

# PLASTITECH: INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO PARA EL CRECIMIENTO ECONÓMICO Y SOCIAL EN LA COMUNIDAD CANANENSE

## PLASTITECH: RESEARCH AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT FOR THE ECONOMIC AND SOCIAL GROWTH OF THE CANANENSE COMMUNITY

F. Rodríguez Soto<sup>1</sup>  
R. J. Villa Medina<sup>2</sup>  
M. A. Elías González<sup>3</sup>

### RESUMEN

El proyecto PlastiTECH surge con el propósito de mejorar la gestión de residuos plásticos en Cananea a través de la vinculación entre la academia, la industria y el sector gubernamental, aprovechando los procesos de la formación de Ingenieros para resolver problemas trascendentales para la sociedad. Se implementó un modelo basado en la economía circular para el reciclaje de termoplásticos mediante procesos de trituración, lavado, extrusión y moldeo, con maquinaria desarrollada en el Instituto Tecnológico Superior de Cananea (ITSC). A partir de alianzas estratégicas con empresas y el sector educativo, se logró la recolección y procesamiento de más de 1 tonelada de plástico en su fase piloto, involucrando a más de 800 estudiantes de nivel básico y superior en actividades de educación ambiental. Los resultados muestran un impacto positivo en la recuperación de residuos, la formación de competencias en ingeniería aplicada y la generación de materiales reciclados con valor comercial. Abordar la problemática de los plásticos en cualquier ecosistema implica soluciones culturales y sostenibles que incluyen la promoción de alternativas sostenibles, la educación y la colaboración entre diferentes sectores. Este modelo demuestra la viabilidad de proyectos sostenibles de triple hélice y su potencial para replicarse en otras comunidades.

### ABSTRACT

The PlastiTECH project was initiated with the aim of improving plastic waste management in Cananea through the collaboration between academia, industry, and the government sector, leveraging the engineering education processes to address significant societal issues. A model based on the circular economy was implemented for the recycling of thermoplastics through crushing, washing, extrusion, and molding processes, using machinery developed at the Instituto Tecnológico Superior de Cananea (ITSC). Through strategic partnerships with companies and the education sector, over one ton of plastic was collected and processed during the pilot phase, involving more than 800 students from both basic and higher education levels in environmental education activities. The results show a positive impact on waste recovery, the development of applied engineering skills, and the generation of recycled materials with commercial value. Addressing the issue of plastics in any ecosystem requires cultural and sustainable solutions, including the promotion of alternative sustainable practices, education, and collaboration across different sectors. This model demonstrates the feasibility of sustainable triple helix projects and their potential for replication in other communities.

### ANTECEDENTES

El impacto ambiental de los residuos plásticos es una problemática global que requiere soluciones tecnológicas, sociales y económicas. En este contexto, PlastiTECH surge como una iniciativa de vinculación entre la academia, la industria y el sector gubernamental para

<sup>1</sup> Profesor e Investigador de Instituto Tecnológico Superior de Cananea, francisco.rodriguez@cananea.tecnm.mx

<sup>2</sup> Profesor, Investigador y Jefe de División Ing. Electromecánica y Ciencias Básicas de Instituto Tecnológico Superior de Cananea, ramon.villa@cananea.tecnm.mx

<sup>3</sup> Profesor e Investigador de Instituto Tecnológico Superior de Cananea, martin.eliasgonzalez@cananea.tecnm.mx

la industrialización del reciclaje de plásticos en Cananea, Sonora. A través de la participación de estudiantes, empresas y autoridades locales, este proyecto busca transformar residuos plásticos en recursos valiosos, generando un impacto positivo en la comunidad y fortaleciendo la pertinencia de las carreras de ingeniería.

El proyecto no solo plantea una solución para el manejo sostenible de residuos, sino que también busca generar conciencia ecológica en jóvenes y nuevas generaciones, involucrándolos en un modelo de economía circular. Además, los beneficios económicos obtenidos de la industrialización de plásticos reciclados, mediante el desarrollo tecnológico de maquinaria y procesos de industrialización realizados por estudiantes y profesores del Tecnológico de Cananea, se destinarían a la creación de un fondo de becas para estudiantes en Servicio Social con necesidades económicas, fortaleciendo el compromiso social del proyecto. Es importante hacer referencia a los siguientes puntos:

1. Impacto económico del reciclaje de plásticos. Diversos estudios han demostrado que el reciclaje de plásticos puede convertirse en un motor de desarrollo económico y social. Por ejemplo, en el artículo "Análisis del impacto económico en Puerto Peñasco, Sonora debido al reciclaje en relleno sanitario", se expone cómo la recolección y venta de materiales reciclables genera ingresos para las familias involucradas, promoviendo el desarrollo local y sustentable (Ortiz Vidaca et al., 2023) Además, se destaca la importancia de la construcción de rellenos sanitarios adecuados para mejorar la eficiencia del reciclaje, lo que sugiere la necesidad de infraestructura en Cananea para optimizar el aprovechamiento de plásticos reciclados en procesos industriales.

2. Educación e innovación tecnológica para el reciclaje. El éxito de la industrialización del reciclaje de plásticos depende de la capacitación y formación de ingenieros especializados en la selección y procesamiento de materiales reciclables. El artículo "Estrategia autodidacta para seleccionar materiales de ingeniería utilizando Granta-Edupack" enfatiza la importancia de que los estudiantes adquieran habilidades en la clasificación y selección de polímeros, lo que facilita la optimización del reciclaje y su integración en la industria (Salazar Muñoz et al., 2021). Esta formación técnica es clave para PlastiTECH, ya que permitirá garantizar la calidad de los plásticos reciclados y su posterior uso en procesos de manufactura sustentable.

Asimismo, la incorporación de tecnologías emergentes en la educación para el reciclaje es un factor determinante en la consolidación de una economía circular. En este sentido, el artículo "La realidad aumentada en la formación de ingenieros para la generación de cero residuos" resalta el potencial de la realidad aumentada como herramienta para capacitar a futuros profesionales en prácticas de reciclaje y gestión de residuos plásticos (Toriz García, 2019). Al integrar esta tecnología en la formación académica, se podrían simular procesos industriales de reciclaje antes de su implementación real, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo costos.

3. Situación del reciclaje en México y en Cananea. A pesar de los avances en el desarrollo de tecnologías de reciclaje, México enfrenta importantes desafíos en la gestión de residuos plásticos. De acuerdo con la Asociación Nacional de Industrias del Plástico (ANIPAC), en el país solo se recicla el 30% del plástico consumido anualmente, lo que significa que millones de toneladas de residuos aún terminan en vertederos o en el medio ambiente (Alegria, 2019).

En este contexto, Tecnológico de Cananea ha decidido enfrentar este problema a través del proyecto PlastiTECH, el cual busca implementar un modelo de economía circular, promoviendo la recolección, transformación y reutilización de plásticos en productos útiles. A través de la vinculación entre escuelas de nivel básico, industria y Gobierno, este proyecto tiene el potencial de reducir el impacto ambiental, generar oportunidades económicas y fomentar la educación ambiental en la región.

**Objetivo general.** Fomentar la industrialización del reciclaje de plásticos mediante la vinculación de la academia, la industria y el gobierno, con el fin de reducir el impacto ambiental, generando oportunidades económicas y fortaleciendo la educación ambiental en la comunidad de Cananea, Sonora.

PlastiTECH define los siguientes **Objetivos específicos**:

- Fortalecer la infraestructura para el reciclaje de plásticos en el Tecnológico de Cananea mediante la creación y optimización de maquinaria para la trituración y moldeo de plásticos reciclados, **a través proyectos de asignatura, proyectos multidisciplinarios, Residencias Profesionales y Tesis donde los estudiantes se integren al desarrollo de tecnología.**
- Desarrollar programas de concientización ecológica dirigidos a estudiantes de distintos niveles educativos, promoviendo la separación de residuos y la economía circular.
- Crear sinergias entre el sector educativo, empresas y Gobierno para consolidar un modelo de economía circular que permita la recuperación de materiales postconsumo.
- Generar ingresos a través de la transformación de residuos plásticos en productos reciclados, destinando recursos para otorgar becas a estudiantes de bajos ingresos que realizan su Servicio Social, garantizando su permanencia en la educación superior y fomentando su participación en proyectos sustentables.

En conjunto, estos antecedentes refuerzan la viabilidad y relevancia de PlastiTECH como un proyecto integral de innovación tecnológica, educación y desarrollo económico sustentable, consolidando a Cananea como un referente en reciclaje de plásticos en México.

## METODOLOGÍA

El proyecto PlastiTECH se desarrolló en respuesta a la necesidad de gestionar los residuos plásticos en Cananea mediante la vinculación entre la academia, la industria y el gobierno. La metodología implementada siguió un enfoque estructurado en cinco fases clave: diagnóstico, diseño de soluciones, implementación tecnológica, vinculación social y evaluación de impacto.

1. **Diagnóstico del problema:** Se realizó un análisis del impacto ambiental y económico de los residuos plásticos en la región, identificando los polímeros más comunes y su disposición final. Se llevaron a cabo estudios de campo en instituciones educativas y comunidades locales para medir la generación de residuos y evaluar el nivel de conocimiento sobre reciclaje.
2. **Diseño de soluciones tecnológicas:** Con base en el diagnóstico, se definió una estrategia de reciclaje centrada en la economía circular. **Se aprovecha la maquinaria específica para el procesamiento de plásticos desarrollada en el Tecnológico de Cananea con**

la valiosa participación de estudiantes en proyectos de Residencias Profesionales, que incluye una trituradora, una extrusora, una moldeadora y una lavadora de PET, adaptadas a las necesidades locales y a la infraestructura disponible.

3. **Implementación del sistema de reciclaje:** El proceso de reciclaje se estructuró en varias etapas:
  - **Recolección:** Se establecen centros de acopio en escuelas de nivel básico.
  - **Clasificación y limpieza:** Los plásticos se clasifican por tipo (No.1 PET, No.2 HDPE, No.5 PP) y se realiza una primera limpieza (retirando etiquetas (No.4 LDPE), tapas y separando los cuellos de tapas (No.2) de la botella de PET (No.1).
  - **Comercialización:** en este punto se tiene ya un primer producto de venta, pues un proveedor se encarga de abastecer la botella de PET clasificada.
  - **Trituración:** Se redujeron los residuos a hojuelas homogéneas para facilitar su procesamiento posterior.
  - **Extrusión y moldeo:** Los polímeros triturados se funden y moldean para fabricar productos reutilizables, como **topes de estacionamiento y adoquines**.
4. **Vinculación social y educativa:** Se promovió la educación ambiental a través de pláticas y campañas de sensibilización en escuelas y trabajo comunitario desarrollado en instalaciones del Tecnológico de Cananea. Más de 800 estudiantes participaron activamente en la recolección y clasificación de plásticos, fomentando una cultura de reciclaje en la comunidad.
5. **Evaluación del impacto y escalabilidad:** Se pronostican resultados del proyecto en términos de volumen de plástico procesado, y la producción de piezas de reemplazo para mobiliario escolar y de construcción, considerando la creación de moldes para extrusión y moldeo por compresión.

**Importancia de la Educación Ambiental:** La educación ambiental desempeña un papel fundamental en la transformación cultural hacia una gestión sostenible de los plásticos. A través de programas educativos en escuelas, universidades y comunidades, se puede sensibilizar a la población sobre las consecuencias del mal manejo de los plásticos y la importancia de reducir, reutilizar y reciclar. Además, la participación de las instituciones educativas en proyectos de investigación y desarrollo, como PlastiTECH, ofrece una oportunidad única para formar futuros profesionales comprometidos con el medio ambiente.

El Tecnológico de Cananea tiene el potencial de liderar la innovación en esta área, integrando tecnologías avanzadas y fomentando la colaboración entre academia, industria y gobierno.

El proyecto PlastiTECH representa una iniciativa integral para abordar la problemática de los plásticos desde una perspectiva social, cultural y tecnológica. Al combinar la investigación y el desarrollo tecnológico (**promoviendo entre los estudiantes la fabricación de maquinaria para el procesamiento de plásticos, y la creación de moldes para la producción de artículos de plástico reciclado**) con la concientización y educación ambiental, se busca no solo mitigar los efectos negativos del uso de plásticos, sino también **contribuir al desarrollo económico y social de la comunidad Cananense**, sirviendo como modelo para otras regiones.

La industria, por su parte, podría ofrecer recursos, infraestructura y experiencia en la producción y gestión de residuos, así como adoptar tecnologías innovadoras desarrolladas en colaboración con la academia. Empresas como Grupo México pueden aportar fomentando la recuperación de materiales postconsumo. La industria local podría desarrollar envases reutilizables, plásticos biodegradables o productos fabricados con un mayor porcentaje de materiales reciclados. Además, podría implementar tecnologías avanzadas de separación y procesamiento que maximicen la calidad del material reciclado, alineando estos esfuerzos con iniciativas académicas y políticas gubernamentales para cerrar el ciclo de economía circular.

Los tres niveles de Gobierno pueden intervenir implementando regulaciones estrictas y promoviendo incentivos para la economía circular, como la creación de leyes que obliguen a las empresas a utilizar un porcentaje mínimo de materiales reciclados en sus productos, subsidios para proyectos de reciclaje comunitarios y programas de certificación para industrias que adopten prácticas de economía circular. Además, el gobierno podría fomentar alianzas público-privadas para el desarrollo de infraestructura de reciclaje y campañas masivas de educación ambiental.

Finalmente, la Sociedad Civil participa adoptando hábitos de consumo responsables e involucrándose activamente en iniciativas de reciclaje y limpieza. Esto podría incluir actividades como la separación adecuada de residuos en los hogares y escuelas, la participación en programas comunitarios de recolección de plásticos y la promoción de campañas de sensibilización sobre el impacto del plástico en el medio ambiente. Además, podría incentivarse a la sociedad civil a colaborar con organizaciones locales y programas educativos para fomentar una economía circular y reducir el consumo de plásticos de un solo uso.

Se introduce el concepto de **Plastitokens**, funcionando como un símbolo de trueque y recompensa por servicios y actividades específicas, tales como campañas de limpieza y mantenimiento de espacios, tonelajes de confinamiento, clasificación de plásticos y procesamiento de productos extruidos y moldeados.

## RESULTADOS

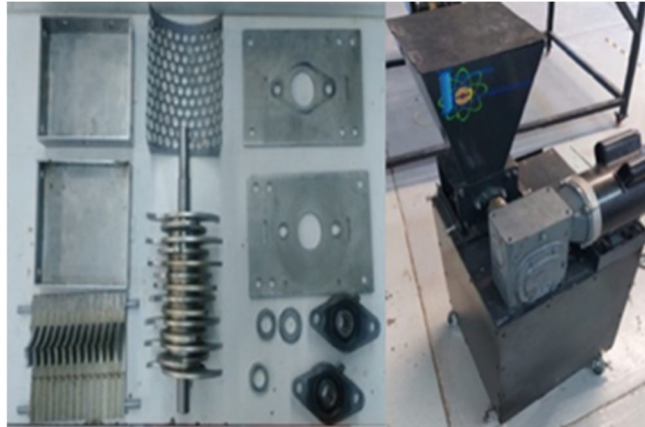
Al iniciar operaciones de limpieza de espacios y reciclaje de plásticos en el Instituto Tecnológico Superior de Cananea se pensó en la posibilidad de procesar los residuos sólidos urbanos obtenidos, por lo que se invirtieron recursos en la fabricación de máquinas que los industrializaran.

Así fue que, con el apoyo de la Coordinación de la carrera, **Profesores de Asignatura y Residencias Profesionales de estudiantes de Ing. Electromecánica, se construyeron tres máquinas** con diseños y planos del sitio de Internet “Precious Plastic”, que funcionaron para el procesamiento de plásticos reciclados en la Institución. Actualmente nuestra maquinaria se compone de:

- **Trituradora básico diseño Precious Plastic.** Impulsada por un motor eléctrico de 220 VCA 3fases, 0.5 HP alto torque, 1800 rpm con transmisión mecánica reductora a 60 rpm,

14 cuchillas de acero inoxidable cortado al láser, capacidad de 5 Kg/Hr, como se muestra en la Figura 1.

**Figura 1.** Componentes y Trituradora de plásticos Precious Plastic.



- **Extrusora de plásticos diseño Precious Plastic.** Funciona con un Motor eléctrico de 220 VCA 3fases, 1 HP de potencia, velocidad de giro de 1725 rpm con transmisión mecánica reductora de relación 25:1 convirtiendo a 69 rpm, dispone de un Variador de Velocidad para el control de arranques y suavidad de giro; tiene una cámara de extrusión de 635mm longitud X 25.4mm diámetro, resistencias tipo Banda para 270°C y capacidad de proceso de 0.5 Kg/h, como se muestra en la Figura 2.

**Figura 2.** Máquina extrusora de plásticos Precious Plastic.



- **Moldeadora de compresión diseño Precious Plastic.** Voltaje de operación 220 VCA 3fases, Horno de 350 mm ancho X 450 mm profundidad X 500 mm altura, Temperatura de operación 270°C, Compresión manual con prensa mecánica de 0.5 Ton, como se muestra en la Figura 3.

**Figura 3.** *Máquina moldeadora de plásticos Precious Plastic.*



- **Máquina lavadora de plásticos.** Cuenta con un Motor eléctrico 220 VCA 3Fases de 2 HP de potencia con reducción mecánica de cadena de 1715 rpm a 40 rpm, se adaptó una tina plástica con capacidad volumétrica de 100 litros, como se muestra en la Figura 4.

**Figura 4.** *Máquina lavadora de plásticos.*



Al participar en la difusión de proyectos en eventos de Ciencia y Tecnología, en diversos foros, como se muestra en la Figura 5, fue notable el impacto en la conciencia ecológica de todas las personas, especialmente en niños y jóvenes. Esa fue la causa para aumentar el alcance del proyecto y trascender, en una segunda etapa, hacia todo el sector educativo.

**Figura 5.** *Difusión del Proyecto de reciclaje e industrialización de plásticos.*



Al proponer como sede al Tecnológico de Cananea, se plantean objetivos muy ambiciosos, pues se accede al nivel de educación primaria y secundaria, con la participación de las Escuelas Primaria “Gilberto Castillo Ríos” (300 estudiantes) y Secundaria “Mártires de 1906” (1,000 estudiantes, pero solo el 50% contribuyeron), como se muestra en la Figura 6. Se realizó un muestreo para pronosticar la cantidad de plástico a la que se puede acceder logrando una recopilación de 80 Kg (8 días hábiles) y 65 Kg (5 días hábiles), respectivamente. Al tener el acopio y recepción de plásticos reciclables de esas escuelas locales, se deberá asegurar su confinamiento para evitar que se contaminen los plásticos recibidos.

**Figura 6.** *Apoyo en programa de confinamiento, Esc. Prim. “Gilberto Castillo Ríos” y Secundaria “Mártires de 1906”.*



**Convocatoria “Participemos por Cananea 2023” del Grupo México.** Luego de exponer exitosamente frente al **Comité de Desarrollo Comunitario de Cananea**, órgano de evaluación de **Grupo México** que media el desarrollo comunitario de su subsidiaria **Casagrande**, los detalles del Proyecto “PlastiTECH, Reciclaje e industrialización de plásticos”, fundamentando sus Objetivos ambientales y económicos y planteando la necesidad de aumentar la capacidad del proceso de reciclaje, específicamente en la Trituración del plástico, se confirma la noticia de haber sido beneficiados con el **100% del Capital semilla solicitado: \$261,885.84 pesos M.N.** (solo por la Trituradora marca QuRan

de doble eje modelo DB400, 220 VCA 3fases, potencia de 3KW y capacidad de trituración de 500 Kg/h, como se muestra en la Figura 7, se asignaron \$135,600.00).

**Figura 7.** Patrocinio de Grupo México.



El procedimiento empleado para iniciar la industrialización en el reciclamiento de plásticos consiste en recolectar, clasificar y limpiar de etiquetas las botellas y recipientes de plástico (no deben mezclarse No.1, No.2, No.5) como se muestra en la Figura 8, este puede ser ya un producto comercializable; al triturar por separado cada uno de los materiales, verificando la calidad de la granulometría y eliminando las impurezas, como grasa, polvo y residuos de los líquidos contenidos, mediante un sistema de lavado, se continúa el proceso de industrialización. Una vez limpio el material, secarlo y verificar que no existan mezclas que contaminen el producto; en esos términos las hojuelas son consideradas producto final, que puede ofertarse a la venta en distintos mercados (dependiendo de la pureza del material, calidad de la granulometría y limpieza, se consiguen mejores ventas), o alimentación al siguiente proceso de moldeo o extrusión.

**Figura 8.** Confinamiento, clasificación y limpieza, trituración de plásticos.



Proyectando la recopilación de plásticos en 5 escuelas que operarán con reglamentación de Grupo México/ CasaGrande, para establecer un sistema de apoyo y recompensas por el buen funcionamiento del Proyecto, se pueden considerar 50 Kg por Escuela por semana, lo que representa 1.25 Tons de plástico al mes, con proporciones de aprox 80% de PET y 20% de HDPE. Considerando como productos finales las botellas de PET a granel, cuya venta es de \$4 pesos por kilogramo, se puede presupuestar \$4,000/ mes y los excedentes de HDPE y PP se utilizarán en proyectos de asignatura y proyectos multidisciplinarios (donde el plástico es

un buen material de prototipado) y para la producción en moldes de aluminio de adoquines (que han empezado a arrojar resultados satisfactorios) como se muestra en la Figura 9.

**Figura 9.** *Extrusión y Moldeo de plásticos en Acero y Aluminio.*



## CONCLUSIONES

Los proyectos de desarrollo en áreas de Ingeniería pueden tener un impacto sostenible en el medio ambiente al fortalecer la infraestructura, pues se construyeron cuatro máquinas para el procesamiento de plásticos reciclados (Trituradora, Extrusora, Moldeadora y Lavadora) con recursos propios, promoviendo el desarrollo científico con proyectos estudiantiles de Residencias Profesionales. Además se obtuvo la donación de una Trituradora de gran capacidad (aumentando el volumen procesado de 5 Kg/h a 500 Kg/h) por parte del Grupo Mexico, mediante la Convocatoria de Proyectos comunitarios “Participemos por Cananea”. Con estos equipos se procesó el plástico reciclado clasificándolo, triturándolo y realizando pruebas para extruirlos y moldearlos, lográndose topes para estacionamiento y adoquines, como se aprecia en la Figura 9.

Se logró la participación de las Escuelas Primaria “Gilberto Castillo Ríos” y Secundaria “Mártires de 1906” mediante programas de concientización entre el profesorado y alumnado y se elaboró un procedimiento para la disposición y recolección de residuos plásticos.

El Proyecto PlastiTECH representa una estrategia integral que combina tecnología, educación y responsabilidad social para abordar el problema de los residuos plásticos en Cananea. Debido a la magnitud del proyecto, se propone como siguiente fase la elaboración de moldes para diversos productos que hagan representación institucional (llaveros de ITSC, tablas para escritura), que beneficien a las instalaciones escolares (reemplazo de paletas en mesabancos, madera plástica para sillas y bancas), así mismo lograr ventas por la comercialización de productos para decoración (adoquines, fachaletas, mosaicos).

A medida que evoluciona, PlastiTECH podrá replicarse en otras regiones del país, posicionando al Tecnológico de Cananea como un referente en innovación sustentable y vinculación academia-industria-gobierno. La experiencia aplicada hacia una implementación efectiva del sistema de reciclaje, integrando innovación tecnológica con participación comunitaria, refuerza la viabilidad del modelo PlastiTECH como una solución sostenible y escalable.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Alegría, A. (2021, mayo 19). México recicla 30% del plástico que consume: ANIPAC. *La Jornada*. <https://www.jornada.com.mx/notas/2021/05/19/economia/mexico-recicla-30-del-plastico-que-consume-anipac/>
- Ortiz Vidaca, J., López Chacón, D. E., Parra, G. E. T., & García, A. A. (2023). Analysis of economic impact in Puerto Peñasco, Sonora, due to recycling in landfill. *Revista Electrónica ANFEI Digital*, 15, 54–61. <https://anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/123>
- Salazar Muñoz, V. E., Kado-Mercado Elías, I., & Noriega Navarro, O. M. (2021). Estrategia autodidacta para seleccionar materiales de ingeniería utilizando GRANTA-EduPack [Self-teaching strategy for selecting engineering materials using GRANTA-EduPack]. *Revista Electrónica ANFEI Digital*, 13, 1–7. <https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/703>
- Toriz García, E. G. (2019). La realidad aumentada en la formación de ingenieros para la generación de cero residuos. *Revista Electrónica ANFEI Digital*, 11, 1–8. <https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/611/1248>