

Madurez tecnológica en los proyectos de investigación, como factor esencial para la transferencia al mercado: Caso *Atomic Layer Deposition*, Universidad de Sonora-Kinematics

Technological maturity in research projects, as an essential factor for transfer to the market: Atomic Layer Deposition Case, Universidad de Sonora-Kinematics

Ricardo Alberto Rodríguez-Ojeda¹, José Ramiro Fuentes-Lara², Rafael García Gutiérrez³, Paula C. Isiordia-Lachica⁴, Ricardo Alberto Rodríguez-Carvajal*²

¹Universidad de Guanajuato, Químico Farmacobiólogo, México

²Universidad de Guanajuato, Ingeniería Química (Posgrado en Gestión e Innovación Tecnológica), México, correo-e (*e-mail*): *rodriguez.ricardo@ugto.mx

³Universidad de Sonora, Departamento de Investigación en Física, México,

⁴Universidad de Guanajuato, Agronegocios, México

*Autor a quien debe dirigirse la correspondencia

Recibido: Junio 10, 2021

Aceptado: Junio 30, 2021

Resumen

La realización de investigaciones de frontera científica y/o tecnológica es una actividad desarrollada de manera profunda por los investigadores y académicos en México. Los indicadores de producción de conocimiento científico y/o tecnológico reflejan la pertinencia e impacto de esta actividad. Asimismo, existen indicadores que permiten dimensionar el impacto social y económico derivado de la generación de conocimiento y tecnología en el sector productivo y público, como: La generación de propiedad industrial, evaluación o valoración económica de la tecnología y su transferencia a los usuarios finales, por citar algunos. En esta investigación se presentan las herramientas metodológicas para la realización de una estrategia de protección, una valorización económica y un plan de transferencia tecnológica, mediante la optimización de los instrumentos aplicables, con la finalidad de alcanzar la madurez tecnológica a través de la identificación oportuna de la pertinencia de la generación de conocimiento y la vinculación efectiva con el usuario final. El caso práctico de análisis, dirigido por el Dr. Rafael García-Gutiérrez del Departamento de Investigación en Física de la Universidad de Sonora consistió en desarrollar un equipo para la aplicación de capas nanométricas de material, con el objetivo de atender la necesidad de un proyecto de generación de conocimiento en el área de recubrimientos de diamante a celdas solares. Una vez desarrollado el equipo científico para la depositación de una capa atómica (*ALD, atomic layer deposition*), se implementó una estrategia para la maduración del proyecto en materia económica y de manufactura, para contar con las bases técnicas necesarias en la transferencia de tecnología a una empresa local con tecnología de hornos al alto vacío. Los resultados derivados de la estrategia anteriormente mencionada brindan una experiencia enriquecedora al ser evidencia del éxito de implementar una estrategia para la maduración tecnológica y una eficaz y eficiente vinculación con el usuario final, para su posible explotación en el mercado.

Palabras clave: Madurez tecnológica, transferencia-de-tecnología, depositación de una capa atómica o *Atomic Layer Deposition*

Abstract

Scientific or/and technological frontier research is an activity deeply developed by academics and researchers in México, the relevance and impact of this activity is reflected by the scientific or/and production indicators. There are also indicators that allow to understand the social and economic impact from knowledge and development of technology in the private and public sector, such as industrial property generation, to economic evaluation of technology and its transfer to the final users, to name a few. This paper describes the methodological tools for carrying out a protection strategy, an economic valuation and a technology transfer plan by optimizing the applicable instrument in order to achieve technological readiness, through the timely identification of the relevance of knowledge generation and its effective linkage to the final user. This practical case of analysis,

led by Dr. Rafael García-Gutiérrez from the Physics Research Department of the University of Sonora (UNISON), consisted in developing an equipment for the nanometric material layers application in order to satisfy the need of a knowledge generation project at the diamond coatings area of solar cells. Once the scientific equipment (ALD, atomic layer deposition) had been developed, a readiness strategy was implemented in both economic and manufacturing issues, to generate the necessary technical bases in order to achieve technology transfer to a local company with high vacuum furnaces expertise. The results derived from the last-mentioned strategy, provide an enriching experience as they are evidence of a successfully technological readiness strategy and also, an effective and efficient linkage with the final user for a future market exploitation.

Keywords: Technological readiness, technology transfer, atomic layer deposition

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se está viviendo en la economía del conocimiento donde las instituciones de educación superior (IES) y centros de investigación (CI), adquieren una gran relevancia por sus funciones inherentes, siendo la generación de conocimiento de frontera una de sus actividades sustantivas (Aboites y Díaz, 2013; Calderón, 2013; Pérez-Hernández y Calderón-Martínez, 2014). Los principales productos de la generación de conocimiento son: Los artículos científicos y los derechos de propiedad intelectual (derechos de autor y la propiedad industrial en todas sus figuras jurídicas). Desde finales de la década de 1970 y, más específicamente, desde la primera mitad de los años ochenta se ha observado la tendencia mundial, que busca explícitamente la comercialización del conocimiento generado en las IES y CI (Calderón, 2013, 2014; De Gortari, 1999; Luna, 1999).

En la Figura 1 puede observarse la caracterización de la función de la investigación como producto de las IES y CI de México; en el eje de las X se encuentra la investigación básica (IB) e investigación aplicada (IA), y en el eje de las Y, la investigación libre (IL) e investigación dirigida (ID).



Figura 1. Caracterización de la función de la investigación en México

En la caracterización de la función de la investigación en México, puede resaltarse que la mayor parte de la misma es de tipo básica y libre; resultado que deriva de la cantidad de artículos de investigación generados por las IES y CI, con una baja incidencia en la solución de problemáticas sociales y productivas de México (Figura 2). El principal indicador que muestra la aplicación industrial del conocimiento generado es la Propiedad Industrial (PI), el cual no tiene una relación directamente proporcional con respecto a los productos generados por las IES y CI. Por lo anterior, la política pública en México ha dirigido a las IES y CI, a la generación de propiedad industrial que se pueda insertar como soluciones en el sector social y productivo, priorizando la función de investigación de las IES y CI con una visión hacia la creación de ciencia aplicada, dirigida y comercializable (Antonelli, 2008; Baldini, 2006; Calderón, 2013, 2014; Dasgupta y David, 1994; David y Foray, 2002; Etzkowitz, 2002,2003; Etzkowitz et al., 2000; Foray, 2004; Zuniga, 2011).



Figura 2. Caracterización de la ciencia

La generación de activos intangibles de propiedad intelectual es un potencial comercial sin precedente en estas instituciones, pero no garantiza que el sector privado se interese en ellos, ya que se cuenta con un antecedente histórico de desvinculación entre el sector académico y el productivo. Aún cuando la Ley de Ciencia y Tecnología se modificó en el año 2015 buscando poner las condiciones normativas para fomentar la generación de emprendimientos científicos de base tecnológica mediante la creación de empresas (*Start-up, Spin-off*) y transferencias de tecnología a los sectores productivos y/o sociales, estas condiciones no se han implementado del todo en las IES y CI (Guzmán et al., 2012; Henao et al., 2014).

El objetivo de este artículo es permitir a los integrantes de las comunidades de las instituciones conocer algunas herramientas para valorar sus activos intangibles, a través de la implementación de un modelo de negocio que permita realizar el intercambio y/o ganancia por los actores involucrados en una negociación de transferencia de tecnología.

DESARROLLO TECNOLÓGICO de un SISTEMA para la DEPOSITACIÓN DE UNA CAPA ATÓMICA (*ALD* por sus siglas en inglés, *atomic layer deposition*)

En la Figura 3 puede observarse el equipo desarrollado por este grupo de trabajo para la depositación de una capa atómica, por sus siglas en inglés *ALD* (*atomic layer deposition*) construido en un laboratorio de la Universidad de Sonora, México, para el depósito de películas de ZnO, junto con un diagrama esquemático del reactor. El equipo construido es un sistema *ALD* térmico, el cual puede variar su temperatura en diferentes zonas, necesarias para tener un mayor control del crecimiento de la película y también una mejor calidad del material depositado. Las zonas térmicas que se controlaron en este equipo fueron tres: La zona de los cilindros (donde estaban los precursores), las líneas de conducción de vapores y la cámara de reacción. Las líneas de conducción de vapores y la cámara de crecimiento estaban a una presión determinada, la cual varió entre los disparos de los precursores y la entrada del gas de purga. Es importante mencionar que la presión en estos sectores del equipo *ALD* es esencial para el control del crecimiento del material.

Primeramente, se realizó una producción de más de 20 muestras de depósitos cortos usando los parámetros encontrados en la literatura donde se mencionaba el uso de los mismos precursores y el mismo gas de purga en un equipo *ALD* similar al usado, para comprobar que los depósitos experimentales tenían reproducibilidad, ya que nunca se había trabajado anteriormente con este material en este equipo. Después de lograr una reproducibilidad satisfactoria en los depósitos cortos de las películas de ZnO se procedió a elaborar la curva de saturación (Figura 4).

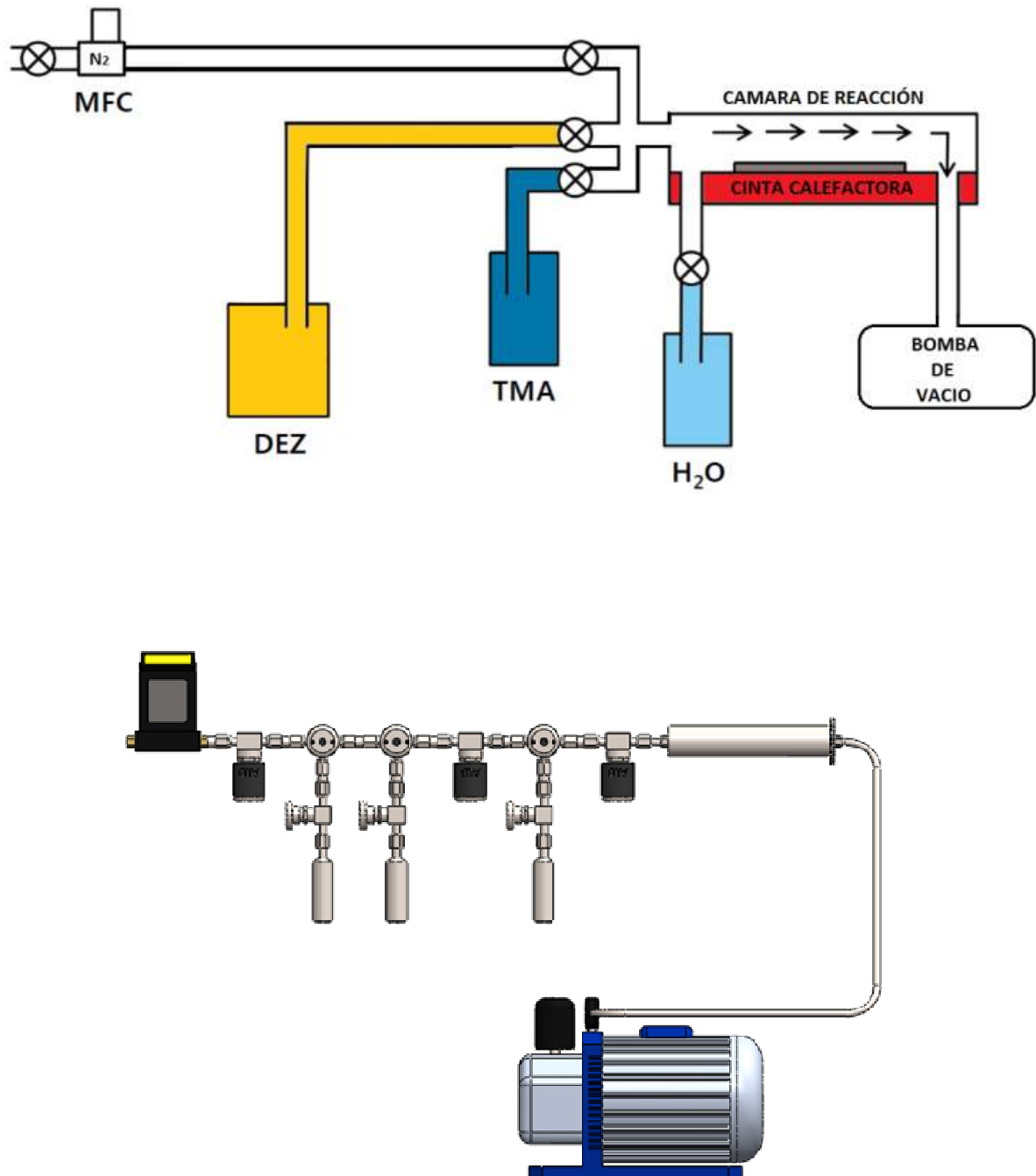


Figura 3. Diagrama esquemático del Sistema para la Deposición de una Capa Atómica (ALD, por sus siglas en inglés, *atomic layer deposition*)

[N_2 : Nitrógeno molecular como gas de purga; MFC: *Mass Flowmeter Control*, en español, control del medidor de flujo másico; DEZ: Dietilzinc como precursor metal-orgánico del zinc; TMA: Trimetilaluminio como precursor metal-orgánico del aluminio, solamente para crecimiento de Al_2O_3] [agua (H_2O) como reactante o agente oxidante; todos los depósitos fueron sobre óxido de silicio (SiO_2) usando como sustrato obleas de silicio]

Las magnitudes de los parámetros usados fueron las siguientes:

1. Presión: 10 mTorr
2. Temperatura del precursor: Ambiente (RT~25°C)
3. Temperatura del reactante: Ambiente (RT~25°C)
4. Temperatura de las líneas de conducción: 120°C
5. Temperatura de la cámara de crecimiento: 180°C
6. Tiempo de purga del precursor: 10 s
7. Tiempo de disparo del reactante: 50 ms
8. Tiempo de purga del reactante: 10 s, variando el tiempo de disparo del precursor de 20 ms hasta 120 ms, para encontrar el tiempo de disparo ideal para el crecimiento de la película, continuando con la elaboración de la gráfica de curva de saturación según la tasa de crecimiento de las películas.

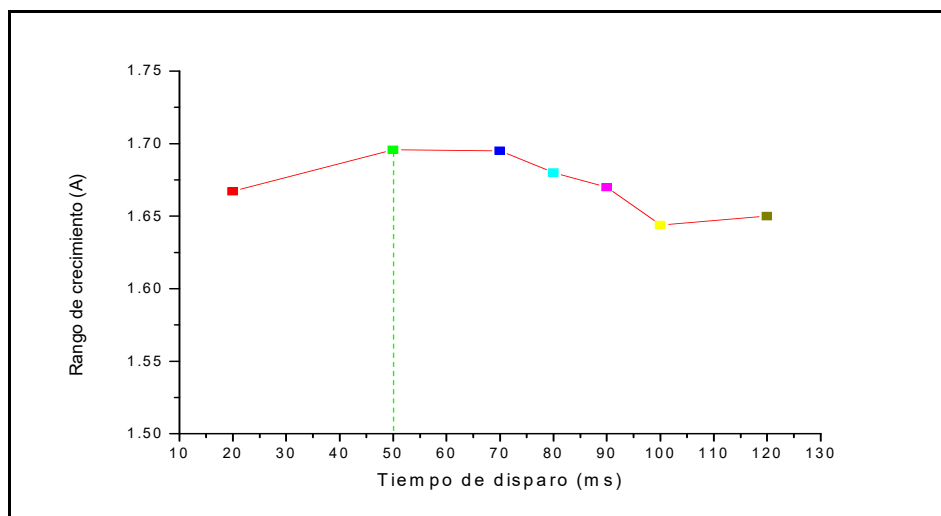


Figura 4. Curva de saturación, según la tasa de crecimiento del ZnO

En la Figura 4 se puede observar que el tiempo de disparo óptimo para el depósito de películas de ZnO usando este equipo *ALD* fue de 50 milisegundos. Una vez encontrado el tiempo de disparo óptimo, se procedió a realizar depósitos a diferentes números de ciclos con los cuales, se pretendía obtener una tasa de crecimiento lineal entre el número de ciclos y el espesor de la película (Figura 5).

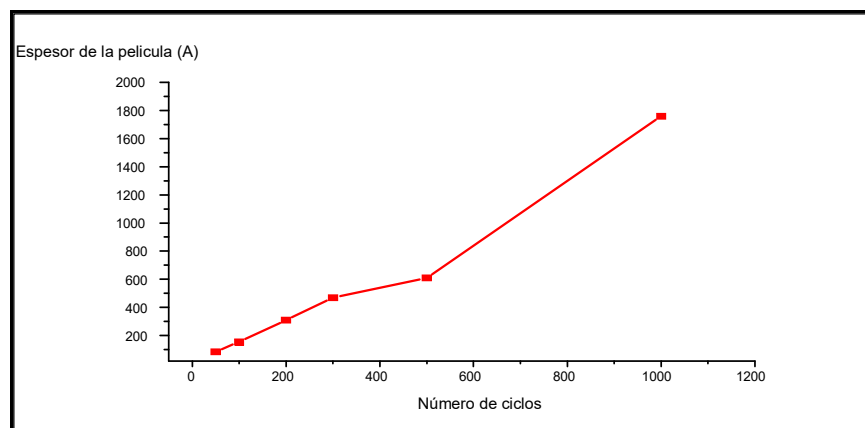


Figura 5. Tasa de crecimiento lineal entre el número de ciclos y el espesor de la película de ZnO

Al realizar estos depósitos se mostró que se tenía un crecimiento lineal con respecto del número de ciclos y el espesor de la película. Es importante resaltar el buen control de la tasa de crecimiento por ciclo que, como se mostró en la gráfica de la curva de saturación, está en el rango de los 1.6–1.7 Å por ciclo. Cabe mencionar que todas las mediciones de los espesores de las películas fueron realizadas con el mismo equipo: Un elipsómetro de la compañía Woollam modelo M-44. Una vez teniendo una buena calidad en el control del crecimiento de las películas de ZnO se realizaron los cálculos para desarrollar películas con los espesores necesarios con las que se harían las mediciones requeridas que mostraran las características del material.

Ventajas y beneficios

Los depósitos cortos se realizaron dejando la mayoría de los parámetros fijos y variando solamente uno de ellos, después de medir el espesor de la película y calcular su rango de crecimiento por ciclo.

METODOLOGÍA

Evaluación del nivel de madurez tecnológica y comercial de la tecnología

El nivel de madurez tecnológica de los proyectos científicos y tecnológicos es el factor más importante que se debe evaluar para poder detectar su valor comercial y su potencial de transferencia tecnológica. Esta metodología fue publicada por la *NASA* de los Estados Unidos en 1970²⁹, y sigue vigente como herramienta para calcular el potencial de éxito en el mercado. Para la realización de la evaluación del nivel de madurez tecnológica y comercial del caso práctico que se presenta, se utilizó la herramienta disponible con la entidad *NYSERDA*, una adaptación de la publicada por la *NASA*, que le agrega de manera muy interesante el componente comercial en la evaluación. Esta herramienta se publica mediante el uso de una hoja de cálculo tipo Excel y permite ayudar a las empresas emergentes y en crecimiento a determinar el nivel de madurez tecnológica y comercial de sus productos / innovaciones mediante el uso de una herramienta personalizada e integrada de nivel de madurez tecnológica (*TRL* por sus siglas en inglés) y nivel de madurez comercial (*CRL* por sus siglas en inglés). Esta herramienta *TRL / CRL* se basa en los sistemas desarrollados por la *NASA*, el *DOE* y *ARPA-E*, y ha sido diseñada específicamente para empresas industriales que mantienen los principios de la energía limpia (Phelps, 2017).

Esta actividad se ha realizado considerando los avances tecnológicos y comerciales, presentando como principal novedad, la alianza entre la Universidad de Sonora (UNISON) y la empresa Kinematics, S.A. de C.V. Esta alianza aporta al caso práctico, la experiencia y capacidades de negocio de la empresa y las capacidades científicas y tecnológicas de la Universidad. De este binomio de cooperación y coordinación, se obtiene una óptima evaluación del potencial de transferencia de la tecnología al mercado.

Una de las barreras a las que se enfrentan los investigadores en México y en el mundo es la falta de experiencia y conocimiento en los temas comerciales y de negocios. La actividad de la transferencia de desarrollos tecnológicos, en muchas ocasiones, depende de que el sector empresarial que pudiera estar interesado en poder absorber o recibir la tecnología desarrollada en los Centros de Investigación y/o Universidades, se tope con que los desarrollos no se encuentran completos o suficientemente maduros para su adopción y utilización comercial, que es el interés del sector empresarial.

La metodología de evaluación del nivel de madurez tecnológica ofrece una herramienta que sirve para evaluar y trabajar en aquellas actividades que faltan para lograr un correcto desarrollo y que hagan atractivo el desarrollo tecnológico a los usuarios potenciales. Por este motivo, en este caso de estudio se utilizó esta metodología, permitiendo visualizar el estado actual de la tecnología y pudiendo realizar una negociación que reflejara los intereses de ambas partes, la empresa y la Universidad. Esto se ve planteado en un modelo de negocio, utilizando la metodología del *Board of Innovation* y configurando

29 Ver **Nomenclatura** al final de este artículo donde se explican todas las siglas usadas en este párrafo [Nota de los editores]

un modelo de negocio de intercambio que refleja las interacciones entre los diferentes actores concernientes a la negociación de esta tecnología.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación del nivel de madurez tecnológico y comercial con la metodología propuesta por la entidad gubernamental *NYSERDA*.

Se plantean primero varias preguntas.

Pregunta 1. Está dirigida a evaluar la madurez en aspectos de la tecnología.

| Tecnología | | |
|----------------------------------|--|--|
| <input type="radio"/> | 1 | El producto del proyecto va más allá de la investigación básica y se ha definido el concepto tecnológico |
| <input type="radio"/> | 2 | La etapa de investigación aplicada ha dado inicio y se han identificado aplicaciones prácticas |
| <input type="radio"/> | 3 | Se han comenzado las pruebas preliminares de los componentes tecnológicos y se ha establecido la viabilidad técnica en un entorno de laboratorio |
| <input type="radio"/> | 4 | La prueba inicial del producto / sistema integrado se ha completado en un entorno de laboratorio |
| <input checked="" type="radio"/> | 5 | El producto / sistema integrado a escala de laboratorio demuestra el rendimiento en las aplicaciones previstas |
| Respuesta | El producto / sistema integrado a escala de laboratorio demuestra el rendimiento en las aplicaciones previstas | |

Pregunta 2. Evalúa el desarrollo del producto, siendo esta la evaluación con calificación más baja, ya que se iniciará el mes de agosto el escalamiento del prototipo para aplicaciones comerciales e iniciar las pruebas en entorno real.

| Desarrollo de Producto | | |
|----------------------------------|---|---|
| <input type="radio"/> | 1 | Se ha definido el ajuste inicial producto vs mercado |
| <input checked="" type="radio"/> | 2 | El producto o sistema se ha probado en las aplicaciones previstas de escala de entorno real |
| <input type="radio"/> | 3 | Se ha completado la demostración del prototipo de producto o sistema a gran escala en las aplicaciones previstas |
| <input type="radio"/> | 4 | Se ha comprobado que el producto ó sistema real funciona en su forma casi final bajo un conjunto representativo de condiciones y entornos esperados |
| <input type="radio"/> | 5 | El producto o sistema está en su forma final y ha sido operado bajo una amplia gama de condiciones de operación y ambientes. |
| Respuesta | El producto o sistema se ha probado en las aplicaciones previstas de escala de entorno real | |

Pregunta 3. Evalúa el diseño y definición del producto, donde se cuenta con el prototipo a escala de laboratorio, y con el diseño y conocimiento del mejor uso para la aplicación de capas delgadas de ZnO.

| Definición / Diseño del producto | | |
|----------------------------------|---|--|
| <input type="radio"/> | 1 | Se han definido una hipótesis de más sobre el producto inicial |
| <input type="radio"/> | 2 | El resultado del mapeo de los atributos del producto / sistema contra las necesidades del cliente es una propuesta de valor clara |
| <input checked="" type="radio"/> | 3 | El producto o sistema ha sido escalado desde del laboratorio hasta la escala piloto identificando los problemas que pueden afectar el logro de la escala completa |
| <input type="radio"/> | 4 | Se ha desarrollado un modelo integral de propuesta de valor para el cliente, que incluye una comprensión detallada de las especificaciones del producto ó sistema, las certificaciones requeridas y las compensaciones |
| <input type="radio"/> | 5 | Se ha completado la optimización del diseño final del producto o sistema, se han obtenido las certificaciones requeridas y el producto ó sistema ha incorporado requisitos detallados del cliente y del producto |
| Respuesta | El producto o sistema ha sido escalado desde del laboratorio hasta la escala piloto identificando los problemas que pueden afectar el logro de la escala completa | |

Pregunta 4. Evalúa el panorama competitivo, considerando la alianza realizada con la empresa Kinematics, ha podido llegar a un nivel maduro alto, siendo muchas veces para los desarrollos de investigadores mexicanos, el elemento donde se obtiene la evaluación más baja.

| Panorama de competitividad | | |
|----------------------------------|--|---|
| <input type="radio"/> | 1 | Se ha realizado una investigación de mercado secundaria, se ha identificado un conocimiento básico de aplicaciones potenciales y se ha identificado un panorama competitivo |
| <input type="radio"/> | 2 | Se ha completado la investigación de mercado primaria para demostrar la viabilidad comercial del producto ó sistema y se ha completado una comprensión básica de la competitividad del producto ó sistema competitivo |
| <input type="radio"/> | 3 | Se ha completado una exhaustiva investigación de mercado para demostrar la viabilidad comercial del producto ó sistema y se ha demostrado la comprensión intermedia de la competitividad del producto ó sistema |
| <input type="radio"/> | 4 | Se ha completado un análisis competitivo para ilustrar las características y ventajas únicas del producto / sistema |
| <input checked="" type="radio"/> | 5 | Se ha logrado una comprensión completa del panorama competitivo, las aplicaciones objetivo, el panorama competitivo y el mercado |
| Respuesta | Se ha logrado una comprensión completa del panorama competitivo, las aplicaciones objetivo, el panorama competitivo y el mercado | |

Pregunta 5. Evalúa al equipo de trabajo, conformado en la parte científica por la UNISON y en la parte empresarial por la empresa Kinematics; también, el equipo de consultores y asesores auspiciados por el programa *DKTI* Solar de la Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional, *GIZ* por sus siglas en alemán³⁰ (<https://www.giz.de/en/downloads/giz2017-es-solar-mexiko-dkti.pdf>), lleva al proyecto a la madurez más alta, facilitando los acuerdos y trabajos en negocios, manufactura y tecnología.

30 Al igual que para las siglas estadounidenses en la sección de **Nomenclatura** al final del artículo están las definiciones de estas siglas en alemán [Nota de los(as) editores(as)]

| Equipo | | |
|----------------------------------|---|--|
| <input type="radio"/> | 1 | No está constituida la empresa o el equipo (Persona física, Investigador y/o grupo de investigación) |
| <input type="radio"/> | 2 | Fundadores exclusivamente técnicos o no técnicos dirigen la empresa sin asistencia externa |
| <input type="radio"/> | 3 | Fundadores exclusivamente técnicos o no técnicos que dirigen la empresa con la asistencia de asesores / mentores externos y / o incubadoras / aceleradoras |
| <input type="radio"/> | 4 | Equipo equilibrado con experiencia en desarrollo / comercialización técnica y comercial que dirige la empresa con asistencia de asesores / mentores externos |
| <input checked="" type="radio"/> | 5 | Equipo equilibrado con todas las capacidades dirigiendo la empresa con asistencia de asesores / mentores externos |
| Respuesta | Equipo equilibrado con todas las capacidades dirigiendo la empresa con asistencia de asesores / mentores externos | |

La pregunta siguiente evalúa la madurez que tiene el desarrollo hacia el mercado, obteniendo una calificación intermedia, ya que hace falta contar con el desarrollo a nivel producto para poder avanzar. Se tienen localizados los actores de la cadena de valor, pero se necesita el escalamiento para poder interactuar con los demás actores de la cadena.

| Hacia el Mercado | | |
|----------------------------------|---|---|
| <input type="radio"/> | 1 | Se ha definido el modelo comercial inicial y el valor |
| <input type="radio"/> | 2 | Se ha entrevistado a clientes - socios para comprender sus puntos débiles - necesidades y se ha refinado el modelo de negocio y la propuesta de valor en función de los comentarios de clientes / socios |
| <input checked="" type="radio"/> | 3 | Se ha definido cómo interactúan el mercado y las necesidades del cliente / socio traducidos en los requisitos del producto, y se han desarrollado relaciones iniciales con los principales interesados en toda la cadena de valor |
| <input type="radio"/> | 4 | Se han formado asociaciones con partes interesadas en toda la cadena de valor |
| <input type="radio"/> | 5 | Se han establecido acuerdos de suministro con proveedores y socios. Se han recibido pedidos de compra iniciales de los clientes |
| Respuesta | Se ha definido cómo interactúan el mercado y las necesidades del cliente / socio traducidos en los requisitos del producto, y se han desarrollado relaciones iniciales con los principales interesados en toda la cadena de valor | |

El nivel de madurez siguiente evalúa con la pregunta sobre manufactura y cadena de suministro, obteniendo una calificación intermedia, ya que se ha propuesto el diseño de escalamiento y se han acordado los estándares que serán aplicados en la manufactura del equipo, para poder avanzar los siguientes niveles en la evaluación.

| Manufactura y cadena de suministro | | |
|------------------------------------|---|--|
| <input type="radio"/> | 1 | Los posibles proveedores, socios y clientes han sido identificados y mapeados en un análisis inicial de la cadena de valor |
| <input type="radio"/> | 2 | Se han establecido relaciones con posibles proveedores, socios, proveedores de servicios y clientes. Han aportado información sobre los requisitos de fabricación de los productos |
| <input checked="" type="radio"/> | 3 | Se han definido los estándares del proceso de fabricación y están en progreso |
| <input type="radio"/> | 4 | El producto o sistema se ha fabricado y vendido de forma piloto a clientes iniciales |
| <input type="radio"/> | 5 | Se ha logrado la fabricación a gran escala y se ha realizado la implementación generalizada de productos ó sistemas para clientes y / o usuarios |
| Respuesta | Se han definido los estándares del proceso de fabricación y están en progreso | |

El resultado de la evaluación con la metodología citada arriba se muestra en la Figura 6. Para el caso práctico es:

Un nivel de madurez tecnológica de 6 y un nivel de madurez comercial de 4.

Estos resultados son posibles ya que la alianza estratégica con la empresa Kinematics S.A de C.V., brinda un portafolio de experiencias de más de 15 años en el mercado de la manufactura y fabricación de equipos de alta tecnología.

En los últimos 3 años ha incursionado en la fabricación, servicio y venta de equipos de alto vacío aportando una gran experiencia al proyecto y fortaleciendo las debilidades de la UNISON en esta área. Es importante resaltar la participación del equipo de consultoría de la Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional [*Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, GIZ*], en el programa de Energía Solar a Gran Escala (*DKTI Solar*), permitiendo lograr acuerdos y avances significativos en la conformación de estrategias comerciales y madurez de negocios, así como la propuesta de modelos de negocios y acuerdos de transferencia de tecnología.

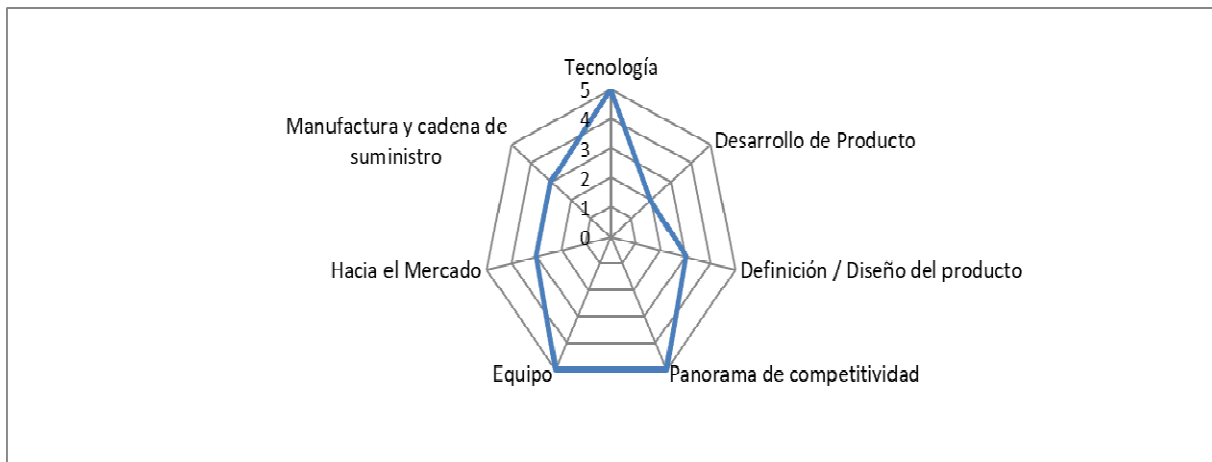


Figura 6a. Resultados obtenidos de la evaluación

Technology Readiness Level: 6

Commercialization Readiness Level: 4

| Categoría | Respuestas |
|------------------------------------|---|
| Tecnología | El producto / sistema integrado a escala de laboratorio demuestra el rendimiento en las aplicaciones previstas |
| Desarrollo de Producto | El producto o sistema se ha probado en las aplicaciones previstas de escala de entorno real |
| Definición / Diseño del prod. | Se ha desarrollado un modelo integral de propuesta de valor para el cliente, que incluye una comprensión detallada de las especificaciones del producto o sistema, las certificaciones requeridas y las compensaciones |
| Panorama de competitividad | Se ha logrado una comprensión completa del panorama competitivo, las aplicaciones objetivo, el panorama competitivo y el mercado |
| Equipo | Equipo equilibrado con todas las capacidades dirigiendo la empresa con asistencia de asesores / mentores externos |
| Hacia el Mercado | Se ha definido cómo interactúan el mercado y las necesidades del cliente / socio traducidos en los requisitos del producto, y se han desarrollado relaciones iniciales con los principales interesados en toda la cadena de valor |
| Manufactura y cadena de suministro | Se han definido los estándares del proceso de fabricación y están en progreso |

Figura 6b. Resultados obtenidos de la evaluación

CONCLUSIÓN

Se logró la:

DESCRIPCIÓN DE LAS INTERACCIONES DEL GRUPO DE TRABAJO CON USUARIOS, EMPRESAS O ASOCIACIONES INTERESADAS EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO

Existe gran interés por parte de la empresa KINEMATICS S.A. de C.V., por los resultados esperados en este proyecto. Dicho interés está plasmado en un convenio de entendimiento que acompaña a esta propuesta firmada por el representante de la empresa y el investigador responsable del proyecto.

Esto incrementa la posibilidad de una adopción temprana de la tecnología y los procesos desarrollados, así como la formalización de una alianza para lograr la comercialización de resultados.

Uno de los retos en este caso es el de poder cristalizar el interés de las partes y lograr una propuesta de negocios que sea aceptada por todos los actores:

Investigador,

Universidad y

Empresario.

Para lograr lo anterior, se desarrolló un modelo de negocio basado en la metodología de intercambio.

Esta metodología fue propuesta por *The Board of Innovation* y es comúnmente utilizada para proyectos de innovación y desarrollo tecnológico, lanzamientos y creación de *Startup* 's.

En la Figura 7 se presenta el modelo de negocio de intercambio propuesto.

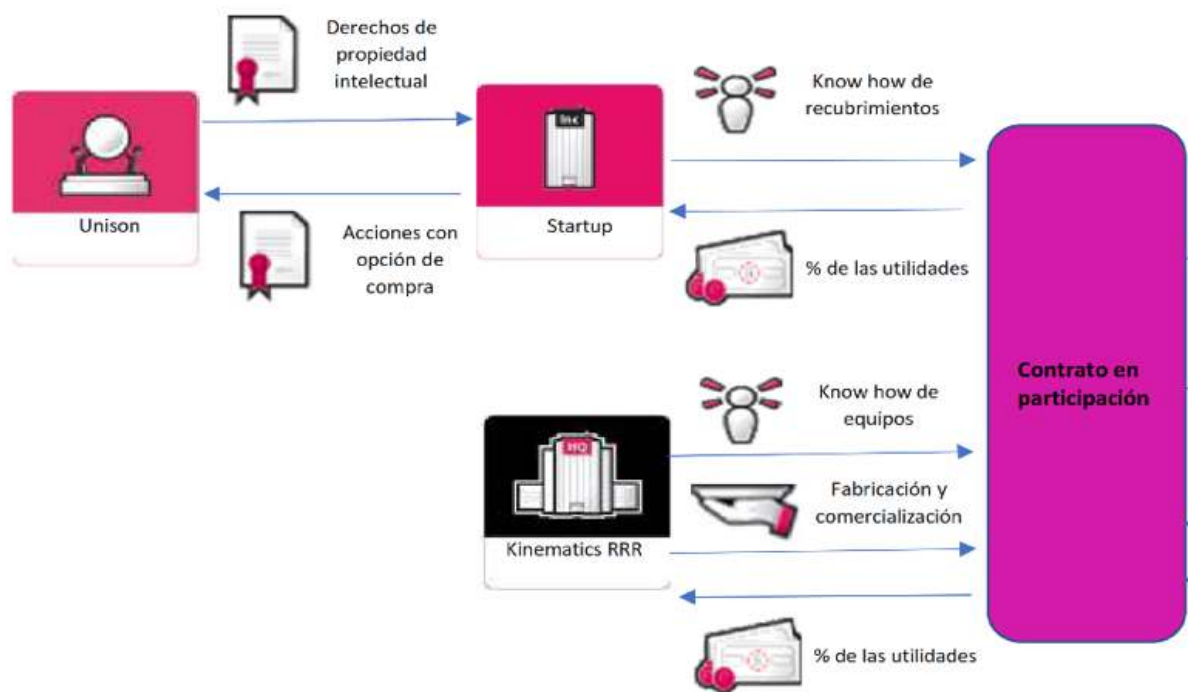


Figura 7. Modelo de negocio de intercambio propuesto

En este modelo se tienen tres jugadores de diferente índole y con diferentes intereses. El primero es la Universidad de Sonora (UNISON, Unison), la cual contará con los derechos de explotación comercial de la tecnología con una solicitud de patente y que negociará los derechos de explotación comercial con la entidad denominada *Startup* que impulse el investigador, mediante un contrato donde la Universidad obtendrá un porcentaje de acciones de esta nueva empresa, a cambio de no solicitar un pago anticipado y regalías.

El segundo jugador es la entidad *Startup*, quien tiene todo el *Know-how*, mismo que entregará por medio de un contrato de participación a la empresa Kinematics (tercer jugador), quien regresará un porcentaje de utilidades a la *Startup*. El tercer jugador tiene una amplia experiencia en la fabricación de equipos de alta tecnología y recibirá un porcentaje de utilidades de las ventas de los equipos, encargándose de la fabricación y comercialización de esta tecnología según lo acordado en el contrato de participación.

Al realizar de esta manera la transferencia de tecnología, se busca lograr la interacción entre el tercer jugador con el segundo jugador, donde cada uno aporta su *Know-how* y recibe las utilidades generadas por la comercialización de los equipos. Es importante señalar que el tercer jugador es una pequeña empresa local que conoce el mercado nacional de hornos al alto vacío, cuenta con capacidades tecnológicas de manufactura avanzada y tiene un canal de comercialización maduro; además, ha mostrado la disposición a ayudar a desarrollar al jugador dos.

Plantear esta solución permitió lograr una negociación efectiva entre todos los jugadores; donde de manera tradicional, el primer jugador está acostumbrado a buscar un beneficio inmediato, con una venta de la tecnología y/o un pago por adelantado mediante un contrato que contempla el pago por regalías por un tiempo determinado. En esta antigua dinámica de transferencia de tecnología, el primer jugador no contemplaba que quien recibe la tecnología debe realizar una fuerte inversión para poderla explotar comercialmente.

Es común encontrar procesos de transferencia de tecnología donde no se cuenta con la suficiente madurez para su comercialización y no existen empresas que apuesten a la adquisición de tecnologías mediante contratos que impliquen regalías y pagos por adelantado. Esta es la principal causa por la que las Universidades y los Centros de Investigación no pueden explotar o aplicar sus desarrollos tecnológicos ni mucho menos transferirlos al mercado productivo.

Nomenclatura

| Término | Significado |
|-------------------|--|
| <i>ALD</i> | Deposición de capa atómica por sus siglas en inglés (<i>atomic layer deposition</i>) |
| <i>ARPA-E</i> | Siglas en inglés para la <i>Advanced Research Projects Agency-Energy</i> . La Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada-Energía (<i>ARPA-E</i>) promueve tecnologías energéticas de alto potencial y alto impacto que son demasiado tempranas para la inversión del sector privado. Los galardonados con <i>ARPA-E</i> son únicos porque están desarrollando formas completamente nuevas de generar, almacenar y usar energía |
| CI | Centros de investigación |
| <i>CRL</i> | Nivel de madurez comercial por sus siglas en inglés (<i>commercial readiness level</i>) |
| <i>DKTI</i> | Siglas para <i>Deutsche Klima Technologien und Innovationen</i> (Tecnologías e Innovaciones Alemanas para el Clima) |
| <i>DKTI Solar</i> | Programa de Energía Solar México (<i>DKTI Solar</i>) auspiciado por la Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional (<i>GIZ</i> por sus siglas en alemán) para el Desarrollo Sustentable en México. Situación actual: Incrementar el uso de la energía solar a gran escala en México El suministro energético en México se basa principalmente en combustibles fósiles, los cuales representan más del 90 por ciento del total de la energía primaria en el país. La reforma energética y la reciente Ley de Transición Energética crearon una base importante para incrementar la participación de las energías renovables en la matriz energética. Asimismo, en el marco de las negociaciones internacionales sobre cambio climático, el gobierno de México se ha comprometido a metas ambiciosas para promover las energías limpias y la mitigación de gases de efecto invernadero |
| <i>DOE</i> | Siglas en inglés para el Departamento de Energía de los Estados Unidos (<i>Department of Energy</i>) |
| <i>GIZ</i> | Siglas en alemán para la <i>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit</i> (Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional en el Desarrollo Sustentable) |
| IA | Investigación aplicada |
| IB | Investigación básica |
| ID | Investigación dirigida |
| IES | Instituciones de educación superior |

| Término | Significado |
|------------------|---|
| IL | Investigación libre |
| <i>Know-how</i> | Expresión en inglés que significa literalmente "saber cómo" |
| <i>NASA</i> | Siglas en inglés para la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio de los Estados Unidos (<i>National Aeronautics and Space Administration</i>) |
| <i>NYSERDA</i> | Siglas en inglés para la <i>New York State Energy Research and Development Authority</i> . La Autoridad de Investigación y Desarrollo Energético del Estado de Nueva York, conocida como <i>NYSERDA</i> , promueve la eficiencia energética y el uso de fuentes de energía renovables (Wikipedia) |
| PI | Propiedad Industrial |
| <i>Startup</i> | Expresión en inglés que significa literalmente "arrancar". En este caso es el nombre asignado a una entidad de reciente creación, emanada de una universidad o centro de investigación, con una figura legal de empresa |
| <i>TRL</i> | Nivel de madurez tecnológica por sus siglas en inglés (<i>technological readiness level</i>) |
| <i>TRL / CRL</i> | Herramienta que se basa en los sistemas desarrollados por la <i>NASA</i> , el <i>DOE</i> y el <i>ARPA-E</i> y aplicado por el <i>NYSERDA</i> : |



Technology & Commercialization Readiness Level Calculator

| Profile | |
|---------------------------------|----------------------|
| Company/Organization Name: | <input type="text"/> |
| Proposal Title: | <input type="text"/> |
| Product/Innovation Description: | <input type="text"/> |



UNISON,
Unison
WIPO

Universidad de Sonora, México

Siglas en inglés para la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. Es una de las 15 agencias especializadas de las Naciones Unidas. Su sede está en Ginebra, Suiza. Fundada el 14 de julio de 1967. Hay 193 estados miembros. Director General: Daren Tang | *The World Intellectual Property Organization is one of the 15 specialized agencies of the United Nations. Its headquarters are in Geneva, Switzerland. It was founded in July 14, 1967. There are 193 member states. Its General Director is Daren Tang* (Wikipedia)

RECONOCIMIENTOS

Esta contribución está dedicada al Dr. Alberto Florentino Aguilera-Alvarado (qepd).

Se agradece a la Universidad de Guanajuato por el apoyo al proyecto **242/2021 "Propuesta de metodología para la transferencia tecnológica de proyectos desarrollo tecnológico"**, apoyado por la Convocatoria Institucional de Investigación Científica 2021 de la Universidad de Guanajuato, y al apoyo del CEMIE-SOL, por el apoyo al proyecto **"Escalamiento de un sistema de depósito de capas atómicas (ALD) a un área comercial de 100 cm² para recubrimientos ultradelgados utilizando materiales como óxido de aluminio y zinc para celdas solares."**

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aboites, J., Díaz, C. 2013. Redes y trayectorias en la producción de conocimiento codificado en patentes: El caso de una universidad mexicana. En XV Congreso Ibero-Latinoamericano de Gestión Tecnológica. Porto Alegre, Brasil.
- Antonelli, C. 2008. The new economics of the university: A knowledge governance approach. *Journal of Technology Transfer*. 33: 1-22.
- Baldini, N. 2006. University patenting and licensing activity: A review of the literature. *Research Evaluation*. 15(3):197-207.
- Calderón, G. 2013. La gestión de patentes universitarias. El caso de la UNAM. DGEI-UNAM, Ciudad de México, México.
- Calderón, G. 2014. Patentes en Instituciones de Educación Superior en México. *Revista de la Educación Superior*. 43(170):37-56.
- Dasgupta, Partha, David, Paul A. 1994. Towards a new economics of science. *Research Policy*. 23(5):487-521. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(94\)01002-1](https://doi.org/10.1016/0048-7333(94)01002-1)
- David, P., Foray, D. 2002. Una introducción a la economía y a la sociedad del saber. *Revista Internacional de Ciencias Sociales*. 171:1-26.
- De Gortari, R. 1999. Los académicos: De la producción a la comercialización del conocimiento. En *Gobierno, Academia y Empresas en México: Hacia una nueva configuración de relaciones*. R. Casas, M. Luna, Coords. Ed. Plaza y Valdés. Ciudad de México, México.
- Etzkowitz, H., Webster, A., Gebhardt, C., Cantisano-Terra, B.R. 2000. The future of the university and the university of the future: Evolution of ivory tower to entrepreneurial paradigm. *Research Policy*. 29(2):313-330.
- Foray, Dominique. 2004. *Economics of Knowledge*. The MIT Press. Cambridge, MA. Estados Unidos.
- Guzmán, A., López, F., Venegas, F. 2012. Un análisis de cointegración entre patentes y crecimiento económico en México, 1980-2008. *Investigación Económica*. 71(281):83-115.
- Henao-García, E.A., López-González, M., Garcés-Marín, R. 2017. Medición de capacidades en investigación e innovación en instituciones de educación superior: Una mirada desde el enfoque de las capacidades dinámicas. *Entramado*. 10(1):252-271. <https://revistas.unilivre.edu.co/index.php/entramado/article/view/3492>
- Luna, M. 1999. La visión del sector privado hacia la universidad pública: De semillero de guerrilleros a semillero de emprendedores. En *Gobierno, Academia y Empresas en México: Hacia una nueva configuración de relaciones*. R. Casas, M. Luna, Coords. Ed. Plaza y Valdés, Ciudad de México, México.
- Pérez-Hernández, P., Calderón-Martínez, G. 2014. Análisis de los procesos de comercialización de tecnología en dos instituciones de educación superior mexicanas. *Journal of Technology Management & Innovation*. 9(3):196-209.
- Phelps, J. 2017. NYSERDA power systems program and clean power technology innovation program: Impact evaluation. New York State Energy Research and Development Authority (NYSERDA). Albany, NY. Estados Unidos.
- Zuniga, P. 2011. The state of patenting at Research institutions in developing countries: Policy approaches and practices. *Economic Research Working Papers No. 4*. World Intellectual Property Organization. <https://www.wipo.int/portal/en/index.html>