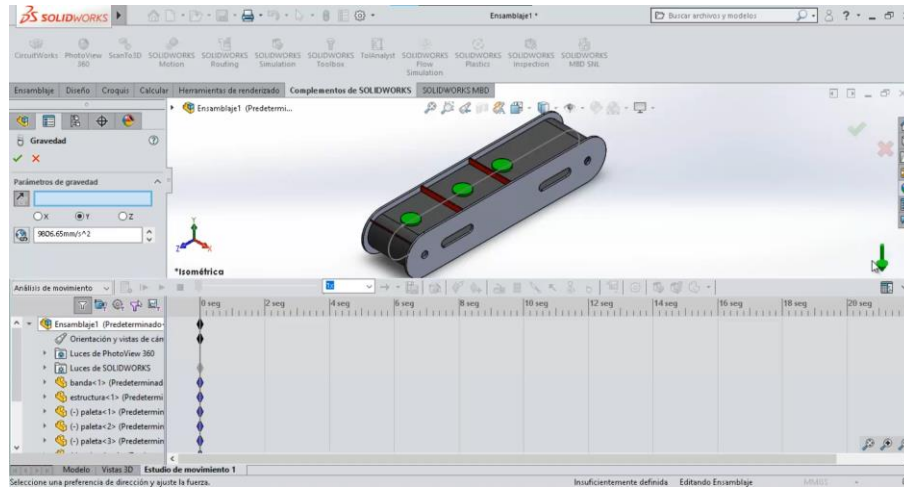
$$\omega=2\pi f=2\pi (2) =12.57\text{rad/s}$$

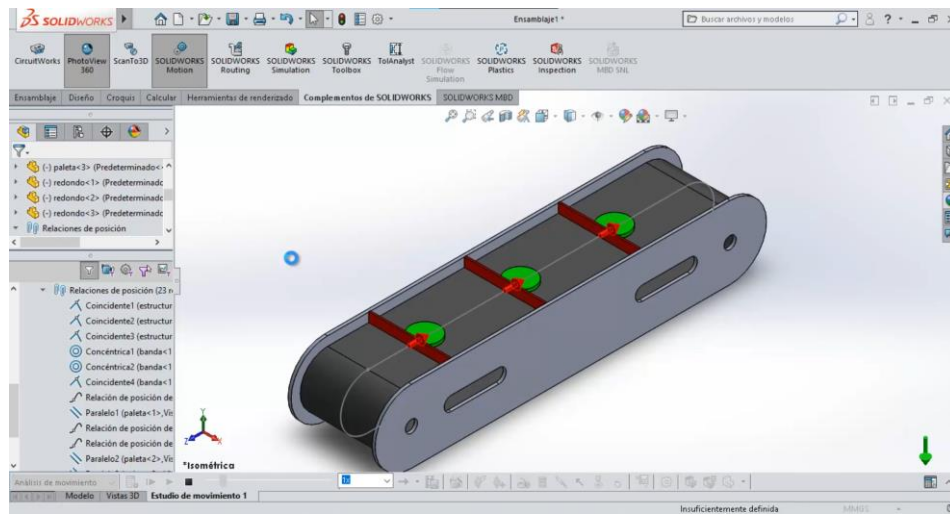
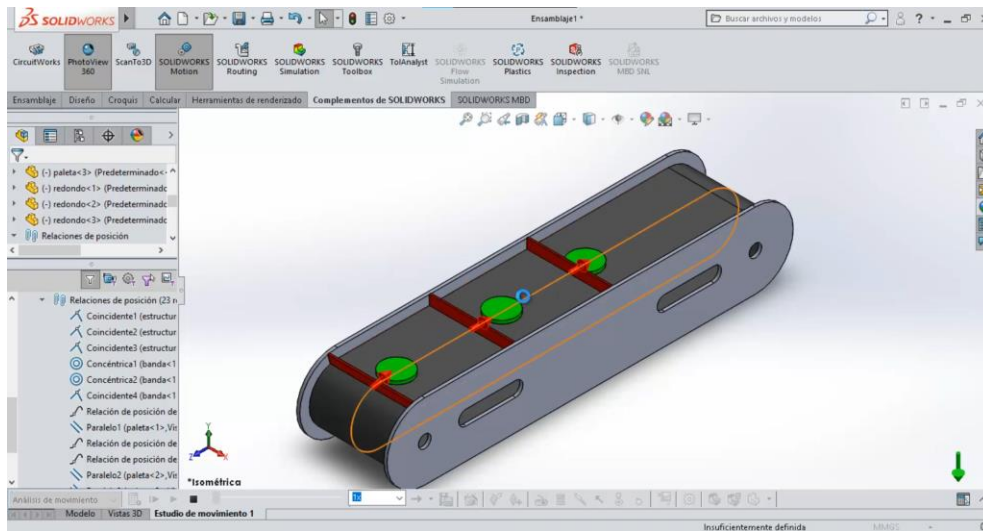
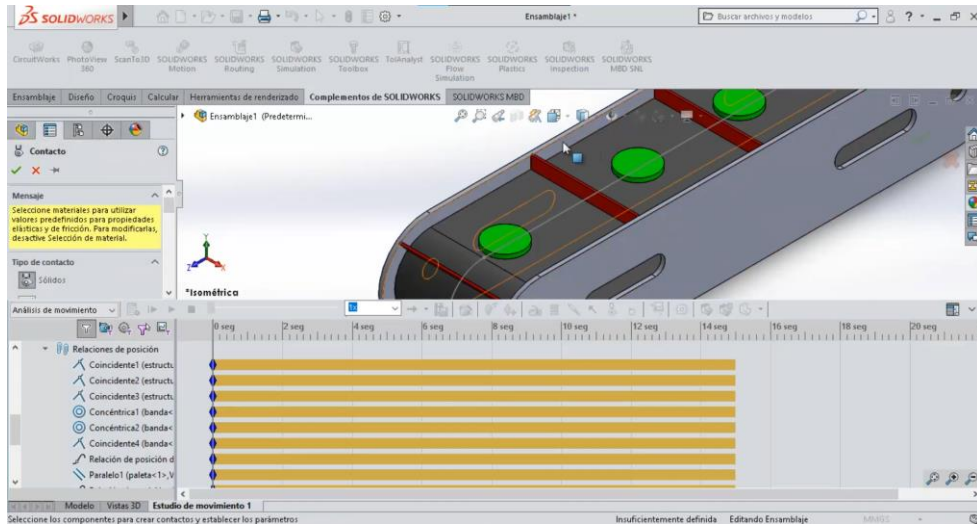
Cálculo de la velocidad lineal (v):

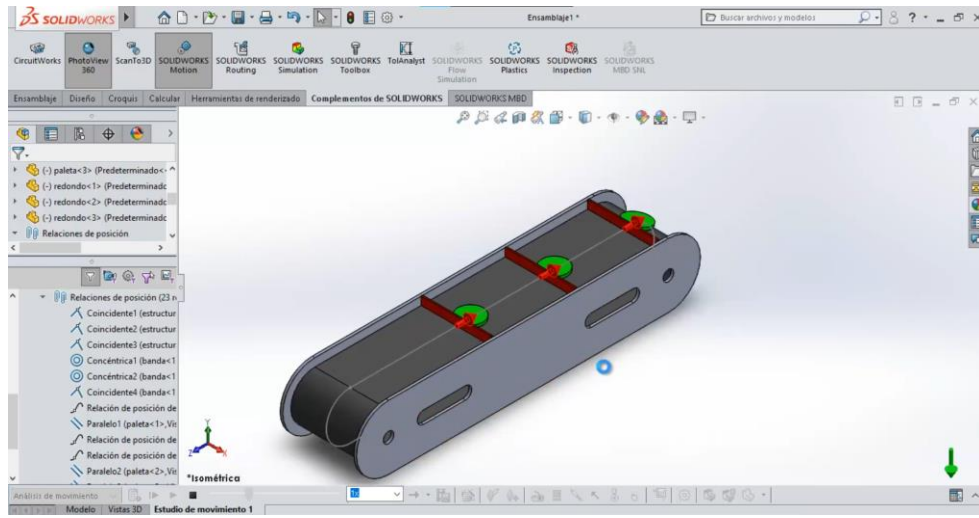
$$v=r\cdot\omega=0.1\cdot 12.57=1.257\text{m/s}$$

La velocidad de la banda transportadora es 1.257m/s









CONCLUSIÓN

El análisis de velocidad en bandas transportadoras es crucial para garantizar un transporte eficiente y seguro en aplicaciones industriales. A través de este estudio, se han identificado los parámetros clave que influyen directamente en el rendimiento del sistema, como la velocidad lineal y angular, las tensiones internas y externas, y la resistencia mecánica de los materiales. En el ejemplo presentado, el cálculo de la velocidad lineal de una banda transportadora ilustra cómo los valores de diseño (radio del rodillo y frecuencia de rotación) pueden influir significativamente en su desempeño.

Los resultados demuestran que una correcta selección de estos parámetros permite optimizar la capacidad de transporte, minimizar el desgaste de los componentes y mejorar la eficiencia energética. La implementación de herramientas de simulación, como SolidWorks Motion, permite analizar el comportamiento cinemático y dinámico del sistema antes de su fabricación, identificando posibles fallas y optimizando el diseño. Esto no solo reduce costos operativos y de mantenimiento, sino que también aumenta la sostenibilidad y la competitividad industrial.

En conclusión, un enfoque estructurado y basado en simulaciones para el análisis de velocidad es esencial para el desarrollo de sistemas más confiables y eficientes. Este proyecto contribuye al avance tecnológico en el diseño de bandas transportadoras, promoviendo soluciones innovadoras y prácticas para aplicaciones industriales diversas. Al combinar la teoría con la validación experimental, se asegura que las soluciones implementadas no solo cumplan con los estándares industriales, sino que también respondan a las demandas reales del sector.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

Beers. 2014. Engineering and Mining Journal. *Engineering and Mining Journal*. [En línea] 2 de 12 de 2014. [Citado el: 17 de 11 de 2017.] <https://web.archive.org/web/20171110225252/http://www.e-mj.com/departments/operating-strategies/4731-dupont-says-belts-with-kevlar-can-run-faster-longer.html#.WgYtyXZuTB8>.

Ford, Henry. 2013. Aramid in conveyor belts in operation: extended lifetime, energy savings and environmental effects. *Aramid in conveyor belts in operation: extended lifetime, energy savings and environmental effects*. [En línea] 21 de 08 de 2013. [Citado el: 9 de 10 de 2012.] <https://earthobservatory.nasa.gov/images/150869/worlds-longest-conveyor-belt-system>.

Lodewijks, G. 2. The Next Generation Low Loss Conveyor Belts. *The Next Generation Low Loss Conveyor Belts*. [En línea] 2010 de 12 de 2. [Citado el: 16 de 07 de 2008.] https://books.google.com.mx/books?id=558I93ERNU4C&q=most+commonly+used+powered+conveyors&pg=PA35&redir_esc=y#v=snippet&q=most%20commonly%20used%20powered%20conveyors&f=false.

Patrick. 2023. earthobservatory.nasa.gov. *earthobservatory.nasa.gov*. [En línea] 21 de 01 de 2023. [Citado el: 18 de 03 de 2022.] <https://earthobservatory.nasa.gov/images/150869/worlds-longest-conveyor-belt-system>.

Siscode. 2015. «fajas transportadoras». *«fajas transportadoras»*. [En línea] 23 de 05 de 2015. [Citado el: 11 de 11 de 2014.] <https://siscode.com/fajas-transportadoras-dorner/>.