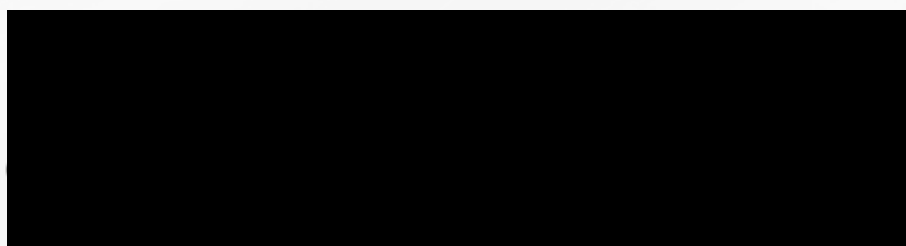




**INFORME FINAL
ANTEPROYECTO REPORTE
TÉCNICO**

Valoración de neumáticos fuera de uso



EN COLABORACIÓN CON



COPARMEX[®]
CHIHUAHUA

CONTENIDO

PSI5, Valoración de neumáticos fuera de uso	01
Antecedente.	01
1 Valoración de neumáticos fuera de uso	02
1.1 Marco Legal	03
1.2 Dimensión del Problema:	03
1.3 Oportunidad:	04
2 Escenario Base y Efectos Favorables	07
2.1 Flujo de llantas en desuso	07
2.2 La Emisión de CO ₂	08
3 Propuesta de Acción	10
3.1 Introducción	10
3.2 Propuesta	12
3.3 Descarbonización	12
3.4 Inversión	12
4 Recomendaciones	14
5 Evidencia fotográfica	16
Bibliografía	



PSI5, VALORACIÓN DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO

ANTECEDENTE.

Ante un modelo económico que ha favorecido al cambio climático, la Economía Circular ofrece un modelo que preserva la naturaleza y reduce las emisiones de gases de efecto invernadero. En la actualidad, China y Europa son los líderes mundiales en la transición hacia la circularidad. La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), propuestos por las Naciones Unidas (2018), es otra iniciativa que muestra que la situación no puede ni debe ser ignorada. Las acciones de circularidad deben de incluir la sinergia de los sectores Social, Privado y Gobierno (SPG), en la búsqueda de alternativas a través de la Ciencia y Tecnología, como resultado se ha intensificado las inversiones en actividades de Economía Circular.

Tomando a la Unión Europea como referente, por formalizar políticas públicas y leyes que favorecen la adopción del nuevo modelo económico. Se instituye la oficina facilitadora "Chihuahua Green City" (CGC), la cual se ha constituido en un ejemplo a nivel internacional, al gestionar exitosamente la colaboración de las Comisiones de Energía & Sustentabilidad y Medioambiente de COPARMEX y la Secretaría de Innovación y Desarrollo Económico del Gobierno del Estado de Chihuahua. La oficina técnica CGC ha planteado objetivos ambiciosos para inducir al sector empresarial hacia una Economía Circular. En 2019 se llevó a cabo el acercamiento a una Delegación de la Unión Europea en México, para emprender una colaboración estrecha. Consolidando la relación a través de diversas actividades, que se han desarrollado desde el contacto inicial, obteniendo beneficios como la concientización de los actores clave en la ciudad de Chihuahua y la creación de un Comité Ejecutivo.

La oficina facilitadora Chihuahua Green City, es un facilitador, que coordina los esfuerzos: ofrece la estimación de los impactos tecnológicos, económicos, sociales y medioambientales; propone soluciones tecnológicas orientadas a modelos de Economía Circular. Una de las claves fundamentales del éxito alcanzado, es la confianza depositada por los representantes de las empresas participantes. Permitiendo el desarrollo de escenarios para la colaboración innovadora, donde dos o más entidades intercambian información de sus materiales residuales, con el objetivo de propiciar un beneficio mutuo adoptando modelos "closing the loop".

Actualmente la oficina facilitadora Chihuahua Green City identifica, al Complejo Industrial Chihuahua con 167 empresas instaladas, el potencial de proyectos simbióticos. Del análisis en grado de prefactibilidad, las oportunidades detectadas, en el proyecto Piloto se desarrollaron 7 Paquetes de Simbiosis Industrial (PSI):

- PSI1: Reciclaje de plástico
- PSI2: Reutilización de agua regenerada en procesos industriales
- PSI3: Bioeconomía y Bioenergía
- PSI4: Gestor energético compartido
- PSI5: Valoración de neumáticos fuera de uso
- PSI6: Revalorización de materiales de construcción
- PSI7: Residuos electrónicos

A continuación, se presenta el Paquete de Simbiosis Industrial: Valoración de neumáticos fuera de uso (PSI5).

1. Valoración de neumáticos fuera de uso

La recuperación de energía y materiales de valor comercial, a partir de residuos o materiales en desuso, es parte de las acciones de circularidad deseables. Es importante considerar esta acción en el procesamiento de llantas que han alcanzado su vida útil, asociado a los grandes volúmenes de llantas generados en las ciudades y para minimizar los problemas ambientales y de salud (Machin et al. 2017). En este sentido, se ha probado la recuperación de energía de estos neumáticos (Sathiskumar et al. 2019). Por otro lado, se ha estudiado el desarrollo de catalizadores basados en hierro a partir del caucho y acero residual de llanta (Amar, 2022). Y en algunos casos se propone el uso de estos subproductos como materias primas en la industria de los muebles (Murcia, 2019) e impermeabilizantes.

Se identificaron las siguientes alternativas para el aprovechamiento de las llantas residuales:

- 1.Opción de simbiosis con “Life for Tyres”, empresa que a través de la tecnología de pirolisis obtiene componentes y materias primas para otros procesos.
- 2.Opción del uso como combustible alternativo, en la industria cementera, como coprocesamiento en el proceso de precalcinación.

Opción de fabricación de impermeabilizante, como el Impercaucho, que utiliza neumáticos pulverizados mezclados con una resina acrílica.

(1) <https://impercaucho.com/>

1.1 Marco Legal

El marco legal de las llantas residuales fuera de uso se encuentra regulado en distintas normativas a nivel internacional, nacional y local. A nivel internacional, la Convención de Basilea (1089), sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación, incluye las llantas usadas en su listado de residuos peligrosos. Además, la Organización Internacional del Trabajo (1989), establece recomendaciones en su convenio 169 sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes, en el cual se promueve el uso de tecnologías limpias y la gestión adecuada de residuos, incluyendo las llantas usadas (Secretaría, 1989).

A nivel nacional, en México, se encuentra la Norma Oficial Mexicana (NOM) 161 SEMARNAT 2011, la cual establece los criterios para la gestión integral de llantas usadas. Asimismo, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) publicó en 2015 la Norma Emergente para la Gestión de Llantas Usadas, la cual establece las especificaciones para el acopio, transporte, almacenamiento y disposición final de las llantas usadas (SEMARNAT, 2011, 2015).

En cuanto a la regulación local, cada estado y municipio en México tiene sus propias normativas para la gestión de llantas usadas. Por ejemplo, la Ciudad de México cuenta con el Programa Integral para la Gestión de Llantas Usadas, el cual tiene como objetivo establecer medidas para prevenir la generación de llantas usadas y promover su reutilización y reciclaje.

1.2 Dimensión del Problema

El estado de Chihuahua en México enfrenta un problema con la disposición inadecuada de llantas residuales, lo que representa una amenaza para la salud pública y el medio ambiente. Se ha identificado que los neumáticos usados a menudo se tiran ilegalmente en espacios abiertos, ríos e incluso en áreas residenciales, terrenos a borde de carretera o vertederos informales lo que crea un riesgo de incendio. Las llantas presentan un lento proceso de descomposición, pero su masiva presencia, contribuyen a la contaminación de atmósfera, suelo y el agua, afectando los ecosistemas y la salud humana. Además, se debe tener en cuenta, el ingreso clandestino o importación de llantas nuevas y usadas. El gobierno local ha implementado varias medidas para abordar este problema, incluida la promoción del uso de llantas reacondicionadas, la creación de instalaciones de reciclaje de llantas y la imposición de multas por vertidos ilegales.

- El Municipio Cd Juárez (2022), publicó en sala de prensa que, de agosto 2021 a septiembre de 2022, el personal de la Dirección de Limpia recogió 188,043 llantas en distintos puntos de la ciudad. Así también el Municipio
- Cd Juárez (2023), publicó en sala de prensa que, levantó 1,205 llantas de la calle Puerto Dunquerque. El estado de Chihuahua cuenta con
- alrededor de 14 grandes empresas mineras. A través de información recopilada en entrevistas se estima generan aproximadamente 35,000 Ton/año de neumáticos de desecho.

Sin embargo, el problema persiste debido a la falta de conciencia y cumplimiento, así como a los desafíos de gestionar y financiar soluciones sostenibles. Son muestra de la grave acumulación, y la necesaria acción para mitigar los efectos negativos, y proponer acciones para aprovechar su potencial flujo diario de estos materiales.

1.3 Oportunidad

Se identificó una alternativa para revalorar las llantas en desuso con la empresa, con sede en Dublín Irlanda, "L4T, Life For Tyres", la cual se especializa en la construcción y operación de plantas de reciclaje y valorización de neumáticos al final de su vida útil. Transformando en materias primas secundarias de alta calidad los subproductos generados: Biocombustibles: sustituto del petróleo; Negro de humo/carbon black, usado en aplicaciones de refuerzo, estabilizante en polímeros ante a los rayos ultravioletas; y la recuperación de acero, de cuerdas de los neumáticos.

Life For Tyres busca establecer una nueva planta recicladora de neumáticos fuera de uso en la ciudad de Chihuahua, México.

Las razones, para instalar la planta en la ciudad son:

- Ubicación estratégica para la comercialización de los subproductos.
- Se dispone de un flujo significativo de llantas y polímeros no reciclables, para alimentar el proceso, con un estimado de 40 mil toneladas/año.
- Presencia de la industria minera, con un flujo 35 mil toneladas/año en llanta,
- Potencial de Recursos humanos, trabajadores de alta calificación y experiencia, para ser parte de operarios en la planta.
- La Economía Circular como prioridad en la política pública,
- Iniciativas a reducir desperdicio e impacto ambiental, de la iniciativa privada.
- Las acciones de enlace, entre los intereses del sector público y privado, realizada por la Oficina facilitadora Chihuahua Green City

- El proceso de la planta L4T, está alineado a 8 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los cuales se presentan en la Fig. 1 (ONU, 2018).



Fig 1. Objetivos de desarrollo sostenible que atiende la propuesta PSI5

2

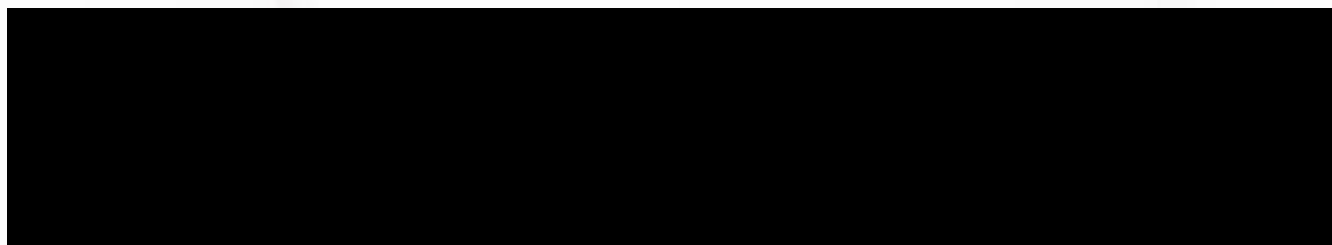


2. ESCENARIO BASE Y EFECTOS FAVORABLES

2.1 Flujo de llantas en desuso

Chihuahua genera una gran cantidad de llantas residuales, sin embargo, no hay un censo confiable. Para evaluar la oportunidad tenemos que realizar una estimación a partir del plan de desarrollo urbano (PDU). Por lo que se identificó que la ciudad cuenta con aproximadamente 400,000 vehículos.

-
-
-
-



Si se considera además la disposición e ingresos clandestinos, de llantas para vehículos pequeños y medianos, de origen nacional o importada. Es posible utilizar 20,000 Ton/año de neumáticos de para la producción de energía. Adicionalmente, se pueden disponer 20,000 Ton/año de plásticos no reciclables (80% de residuos plásticos municipales). Además, la Dirección de servicios Públicos del Municipio de Chihuahua ha calculado, dentro del actual relleno sanitario, la existencia de 49,000 m³ de neumáticos fuera de uso.

Por otra parte, a través de entrevistas al Clúster Minero de Chihuahua, identificó que se tiene un serio problema con la disposición de las llantas residuales. Se requiere cada 3 meses el cambio las llantas, de las excavadoras o palas mineras que son de gran tamaño, y en el caso de los camiones cada 10 días. Se estimó la cantidad de 35,000 Toneladas de llantas fuera de uso en esta actividad.

De todo lo anterior el potencial de flujo es de: 55,000 ton/año de llantas en desuso y 20,000 ton/año en polímeros no reciclables, sin considerar las llantas y polímeros que se encuentren confinados en sitios regulados o clandestinos.

(2) Las llantas de desuso de autos y caminos ligeros, que se acumulan en el relleno sanitario, no se aprovechan y son un riesgo de incendio. O se presenta su reúso, un reciclaje artesanal (calzado u objetos de jardín etc.) de neumáticos, sin valor añadido este reciclaje no es una solución al flujo de material.
 (3) Polímeros con el código 7, que son comúnmente mezclas de resinas o plásticos recuperados anteriormente

La Emisión de CO₂

Si se considera una base de 55,000 toneladas/año de llantas fuera de uso, la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) que se emiten las dependerá del método utilizado para su disposición final.

- Si las llantas son incineradas, se emiten alrededor de 2.2 toneladas de CO₂ eq por tonelada de llantas incineradas (USEPA, 2019). Por lo tanto, la emisión de CO₂ de llantas incineradas sería de aproximadamente 121,000 toneladas de CO₂ eq por año. La liberación de los gases de combustión al ambiente, además de CO₂, se liberan compuestos de azufre que favoreciendo la lluvia ácida. Su uso en la industria cementera, evitaría emitir una gran parte de los compuestos de azufre, pero serían capturados en el Clinker (esto se debe regular para evitar problemas en la calidad del cemento). El uso de llantas en nuevos productos, aplicando acciones artesanales o baja tecnología,
- no ofrecen una solución ante el flujo de material desechado.

Por lo tanto, es deseable introducir tecnología, que pueda recuperar los materiales presentes en las llantas, con bajo impacto ambiental y que pudiera acaparar la oferta de llantas de desecho que se generan en la ciudad.

(6) Ya se considera su efecto como Gas de Efecto Invernadero, en términos de CO₂ equivalente.

3



3. PROPUESTA DE ACCIÓN

3.1 Introducción

A partir de pláticas entre la Chihuahua Green City y L4T se buscó captar el interés del grupo empresarial para invertir e instalar una planta en Chihuahua. Lo anterior se gestionó exitosamente y despertó el interés de participación directa, del gobierno municipal de Chihuahua. Lo que dio paso al desarrollo del proyecto y buscar la inversión requerida para instalar la planta en Chihuahua.

- Es por ello que se está dando seguimiento al proyecto por medio de la oficina Chihuahua City Invest, del gobierno de Chihuahua, quien actualmente es la encargada del seguimiento para la instalación de la planta L4T. Por su parte, Chihuahua Green City, mantiene su papel de
- facilitador ha seguido de cerca el proyecto para lograr dar las facilidades de su cumplimiento.

La propuesta busca establecer una nueva planta para el aprovechamiento de neumáticos usados fuera de uso en un espacio aproximado de 3 hectáreas en el estado de Chihuahua.

3.2 Propuesta

Las razones que se presentan para la instalación de la planta de aprovechamiento de las llantas residuales, en la ciudad de Chihuahua, Chihuahua, México son:

Operativas:

- El flujo de material de desecho, por parte del parque vehicular de la ciudad, es significativo para la operación de la planta.
- Flujo de llantas residuales, al proceso, por parte de la Industria minera.
- Ubicación estratégica, para la comercialización de los subproductos obtenidos.
- Disposición de recursos humanos calificados, con curva de aprendizaje corta, con experiencia en la industria.

Sociedad y Medio Ambiente

- Ejecutar el proceso con apoyo de la participación ciudadana, propiciando la disposición de contenedores y programas de recolección para las llantas residuales.
- Alternativa, para la atención del problema ambiental y de salud, en la ciudad ante el confinamiento inapropiado y/o espacios para la proliferación de plagas e insectos.
- Se utilizan los gases liberados, durante la descomposición térmica de los plásticos, como parte del combustible gaseoso.
- Revaloración del residuo, de manera segura.
- La economía circular, como prioridad en la política pública y extensión de la cultura.

Tecnología

- El proceso de la planta L4T, con tecnología de despolimerización (Advanced Pyrolysis), que es un proceso aislado térmicamente sin oxígeno (sin combustión ni fugas al agua y al suelo, el aire solo reduce las emisiones en un 70-80% del exceso de emisiones de los permitidos por la normativa europea).
- El proceso, requiere aproximadamente 60 minutos para tratar 4 toneladas de neumáticos fuera de uso, transformándolo en materias primas útiles.
- Se logran obtener 3 productos de alta calidad y valor comercial como se muestra en la figura 2.
- Los productos finales de la planta cuentan con certificación ISCC EU (Advanced Biofuel Feedstock), ISCC Plus (Advanced Biofuel Feedstock, Recovered Carbon Black (RCB))
- La planta cuenta con las certificaciones ISO 9001 Quality management system, ISO 50001 Energy management üISO14064 Greenhousegasemissions.

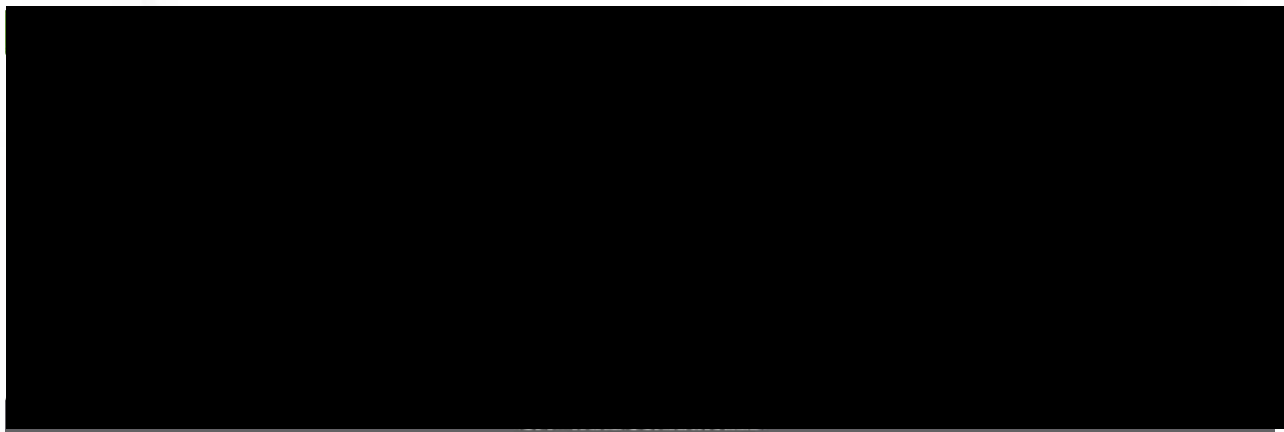


Fig. 2. Subproductos de la tecnología L4T

3.3 Descarbonización

Reconocer el potencial de descarbonización que la tecnología ofrece es un factor importante, desde el punto de vista de las ODS, así como desde la perspectiva del Análisis de Ciclo de Vida (ACV).

Al momento de generar el interés de la empresa en atraer la inversión a la ciudad de Chihuahua, L4T se dio a la tarea de determinar cuánto lograría descarbonizar con la implementación de la planta.

A través de varios estudios de L4T, se logró identificar que podrían estar descarbonizando 52,000 Tonelada de CO₂eq, capacidad señalada por el grupo empresarial, al mostrar L4T en sus presentaciones al momento de su visita a Chihuahua. L4T es proveedor de materias primas secundarias de alta calidad para una variedad de clientes multinacionales en todo el mundo.

Se identificó que se puede llegar a generar una Huella de carbono positiva sin pérdida de material y con el máximo aprovechamiento energético, asegurando un mayor grado de sostenibilidad ya que cuenta con una tasa de reciclaje del 100 %.

3.4 Inversión

Se identificó una inversión de \$44 millones USD para la instalación de la planta en la ciudad de Chihuahua. Dicha inversión generara 50 empleos directos, 250-300 indirectos (recolección, mantenimiento y varios servicios) y la valorización y reutilización de los neumáticos fuera de uso de la ciudad de Chihuahua.

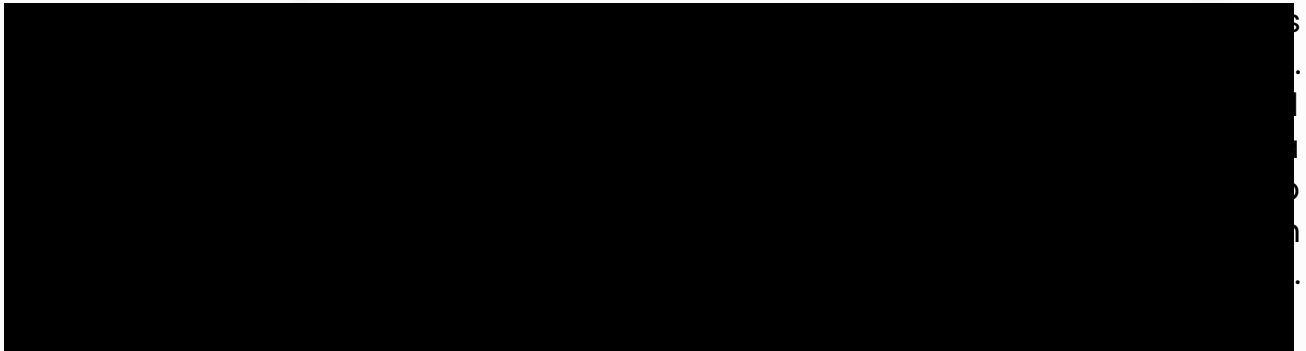
Actualmente el gobierno del estado de Chihuahua, a través de la oficina Chihuahua City Invest, da seguimiento a la inversión requerida para la implementación de la planta L4T, así como las fuentes de financiamiento y la amortización del capital a invertir.

4



4. RECOMENDACIONES

En el presente informe recomienda, la implementación de la planta propuesta por la empresa "Group Life for Tyres (L4T)", la cual recupera el 100% de los componentes, de los Neumáticos al Final de su Vida Útil, generando tres productos (figura 2):

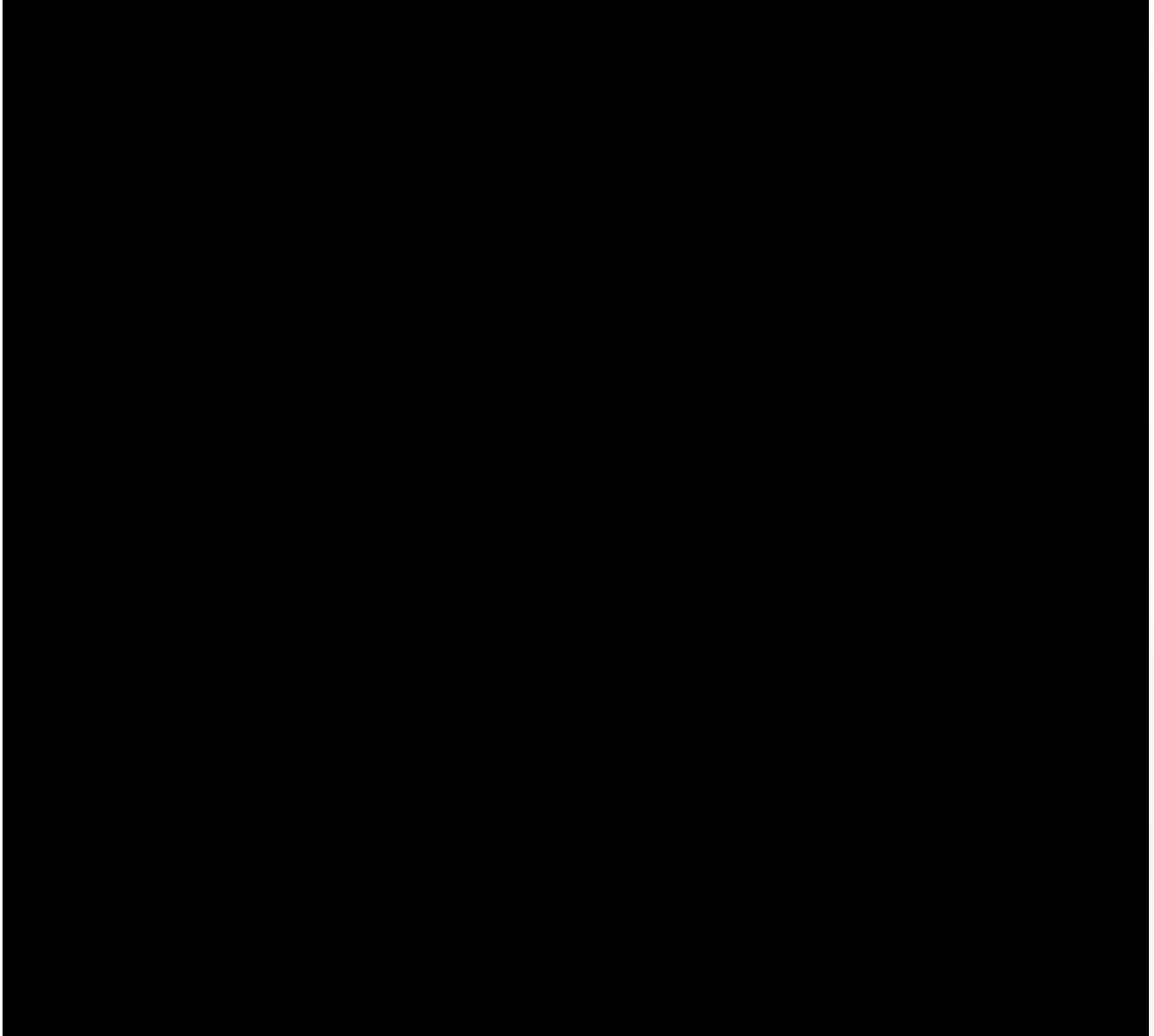


Mantener una vigilancia tecnológica, que permita continuar analizando proyectos como este, con potencia a la inversión pública y privada a la ciudad de Chihuahua. A través de la oficina facilitadora CGC, identificando soluciones en un modelo de Economía Circular. Búsqueda del potencial de apoyos nacionales y extranjeros, que vinculen el apoyo a nivel empresarial y de gobernanza.

5



5. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA



BIBLIOGRAFÍA

- Amar Gil, S. (2022). TESIS, "Uso de llantas residuales como materia prima para la elaboración de catalizadores de hierro y su aplicación en la síntesis Fischer-Tropsch", Universidad de Antioquia, Colombia, https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/27324/1/AmarSebastian_LlantasFischerTropsch.pdf
- Convención de Basilea (1989), sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación. Recuperado el 13 de abril de 2023, de <https://www.basel.int/TheConvention/Overview/tabid/1271/Default.aspx>
- Machin, E. B., Pedroso, D. T., and de Carvalho, J. A. (2017) "Energetic valorization of waste tires". Renewable and Sustainable Energy Reviews, 68, 306–315, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.110>
- Municipio Cd Juárez (2022), <https://www.juarez.gob.mx/noticia/7422/levant-limpia-casi-200-mil-llantas-de-las-calles-durante-el-ltimo-ao/>
- Municipio Cd Juárez (2023), <https://www.juarez.gob.mx/noticia/10166/levant-limpia-1205-llantas-de-la-calle-puerto-dunquerque/>
- Murcia Peraza, D. L., & Perilla Morales, W. Y. (2019). TESIS. "Estudio de prefactibilidad para la creación de una empresa dedicada al aprovechamiento de llantas usadas para la elaboración de muebles ecológicos en el Municipio de Chiquinquirá" Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Colombia
- Naciones Unidas (2018), La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago.
- Organización Internacional del Trabajo. (1989). Convenio 169 sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes. Recuperado el 13 de abril de 2023, de https://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO:12100:P12100_INSTRUMENT_ID:312314:NO
- Sathiskumar, C., and Karthikeyan, S. (2019), "Recycling of waste tires and its energy storage application of by-products –a review". Sustainable Materials and Technologies, 22, e00125, 2019, <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2019.e00125>
- SEMARNAT (2011), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. NOM-161-SEMARNAT-2011, Recuperado el 13 de abril de 2023, de <https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/6633/1/nom-161-semarnat-2011.pdf>
- SEMARNAT (2015), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2015). Norma Emergente para la Gestión de Llantas Usadas. Recuperado el 13 de abril de 2023, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/190012/Plan_de_Manejo_de_Neumaticos_Usados.pdf
- USEPA (2006) US Environmental Protection Agency. Analysis of Greenhouse Gas Emissions from Scrap Tire Disposal. Recuperado el 13 de abril de 2023, de https://www3.epa.gov/ttn/catc1/dir1/tire_eng.pdf
- USEPA (2019), U.S. Environmental Protection Agency Office of Resource Conservation and Recovery (2019) "Documentation for Greenhouse Gas Emission and Energy Factors Used in the Waste Reduction Model (WARM) Tires", https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-06/documents/warm_v15_tires.pdf