

**Las pymes intensivas en conocimiento de Ciudad Juárez:  
Diversidad de trayectorias, prácticas y entendimientos sobre la I4.0  
Knowledge-intensive SMEs in Ciudad Juarez:  
Diversity of trajectories, practices and understandings on I4.0**

Maximino Matus Ruiz<sup>1</sup> y Jorge Carrillo<sup>2</sup>

## RESUMEN

El objetivo del artículo es analizar la trayectoria de cuatro pymes intensivas en conocimiento localizadas en Ciudad Juárez, Chihuahua, con la finalidad de comprender cómo se han apropiado del concepto I4.0. La metodología implicó realizar entrevistas a profundidad con gerentes y visitas a empresas. Los resultados arrojaron que la particular trayectoria de la industria maquiladora en esta ciudad, así como la experiencia en automatización de las pymes, facilitan la transición al nuevo modelo industrial. La originalidad del estudio reside en que es uno de los pocos trabajos de corte cualitativo que exploran la incursión de pymes a la I4.0 en la frontera norte de México. Las conclusiones sugieren que las condiciones adversas del entorno han implicado que algunas pymes fracasen en su transición hacia la I4.0, en tanto que otras opten por modelos híbridos, y las más exitosas logren escalar hacia el nuevo modelo industrial gracias a su relación con diversas entidades del ecosistema de innovación. La limitación principal es que la muestra está compuesta por cuatro pymes y los resultados no se pueden generalizar.

*Palabras clave:* 1. Industria 4.0, 2. spin-off, 3. pymes intensivas en conocimiento, 4. Ciudad Juárez, 5. Frontera México-EE.UU.

## ABSTRACT

The objective is to analyze the trajectory of knowledge-intensive SMEs in Ciudad Juarez, with the determination to understand how the concept I4.0 has been defined. The methodology applied in-depth interviews with managers and visits to companies. The results show that the particular trajectory of the maquiladora industry in this city, as well as the experience in automation of local SMEs facilitate the appropriation of the new industrial model. The originality of the study relies on the fact that it is one of the few qualitative studies that explore the incursion of SMEs to I4.0 on the northern border of Mexico. The conclusions show that the adverse environmental conditions have meant that some SMEs fail in their evolution towards I4.0, while others have opted for hybrid models, and the most successful have managed to scale towards the new industrial model thanks to their relation with other institutions of the innovation ecosystem. The main limitation of the study is that sample is composed of 4 SMEs and the results cannot be generalized.

*Keywords:* 1. Industry 4.0, 2. spin-off, 3. knowledge-intensive SMEs, 4. Ciudad Juarez, 5. Mexico-U.S Border.

Fecha de recepción: 6 de marzo de 2020

Fecha de aceptación: 25 de septiembre de 2020

Fecha de publicación web: 31 de mayo de 2021

<sup>1</sup> Cátedras Conacyt, El Colegio de la Frontera Norte, México, [matus@colef.mx](mailto:matus@colef.mx), <https://orcid.org/0000-0001-7507-0343>

<sup>2</sup> El Colegio de la Frontera Norte, México, [carrillo@colef.mx](mailto:carrillo@colef.mx), <https://orcid.org/0000-0002-8533-2797>



- 2 Las pymes intensivas en conocimiento de Ciudad Juárez: Diversidad de trayectorias...  
Matus Ruiz, M. y Carrillo, J.

## INTRODUCCIÓN

Desde hace cinco décadas, el estado de Chihuahua integró actividades relativas a la manufactura, lo que le ha permitido desarrollar una amplia especialización en la maquiladora de exportación. Algunas de las industrias predominantes son la automotriz, la aeroespacial, la electrónica y las de tecnologías de información. Desde la década de los ochenta se ha llevado a cabo en el estado una estrategia espacial de desarrollo industrial a través de la promoción de 37 agrupamientos industriales en sectores considerados clave para la economía (FCCyT, 2014). Como resultado de dicha estrategia, el municipio de Ciudad Juárez presenta una especial concentración de maquiladoras y de parques industriales, así como clústeres y otro tipo de organizaciones empresariales. Tan solo en el primer lustro de la década anterior el estado contaba con 32 parques industriales, 19 incubadoras de empresas y varias organizaciones empresariales (FCCyT, 2014).

En este análisis consideramos relevante cuestionar cuál ha sido el impacto del ecosistema de innovación local en el impulso de la Industria 4.0 (I4.0) en el estado, en particular en Ciudad Juárez y en pymes intensivas en conocimiento establecidas en la localidad. La evidencia empírica presentada más adelante sugiere que algunas pymes intensivas en conocimiento han logrado transitar de forma exitosa hacia el nuevo modelo industrial gracias a la colaboración entre las empresas –facilitada por diversas instituciones–.

Un actor que ha jugado un papel polivalente en el impulso de la I4.0 y su adopción por parte de las pymes intensivas en conocimiento en Ciudad Juárez son las subsidiarias de las empresas multinacionales (EMN) establecidas en la localidad. Estas últimas han fungido como aliadas, impulsando el escalamiento de las pymes al demandar el desarrollo de tecnología 4.0 para sus líneas de producción, pero sus condiciones administrativas –tiempos de entrega y de pago– han dificultado la transición. Además, es de suma relevancia señalar que las pymes de los casos que seleccionamos para el presente estudio fueron de una u otra manera *spin-offs* de EMN establecidas en Ciudad Juárez.

### *La I4.0 y los Spin-offs intensivos en conocimiento*

El concepto I4.0 se presentó públicamente por primera vez en la Feria de Hannover, en 2011. La I4.0 hace referencia a la “integración digital en tiempo real de proveedores, productores y clientes a lo largo de la cadena de valor y de los modelos de negocio” (Lichtblau *et al.*, 2015, p. 10). Para que dicha integración sea posible, es necesario implementar una serie de tecnologías en las diferentes fases de operación de las empresas como diseño, producción, logística, ventas y servicio al cliente. En este tenor, otra definición identifica a la I4.0 como:

[...] el siguiente estado en la organización y control total de la cadena de valor a lo largo del ciclo de vida de un producto. Este ciclo está basado en los deseos cada vez más individualizados del cliente y va desde la idea, el orden, desarrollo, producción y entrega final al consumidor a través de servicios relacionados y reciclados (Wolfgang, 2016, p.8).

La I4.0 implica la evolución hacia un nuevo estado industrial que involucra:

[la] integración entre sistemas operativos de manufactura y tecnologías de la información y la comunicación (ICT) –especialmente, el Internet de las Cosas (IoT)– [...] desde la perspectiva operativa, las tecnologías digitales, como los CPS, tienen el propósito de reducir los tiempos de preparación, los costos de mano de obra y materiales y los tiempos de procesamiento, resultando en una alta productividad de proceso productivo (Dalenogare, Guilherme, Ayala y Frank, 2018, p. 384).

En el caso alemán, Hirsch-Kreinsen, Weyer y Wilkesmann (2019) han propuesto la siguiente tipología de empresas en relación con su transición hacia la I4.0: 1) Empresas intensivas tecnológicamente, que aplican las nuevas tecnologías digitales sistemáticamente y siguen una estrategia planeada de digitalización a largo plazo. 2) Empresas selectivas, que usan aplicaciones básicas de tecnologías digitales como nuevos sistemas de programación, internet y cómputo en la nube, y 3) Empresas inseguras, que no están interesadas en las aplicaciones digitales y son poco receptivas hacia el debate actual de la I4.0 (Hirsch-Kreinsen, Weyer y Wilkesmann, 2019).

La consultora Mckinsey Global Institute (2017) sugiere que son cinco los factores que determinan la transformación digital de las empresas y, en consecuencia, su migración hacia la I4.0: 1) viabilidad técnica, 2) costo de desarrollar e implementar las soluciones, 3) dinámica del mercado laboral, 4) beneficios económicos y 5) reglamentación y aceptación social (Mckinsey Global Institute, 2017). Por su parte, Yang (2017) realizó una amplia exploración bibliográfica de tecnologías asociadas a la I4.0 y su adopción en las empresas, donde identificó la interoperabilidad tecnológica como el reto central para su implementación y masificación. En consecuencia, propone ocho principios para alcanzar la interoperabilidad: “accesibilidad, multilingüismo, seguridad, privacidad, subsidiariedad, el uso de estándares abiertos, software de código abierto y soluciones multilaterales” (Yang, 2017, p. 6).

Al realizar un análisis de 15 modelos de transformación digital –o mapas de ruta– para la Industria 4.0 a nivel mundial, Mittal, Muztoba, Romero y Wuest (2018) identificaron que en la mayoría de los casos estos modelos no tomaban en cuenta las necesidades específicas de las pymes. Un ejemplo de esto es que en muchas ocasiones el nivel 1, propuesto en dichos mapas de ruta, se encontraba desconectado de los procesos reales de transformación digital por los que atraviesan las pymes, brecha que se acentúa al ir escalando en los niveles más altos. Por ello, los autores sugieren desarrollar modelos y mapas de digitalización o mapas de ruta hacia la I4.0 específicamente para las pymes.

Para Mittal *et al.* (2018), las pymes que buscan transitar hacia la manufactura inteligente antes que nada deben fortalecer sus necesidades básicas en cuanto a la computarización de los procesos centrales del negocio y su conectividad con el área de producción, además de trabajar las siguientes áreas: uso de tecnologías de manufactura avanzada, software paraguas (incluyendo analítica de datos), investigación y desarrollo, consideración de estándares, cultura organizacional y flexibilidad de liderazgo, estrategia de la empresa,

- 4 Las pymes intensivas en conocimiento de Ciudad Juárez: Diversidad de trayectorias...  
Matus Ruiz, M. y Carrillo, J.

alianzas con universidades y centros de investigación, dependencia de una red de colaboración (Mittal *et al.*, 2018).

De los estudios anteriores destaca que no se pone la suficiente atención en el tamaño, sector y territorio donde operan las empresas para considerarlos como factores que impactan de forma importante su transición hacia la I4.0. Como se explora en el cuerpo de este artículo, estos factores resultan determinantes para el caso de las pymes intensivas en conocimiento, que son primordialmente proveedoras del sector automotriz en Ciudad Juárez.

En el caso específico de las empresas mexicanas, estudios como el realizado por la International Data Corporation (IDC) han destacado los amplios avances de las pymes en la adopción de tecnologías asociadas a la I4.0, incluso superiores a las pymes alemanas en algunas dimensiones. IDC realizó su estudio en 10 países y su muestra estuvo compuesta por cerca de 4 000 pymes. El cuestionario aplicado preguntaba sobre su autopercepción en lo que respecta a la transformación digital de su administración, operación y modelo de negocios. Según sus resultados, 5 por ciento de las pymes mexicanas aseguraban que eran capaces de generar *insights* en tiempo real gracias a la automatización, en comparación con 4 por ciento de las alemanas. Destacan también que solo 13 por ciento de las pymes mexicanas consideraban haber hecho poco trabajo para aplicar tecnologías para la transformación digital y participación en la economía digital, en tanto que 16 por ciento de las alemanas se reconocían en esta situación (IDC, 2017).

De forma contraria a lo anterior, otros estudios han identificado un importante desconocimiento y retraso por parte de los ingenieros mexicanos –y trabajadores especializados, o gerentes– en cuanto a las tecnologías asociadas a la I4.0 y su transición hacia este modelo industrial. Tal es el caso de Riquelme (2019) o la encuesta de Axis (2019), aplicada entre 164 colaboradores de empresas de diversos sectores asentadas en Baja California. A partir del análisis de los datos arrojados por la encuesta de Axis, se concluye lo siguiente sobre la I4.0: “Al comparar los resultados de la encuesta en los siete sectores económicos, se observa que la mayoría tienen un bajo nivel de conocimiento” (Carrillo, Gomis, Santos, Covarrubias y Matus, 2020, p. 11). Destaca además que el sector que concentra mayor conocimiento al respecto es el aeroespacial y los servicios técnicos y tecnológicos (Carrillo, *et al.* 2020).

Desde nuestra perspectiva, esta aparente contradicción se debe en parte a la gran diferencia de capacidades que existe entre las pymes tradicionales y las intensivas en conocimiento; mientras las primeras van retrasadas en su transición, las segundas son pioneras en la adopción del nuevo modelo industrial y también en la existencia de procesos híbridos. Sin embargo, es común que los estudios enfocados al análisis del nivel de conocimiento o el estado de los procesos de transición de las pymes hacia la I4.0, no distingan entre pymes y pymes intensivas en conocimiento.

Las pymes intensivas en conocimiento son “compañías y organizaciones que dependen en gran medida del conocimiento profesional, es decir, conocimiento o experiencia

relacionada con una disciplina (técnica) específica o dominio funcional (técnico) para suministrar productos intermedios y servicios basados en conocimiento” (Hertog, 2001, p. 505). Este es el caso de las pymes analizadas en el presente artículo, las cuales son compañías intensivas en conocimiento que están conformadas en su mayoría por personal ampliamente especializado y que fueron constituidas por algún tipo de desprendimiento o *spin-off* de Empresas Multinacionales (EMN).

Los *spin-off* han sido conceptualizados como empresas que se desprenden de los conocimientos que fueron desarrollados y absorbidos dentro de la firma matriz –en la mayoría de los casos, EMN– y que son retomados por la nueva empresa como parte central de su modelo de negocio. Estas empresas a su vez pueden ser identificadas como pymes intensivas en conocimiento, pues el conocimiento altamente especializado se convierte un elemento central de su estrategia empresarial, además de utilizar tecnologías y procesos altamente especializados, así como contar con una mano de obra altamente calificada (Gomis, Hualde y Matus, 2019).

La literatura ha identificado diversos tipos de *spin-off*, pero en general el debate distingue entre dos tipos: 1) los “corporativos” o “enajenados”, en el sentido de que fueron promovidos o permitidos por la firma matriz, y que de alguna forma les generan algún tipo de beneficio, y 2) los “hostiles”, “competitivos” o “empresariales”, que no fueron promovidos de ninguna manera por la empresa matriz y tampoco son benéficos para la misma (Parhankangas y Arenius, 2003; Lindholm, 1994; Matus, Carrillo y Gomis, 2018). A lo largo del artículo analizaremos si las pymes intensivas en conocimiento con las que trabajamos entran en alguna de estas categorías, y si uno u otro tipo de *spin-off* ha promovido o restringido la transición de la pyme intensiva en conocimiento desprendida hacia la I4.0. Para fines prácticos, en el presente texto optamos por utilizar la clasificación de *spin-offs* corporativos versus empresariales, siendo los primeros promovidos y benéficos en algún sentido para la empresa matriz y los segundo competitivos y adversos a la misma.

A partir de la especificidad de las pymes intensivas en conocimiento generadas por algunos de los procesos de *spin-off* antes descrito, proponemos que, a diferencia de las pymes tradicionales, a las segundas las distinguen particularidades que facilitan su transformación y escalamiento hacia la I4.0. En el siguiente cuadro mostramos algunas diferencias entre EMN, pymes y pymes intensivas en conocimiento:

Cuadro 1. EMN, pymes y pymes intensivas en conocimiento

	Características	EMN	Pymes	Pymes intensivas en conocimiento
1	Recursos financieros	Alto	Bajo	Mediano
2	Uso de tecnologías de manufactura avanzada (AMTs)	Muy alto	Bajo	Alto

6 Las pymes intensivas en conocimiento de Ciudad Juárez: Diversidad de trayectorias...  
Matus Ruiz, M. y Carrillo, J.

3	Software paraguas (incluyendo analítica de datos)	Alto (Con más soluciones estandarizadas)	Bajo (comúnmente, soluciones a la medida)	Medio
4	Investigación y desarrollo	Alto	Bajo	Medio
5	Naturaleza de la especialización de productos	Bajo	Alto	Alto
6	Consideración de estándares	Alto	Bajo	Alto
7	Cultura organizacional y flexibilidad de liderazgo	Alto	Alto	Bajo
8	Estrategia de la empresa	Orientada por el mercado y análisis precisos	Dirigido por el instinto del líder (dueño)	Dirigido por el instinto del líder (dueño)
9	Toma de decisiones	Mesa de consejeros y consultores (internos y externos)	Restringido al líder/pocos portadores de conocimiento	Restringido al líder/pocos portadores de conocimiento
10	Estructura organizacional	Compleja y formal	Informal y menos compleja	Informal y menos compleja
11	Compromiso de los recursos humanos	Dominios especializados	Múltiples dominios	Dominios especializados
12	Exposición al desarrollo de los recursos humanos	Baja dentro de la industria/alta fuera de la industria	Alta dentro de la industria/baja fuera de la industria	Alta dentro de la industria/baja fuera de la industria
13	Conocimiento desarrollado con universidades e instituciones de investigación	Se desarrolla alrededor de diversas áreas	Focalizada en un área específica	Focalizada en un área específica
14	Alianzas con universidades y centros de investigación	Alta	Baja	Media
15	Actividades importantes de la empresa	Dentro de la organización	Mediante outsourcing	Dentro de la organización
16	Dependencia en una red de colaboración	Bajo	Alta	Alta
17	Relación con consumidores y distribuidores	Bajo (no muy fuerte)	Alta (fuerte)	Alta (fuerte)

Fuente: Traducción y adaptación de Mittal *et al.* (2018, p. 4)

A partir del cuadro anterior, resulta evidente la necesidad de distinguir entre pymes y pymes intensivas en conocimiento al analizar su transición hacia la I4.0. Esto puede resolver la aparente paradoja señalada anteriormente e identificada por Carrillo *et al.*, (2020) al contrastar algunos estudios que consideran que las pymes mexicanas van muy atrasadas en dicha transición (Riquelme, 2019; AXIS, 2019), frente a aquellos que han identificado amplios avances (IDC, 2017). Sin embargo, como será discutido más adelante, aun entre las pymes intensivas en conocimiento existen diferencias importantes en cuanto a su transición hacia la I4.0. y sus trayectorias de escalamiento e inclusive *downgrading* como una forma de adaptación a un contexto hostil.

### LA VULNERABILIDAD DEL CONTEXTO Y LA DIVERSIDAD DE TRAYECTORIAS

Otro factor destacable al analizar la transición de las pymes analizadas a la I4.0 es la vulnerabilidad del ecosistema en el que se han desarrollado, pues en la mayoría de los casos las ha impactado negativamente. Sin embargo, de forma contraintuitiva el análisis también sugiere que lo adverso del contexto también pudo haber facilitado la migración de las pymes intensivas en conocimiento hacia el nuevo modelo industrial, al menos discursivamente, y como estrategia de marketing que permitió superar la crisis económica y social del contexto adverso. Los principales factores que han afectado el escalamiento de las pymes analizadas son dos: 1) la intensificación de la violencia por parte de la delincuencia organizada a partir de 2006 y 2) la crisis económica global de 2008.

Dichos factores impactaron de manera diferenciada a las pymes analizadas, tanto temporalmente como en la operación de la empresa. Algunas pymes fueron afectadas desde el principio de la crisis, en tanto que otras lo fueron al final. Otras se recuperaron rápidamente debido a su poca robustez institucional, en tanto que las pymes más maduras tardaron en recuperarse; sin embargo, cuando lo hicieron, lograron transitar hacia la I4.0. Lo anterior se relaciona con los siguientes factores: 1) los efectos de la crisis económica de 2008 y la violencia local disminuyeron precisamente cuando el concepto de I4.0 comenzó a popularizarse, lo que les permitió “subirse a la ola”, y 2) gracias a su experiencia en procesos de automatización, ya habían desarrollado algunas de las capacidades necesarias para transitar hacia el nuevo modelo industrial.

Nuestro análisis se enmarca dentro de la teoría del “catching-up” (Pred y Tomsqvist, 1981), que considera que las innovaciones y los conocimientos tecnológicos se expanden y son absorbidos en otros territorios y por otros actores diferentes a los creadores, de acuerdo a sus características y capacidades particulares. A partir de lo anterior, nuestra hipótesis de partida sugiere que, para el caso específico de Ciudad Juárez, el ser una ciudad fronteriza en la que desde hace medio siglo se han establecido importantes subsidiarias de EMN, sumado a la emergencia de múltiples empresas locales que proveen servicios, se ha facilitado la difusión y absorción de dichas innovaciones tecnológicas, tal es el caso de las tecnólogas y

- 8 Las pymes intensivas en conocimiento de Ciudad Juárez: Diversidad de trayectorias...  
Matus Ruiz, M. y Carrillo, J.

procesos asociadas a la I4.0. Empero, estas trayectorias han estado mediadas por contextos de crisis e incertidumbre local, tanto nacional como internacional: por ejemplo, la crisis económica, de seguridad, e incluso política, son factores escasamente tomados en cuenta dentro de los estudios que analizan la transición de las pymes intensivas en conocimiento hacia la I4.0.

Las pymes intensivas en conocimiento de Ciudad Juárez han reaccionado a la incertidumbre del contexto de manera diferenciada. Esto refleja que, si bien es importante el sector y la cadena de valor del nicho de producto, la vulnerabilidad del contexto afecta de manera particular a todos los actores en sus procesos de difusión y absorción tecnológica; por ello, la importancia de analizar las trayectorias particulares de las pymes intensivas en conocimiento en su transición hacia la I4.0.

## METODOLOGÍA

La muestra estuvo conformada por cuatro empresas que se autoidentificaban como pymes y que ofrecían servicios de comercialización e integración de tecnologías asociadas a la llamada I4.0. Las visitas de campo fueron realizadas en octubre de 2018 por los autores del presente artículo. En todos los casos se tuvo una visita guiada en las instalaciones de las empresas y en las instituciones antes mencionadas. Se realizaron entrevistas a profundidad con los gerentes y CEOs de las mismas (director ejecutivo o en inglés *Chief Executive Officer*), que fueron transcritas, sistematizadas y analizadas. Además, se consultaron las páginas de internet de las pymes y de las instituciones analizadas, y también se consultaron fuentes secundarias.

La estructura de este trabajo se compone de cuatro secciones, en las que se presentan los casos analizados. Estas a su vez se conforman de cuatro subapartados respectivamente: 1) la formación y trayectoria de los miembros que impulsaron el emprendimiento, 2) el perfil y trayectoria de la empresa, 3) los retos principales que han enfrentado, y 4) el concepto, práctica y visión que tienen sobre la I4.0. En las conclusiones se contrastan los casos y se propone la existencia de una diversidad de prácticas, trayectorias y entendimientos sobre la I4.0.

### CASO 1: EL *DOWNGRADING* COMO ESTRATEGIA FRENTE A LA VIOLENCIA EXTREMA Y CRISIS ECONÓMICA GLOBAL

#### *Formación y trayectoria de los miembros que impulsaron el emprendimiento*

La empresa 1 es una sociedad formada en 2006 por tres ingenieros amigos que estudiaron en el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez. Al principio su idea de negocio era ofrecer servicios 100 por ciento de automatización avanzada, lo que desde la perspectiva de uno de los impulsores del emprendimiento significa servicios de la I4.0. Cabe recordar que a inicios de siglo el concepto de I.40 aún no existía –este fue presentado por primera vez en la



Hannover Messe en 2011—, así que la interpretación que este empresario hace del modelo de negocio inicial es *a posteriori*.

La empresa 1 se presenta en su sitio de internet como especialista en soluciones destinadas a impulsar negocios. De no ser porque en su nombre completo la empresa hace referencia a la automatización, la integración y las manufacturas, no sería posible intuir qué tipo de servicios ofrecen. Como explicaremos más adelante, consideramos que esta falta de claridad en su modelo de negocio se debe en buena medida a que la pyme experimentó un proceso de “*downgrading*” o “desescalamiento” (Brito y Carrillo, 2019), lo que la llevó a pasar de ser una empresa especializada en automatización a una especializada en el retrabajo de manufactura.<sup>3</sup>

Los tres ingenieros que conformaron la sociedad de la empresa habían trabajado en diferentes pymes locales y EMN por diferentes periodos —de tres a ocho años— antes de iniciar el emprendimiento analizado. Uno de ellos lo había hecho como gerente en una pyme local especializada en automatización y asegura que de ahí surgió la idea de montar su propio negocio en este ramo. Otro más lo había hecho en una importante EMN del ramo automotriz. En tanto que el tercer socio era dueño de una pequeña empresa dedicada a la metalmecánica. El hecho de que los tres socios provinieran de trayectorias distintas —EMN, pymes, negocio propio—, dificulta la clasificación de este emprendimiento dentro de la noción tradicional de *spin-off*. Sin embargo, para fines prácticos y en razón de que la idea de negocio provino de la última experiencia que tuvo uno de los socios en una pyme especializada en automatización, identificaremos el emprendimiento dentro de esta categoría.

No obstante, es relevante destacar que el emprendimiento surgió de la mezcla de ingenieros con trayectorias diversas, lo cual implica que el conocimiento desarrollado, absorbido y las capacidades generadas en algunos casos fueron administrativas y en otros, técnicas. Haber trabajado en puestos gerenciales de pymes locales o que uno de ellos hubiera sido dueño de una empresa de metalmecánica, permitió a los socios desarrollar las capacidades administrativas y comerciales necesarias para el nuevo emprendimiento. En tanto que haber pasado por una EMN especializada en automatización promovió la absorción del conocimiento tácito y configurado requerido para incursionar en el nuevo emprendimiento que se especializaría precisamente en comercializar y desarrollar soluciones de esta naturaleza.

En este sentido, de acuerdo a la clasificación de *spin-off* señalada en la introducción —corporativos versus empresariales— elaborada a partir de Parhankangas y Arenius (2003) y Lindholm (1994), consideramos que este emprendimiento podría ser catalogado como uno de tipo empresarial; es decir, que no fue promovido por la(s) empresa(s) matriz donde dos de los ingenieros habían laborado anteriormente, y el desprendimiento tampoco benefició a las empresas matriz directamente. Empero, también es relevante enfatizar que una

---

<sup>3</sup> El retrabajo consiste en dispersar una orden entre varias empresas con la finalidad de cumplir en tiempo y forma con lo demandado por la empresa que requiere el servicio.

- 10 Las pymes intensivas en conocimiento de Ciudad Juárez: Diversidad de trayectorias...  
Matus Ruiz, M. y Carrillo, J.

característica extra que distingue a este emprendimiento es su carácter multiactoral, en el sentido que fue promovido por tres ingenieros con diversas trayectorias, lo cual nos muestra una veta pocas veces señalada por la literatura que discute las posibles variantes de *spin-offs*, en las cuales por lo común se considera que estos son promovidos por agentes individuales despendidos de una sola empresa matriz. Por ello, consideramos apropiado identificar a este *spin-off* como uno de tipo “empresarial y multiactoral”.

### *Perfil y trayectoria de la empresa*

La empresa no recibió apoyo de ninguna instancia –gubernamental, académica o privada– para su fundación. Con un presupuesto limitado, la empresa 1 comenzó operaciones en el garaje de una casa de los socios. Su cartera de clientes se concentró desde un principio en EMN del sector automotriz, alcanzando a cubrir este sector 80 y 90 por ciento de sus proyectos.

El éxito del emprendimiento impulsó a sus socios a mudar sus oficinas a una zona de carácter industrial. No obstante, la violencia extrema propiciada por la guerra contra el narco en Ciudad Juárez y la crisis global de 2008 comenzaron a afectar de manera negativa sus operaciones: “durante dos años aproximadamente duramos en el tiempo de subsistencia, aunado a la violencia extrema que había nacido, vino una crisis bastante global, que afectó a todos –2008-2010–” (comunicación personal con el gerente de la empresa 1, 7 de octubre de 2018).

Después de la crisis económica global y cuando la violencia local aminoró, la empresa logró recuperarse. El gerente entrevistado considera que eso fue posible en parte debido a que se trataba una pequeña empresa con poca trayectoria: “los que íbamos iniciando éramos más flexibles con los empleados porque teníamos poca área laboral. Esa flexibilidad nos ayudó para repuntar cuando hubo una recuperación” (comunicación personal con el gerente de la empresa 1, 7 de octubre de 2018).

De hecho, el entrevistado consideró que el contexto económico y social adverso que privaba en la ciudad les ayudó, incluso, a repuntar después de la crisis y a entrar a competir en aquellos espacios que habían sido abandonados por empresas con mayor trayectoria, pero que no lograron recuperarse de la crisis a pesar de su robustez institucional. No obstante, debido a la dificultad de tener clientes fijos en el área de la automatización y el alto costo que implicaba tener a una planta ampliamente capacitada, en años recientes la empresa mudó su modelo de negocio de la automatización avanzada al “retrabajo” para la manufactura.

En 2018 la empresa contaba con 20 empleados, aunque en años anteriores su número de trabajadores llegó a ser de hasta 70, repartidos equitativamente entre ingenieros y operarios. Empero, el gerente entrevistado nos comentó que es muy difícil mantener una plantilla de trabajadores de esa naturaleza, ya que la demanda de trabajo puede llegar a cambiar de forma significativa e inesperada:

[...] si los cuatro clientes que teníamos traían el lanzamiento de GM al mismo tiempo, llegábamos a 70 empleados [...] es una gráfica muy difícil de controlar, a veces había mucho proyecto, a veces ninguno [...] por lo que cambiamos a manufactura [...] obviamente la venta no es la misma, pero para mi punto de vista es más redituable que la automatización (comunicación personal con el gerente de la empresa 1, 7 de octubre de 2018).

*Los retos de operar una pyme intensiva en conocimiento: el downgrading como una forma de resiliencia empresarial*

Desde nuestra perspectiva, el fenómeno de pasar de un modelo de negocio centrado en la automatización avanzada al trabajo para la manufactura, puede ser identificado como “*downgrading*”, donde una empresa decide “involucionar” para adaptarse a un entorno complicado de crisis económica y altamente violento (Brito y Carrillo, 2019). Esto no quiere decir que la empresa no contara con el conocimiento o las capacidades requeridas para ofrecer servicios de automatización avanzada dentro del ecosistema de negocios donde opera e inclusive transitar hacia la I4.0.

Según palabras del gerente entrevistado, lo que les impidió seguir operando en esta área fue que las EMN con las que trabajaban aumentaron sus exigencias administrativas y extendieron el tiempo de sus pagos, lo cual demandó amplias cantidades de capital para seguir operando:

[...] las EMN han tenido que reinventarse, nosotros somos un espejo de ellas porque entre ellos hay una competencia [...] antes durabas 18 semanas ó 16, ahorita me lo tienes que entregar en 12. “¿Cómo le vas a hacer? No sé, yo te presto el robot, pero necesito que tú seas más alineado a nuestros términos” (comunicación personal con el gerente de la empresa 1, 7 de octubre de 2018).

En cambio, con los pagos sucede un fenómeno contrario: “hay mucha empresa que no da ningún anticipo y te dicen con la mano en la cintura, te pago a 90 o 120 días, como Delta, y dices tú, ‘no, mejor no le entro’ (comunicación personal con el gerente de la empresa 1, 7 de octubre de 2018).

*Concepto, práctica y visión de la I4.0*

Como lo mencionamos más arriba, para el gerente entrevistado la I4.0 es prácticamente sinónimo de automatización avanzada, y por ello considera que el modelo de negocio inicial de su empresa podía inscribirse dentro de la I4.0. Uno de los proyectos de automatización que desarrollaron hacia este periodo fue una estación de doblado con capacidad de adaptarse a distintos modelos de automóviles:

[...] el prototipo inicial, la máquina la tenían en Alemania, por medio de video nos dijeron ¿pueden hacer localmente este proyecto? Lo vimos y nos aventamos como buen mexicano, lo hicimos, lo entregamos, ese fue de los retos más complejos [...] empezó con una máquina de una tonelada y terminó con una de tres toneladas, cambió

- 12 Las pymes intensivas en conocimiento de Ciudad Juárez: Diversidad de trayectorias...  
Matus Ruiz, M. y Carrillo, J.

mucho de lo inicial y lo final (comunicación personal con el gerente de la empresa 1, 7 de octubre de 2018).

De la anécdota anterior es posible inferir que, en algún sentido, la flexibilidad de las pymes mexicanas intensivas en conocimiento para adaptarse a los requerimientos de sus clientes ha sido un valor agregado en su modelo de negocio.

Desde la perspectiva del entrevistado, en México hace falta mucho para lograr una transición plena hacia la I4.0, y en buena medida esto se debe a que el país es armador o integrador de tecnología, más que desarrollador de la misma: “nosotros, en este ramo de automatización en la industria 4.0 nada más proveemos la parte de maquinaria y equipo, no la parte del producto que para mi punto de vista es la que deberíamos de dominar en México” (comunicación personal con el gerente de la empresa 1, 7 de octubre de 2018).

## CASO 2: DE LAS SOLUCIONES ELÉCTRICAS A LA DIVERSIFICACIÓN PARA ADAPTARSE AL CAMBIO TECNOLÓGICO Y GENERACIONAL

### *Formación y trayectoria de los miembros que impulsaron el emprendimiento*

La empresa 2 es un negocio familiar establecido en 1982 en la ciudad de Chihuahua. Esta fue fundada por el padre de la actual CEO, quien era un contador que laboraba para una compañía de origen francés especializada en la comercialización de material eléctrico. Con el tiempo, el contador se convirtió en representante de la empresa y al fallecer el dueño decidió independizarse e iniciar su propio negocio en el mismo ramo, aunque la empresa original siguió operando.

Al igual que el caso antes presentado, consideramos que es difícil catalogar este emprendimiento como un *spin-off* corporativo o empresarial, según las categorías comúnmente utilizadas para identificar a los *spin-off* (Parhankangas y Arenius, 2003; Lindholm, 1994), ya que lo que impulsó el emprendimiento fue una circunstancia inesperada, y no algo planeado racionalmente, con anticipación. Sin embargo, para fines prácticos este *spin-off* será considerado como uno de tipo “empresarial-circunstancial”, ya que su constitución no fue promovida por la empresa matriz y tampoco la benefició en algún sentido; por el contrario, pronto se convirtió en su competencia. Por ello consideramos que la particularidad de este desprendimiento sugiere que la acción racional que comúnmente se asocia a la generación de *spin-off* no siempre es central para la promoción de un desprendimiento; la contingencia, lo casual e inesperado también los puede impulsar.

Durante nuestra visita en 2018, las tres hijas del fundador de la empresa 2 trabajaban en el negocio familiar, así como dos de sus esposos. Para ese entonces la empresa ya tenía varios años de haber mudado su matriz a Ciudad Juárez. Una de las hijas, que estudió ingeniería química y mercadotecnia, ocupaba en ese entonces el puesto de CEO. En tanto que otra de las hermanas, que había estudiado enfermería y se especializó en administración de hospitales, se encargaba de la administración del negocio. Por su parte, la hermana menor,

que estudió ingeniería en electrónica y realizó una maestría en automatización, era la gerente del área de ingeniería.

El esposo de la CEO entrevistada también era ingeniero químico y se encargaba de dar soporte técnico a los vendedores. En tanto que su cuñado era ingeniero eléctrico y apoyaba en diversas áreas de la empresa. De los perfiles y capacidades de las hermanas y esposos que conforman la empresa familiar destaca que solo una de ellas es especialista en automatización, en tanto que el resto tiene habilidades de ingeniería eléctrica, química e incluso administrativas, pero en el sector salud. Debido a lo anterior han tenido que ir aprendiendo y desarrollando las capacidades necesarias para operar una empresa que en la actualidad centra parte importante de su modelo de negocio en la comercialización de tecnología asociada a la I4.0.

Al momento de nuestra visita en 2018 los empleados totales de la empresa sumaban 40 personas, donde aproximadamente 90 por ciento estaba especializado en alguna ingeniería. Es decir, que se trata una empresa con un capital humano altamente especializado.

#### *Historia, trayectoria y operación del emprendimiento*

En su primer año de operación (1982) el negocio de comercialización de material eléctrico se distinguió por ofrecer un servicio rápido y personalizado de productos que no eran fáciles de encontrar en México, por lo que su dueño realizaba constantes viajes exprés de la ciudad de Chihuahua a El Paso, Texas, para conseguir los requerimientos de sus clientes.

En 1995 la empresa mudó sus oficinas de la ciudad de Chihuahua a Ciudad Juárez con la finalidad de estar más cerca de los corporativos de las maquiladoras para la toma de decisiones, así como para acceder con mayor facilidad a las novedades del ecosistema transfronterizo de negocios. Según nos explicó la CEO actual de la empresa, este cambio se debió a la necesidad de estar siempre a la vanguardia y dentro de un ecosistema de negocios con clientes abiertos a las innovaciones. Con el tiempo, la empresa comenzó a diversificar sus productos y servicios, pasando así de la comercialización de producto eléctrico a la instalación del mismo: “entonces evolucionamos, la venta de producto ahí entrega una solución que es automatización, ha ido evolucionando, ahorita lo que hacemos es entregar maquinaria completa” (comunicación personal con la CEO la empresa 2, 8 de octubre de 2018).

De manera similar a lo ocurrido con la empresa 1, como consecuencia de los altos índices de violencia en la ciudad, hacia 2009 la empresa 2 cerró su oficina central y mudó sus operaciones a una casa particular: “[...] hace cuatro años regresamos aquí, duramos cinco años, estuvimos en una casa habitación escondidos. Estuvo tremendo, aquí alrededor incendiaron porque no les daban cuota” (comunicación personal con la CEO de la empresa 2, 8 de octubre de 2018). Además, la gerente señaló que tomaron esta decisión después de

- 14 Las pymes intensivas en conocimiento de Ciudad Juárez: Diversidad de trayectorias...  
Matus Ruiz, M. y Carrillo, J.

que balacearon a dos de sus empleados cuando iban en una camioneta de la empresa, pues al parecer los confundieron con miembros de un grupo de otra empresa que era extorsionada.

La recuperación de la empresa frente a la crisis provocada por la violencia en Ciudad Juárez fue relativamente rápida, y esto fue consecuencia en parte por su capacidad para diversificar su modelo de negocio e incursionar en otras áreas, más allá de la venta e instalación de material eléctrico, comenzaron a explorar en otras áreas como la manufactura y la integración. Dicha estrategia, contraria al “*downgrading*” de la empresa 1, puede ser identificada como un “*bussines diversification*” o “diversificación del negocio”, lo cual ayudó a la resiliencia de la empresa frente a la crisis. En el año 2018 la empresa incursionó en la comercialización de tecnología y *software* asociada a la automatización y la I4.0 a partir de alianzas con empresas internacionales.

Actualmente la cartera de clientes de la empresa es diversa. La CEO calcula que tienen registrados más de 200 clientes a quienes en algún momento han provisto de servicios, pero de estos, los clientes activos que les hacen recompras de manera frecuente son 60. Además, calcula que dan servicio a 30 por ciento de las 370 maquiladoras establecidas en Ciudad Juárez, de las cuales la gran mayoría pertenece al sector automotriz. De su cartera de clientes de maquiladora destacan Continental, Johnson Controls, Delphi, entre otras.

La CEO también nos compartió que de su cartera de clientes solo cinco concentran 80 por ciento de su facturación, siendo Continental y Johnson Controls los más prominentes. Empero, también fue precavida la entrevistada al señalar que estos números son muy generales pues en realidad no tienen una métrica clara para medir el número de clientes y la recompra que tienen, lo cual señala una carencia de tecnología en su área administrativa. Por el contrario, su área de ventas ha avanzado considerablemente en la automatización de sus procesos. En palabras de la CEO entrevistada:

Cuando los vendedores o personas de venta salen a la calle, desarrollamos una aplicación [en la que] automáticamente le dan *enter* y llega al departamento de venta o atención a clientes [...] Todos nuestros productos están en el sistema, automáticamente pueden generar la cotización, a la media hora lo ideal es que el cliente ya tenga la cotización (comunicación personal con la CEO de la empresa 2, 8 de octubre de 2018).

Lo anterior señala que el área de ventas de la empresa ha incursionado en la automatización de sus pedidos, lo cual sugiere que al interior de las pymes intensivas en conocimiento existe una diversidad en los niveles de automatización de sus procesos internos.

#### *De las soluciones eléctricas a la diversificación para adaptarse al cambio tecnológico y generacional*

El departamento de ingeniería –comandado por una de las hermanas– diseña y selecciona los productos necesarios para la solución de automatización a partir de la oferta de sus

proveedores. En caso de no contar con los productos requeridos, buscan a un nuevo proveedor e incluso lo llegan a desarrollar, si está dentro de sus capacidades. Por ello, el área de maquinado es uno de los nuevos giros de la empresa desde 2015. En caso de que no puedan desarrollar la solución, hacen el requerimiento a una empresa especializada en maquinado. Una vez lista la solución, el equipo de técnicos bajo la supervisión del esposo de la CEO se encarga de la instalación.

En cuanto a la comercialización de *software* para la eficiencia productiva y energética, la empresa hizo una alianza con una compañía desarrolladora española. Según la CEO entrevistada, la ventaja de dicho *software* es que lo pueden adaptar a los requerimientos de sus clientes. Sin embargo, aún les falta desarrollar capacidades en esa área, es por ello que uno de sus sobrinos está estudiando ingeniería en sistemas, con la finalidad futura de hacerse cargo del área de desarrollo de *software*. Lo anterior sugiere que algunas empresas intensivas en conocimiento, organizadas a partir de un modelo de empresa familiar, especializan a las nuevas generaciones para integrarlas a la pyme y adaptarse a los cambios tecnológicos y a las capacidades asociadas.

Un área más en la que esta empresa ha incursionado recientemente es la educación. En este rubro, ofrecen cursos de robótica dirigidos a niños y talleres para la certificación de habilidades digitales de los adultos:

[...] integramos clases y talleres para personas que necesitan subir un poco su nivel educativo porque tienen la práctica, pero no tienen un papel que los certifique o les falta la teoría, estamos trabajando para hacer un tipo técnico *junior* en mecatrónica (comunicación personal con la CEO de la empresa 2, 8 de octubre de 2018).

En cuanto a la trayectoria de esta empresa, llama la atención su amplia diversificación de actividades de los últimos años. Se considera que esta estrategia les ha servido no solo para adaptarse a la vulnerabilidad del ecosistema donde operan, sino también al cambio tecnológico y el generacional. Al ser una empresa familiar, sus miembros se han visto en la necesidad de integrar a las nuevas generaciones a la misma, e incursionar en actividades que se complementan con su profesionalización, y todo indica que esta ha sido una estrategia exitosa.

#### *Concepto, práctica y visión de la I4.0*

Como se mencionó anteriormente, desde el año 2018 la empresa comenzó a presentarse como especialista de soluciones de la industria 4.0. Esto se debió en parte a su reciente asociación con un clúster especializado en automatización e I4.0. Pero, además, este giro fue motivado gracias a que en 2018 la más joven de las hermanas accedió a una beca del ahora extinto Instituto Nacional del Emprendedor (Inadem) para realizar una estancia de un mes en Alemania y conocer la práctica de la I4.0 dentro de una pyme. Al respecto, la CEO entrevistada nos compartió la siguiente anécdota:

[A] donde nos llevaron es una empresa igual que la de nosotros, donde un proceso es el que tiene puros robots, otra en la que todo lo que hacen es impresión 3D, pero no toda la empresa, ciertas áreas muy específicas: brazo de robot colaborativo. Otra es donde aplica poder hacer impresión a través de 3D, lo demás lo hacen en maquinado (comunicación personal con la CEO de la empresa 2, 8 de octubre de 2018).

Si bien en años recientes la empresa ha incursionado en el uso y la venta de diversas tecnologías asociadas a la I4.0, la CEO de la empresa considera que su valor agregado se encuentra en la especialización que están desarrollando en el *Big data* industrial y que a su parecer, ninguna de las empresas asociadas al clúster antes mencionado lo estaba desarrollando en ese momento:

Estamos utilizando [Big Data] en un proyecto Conacyt que tenemos ganado [...] lo que hicimos fue buscar una alianza con alguien que ya lo tenía, que ahorita es la alianza con la empresa española porque ellos ya lo tenían. Nos gana la necesidad del tiempo, porque el cliente ya lo quiere, nos dice ‘oye, ya lo quiero’, ‘pero es que aún no lo tengo, lo estoy desarrollando’ (comunicación personal con la CEO de la empresa 2, 8 de octubre de 2018).

La manera en que la empresa solucionó la demanda del cliente para el desarrollo del *software* ofrece indicios de la inoperatividad de los fondos otorgados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) para este tipo de desarrollos, debido a los retrasos comunes en su asignación. También sugiere un manejo diferente de dichos fondos para superar la contingencia, pues en lugar de desarrollar *software* propio, se ven en la necesidad de comprar y adaptar –en la medida de lo posible– a las necesidades locales.

La amplia diversificación del modelo de negocio de la empresa y su incapacidad para dar respuestas aceleradas acorde con los tiempos demandados por algunos de sus clientes, le han llevado a generar alianzas internacionales en el mejor de los casos. En otras ocasiones, han perdido clientes al no contar con personal especializado de forma exclusiva en el desarrollo de soluciones innovadoras: “Nuestro sueño es tener una persona, un gurú pensando en las soluciones. Los pobres muchachos se desesperan y dicen o pienso o hago o qué, porque es urgente y se atoró o no funciona... porque tenemos que luchar contra todo eso” (comunicación personal con la CEO de la empresa 2, 8 de octubre de 2018).

Sobre su visión de la I4.0, la CEO entrevistada consideró que el nuevo modelo industrial es una moda a la que todos quieren entrar, aunque también implica cierto temor por cuestiones de seguridad cibernética y esto último es una de sus mayores barreras para la adopción plena:

[...] nuestras soluciones necesitan internet y esas son a pie de máquina, va uno a mantenimiento, producción, calidad y dice ‘esto es lo que necesito’, nada más que necesito un nodo de internet para comunicarlo y ahí se murió todo, porque los de sistemas no quieren que nadie entre a su red, desde políticas de los corporativos, políticas internas, porque tienen miedo (comunicación personal con la CEO de la empresa 2, 8 de octubre de 2018).



### CASO 3: ESPECIALISTA EN PROCESOS INDUSTRIALES DE MANUFACTURA AVANZADA O I4.0

#### *Formación y trayectoria de los miembros que impulsaron el emprendimiento*

La empresa 3 está especializada en procesos industriales de manufactura avanzada. La empresa tiene sus oficinas centrales en Ciudad Juárez, pero también tienen presencia en El Paso, Texas, y en el Bajío. El CEO de la empresa realizó estudios de ingeniería. Al concluir sus estudios se incorporó a la industria maquiladora de Ciudad Juárez. Al inicio de su trayectoria laboral a principios de la década de los noventa fungió como ingeniero de procesos en Johnson Controls, y en 1995 se incorporó al área de sistemas automotrices de Bosch, en el departamento de diseño mecánico y mejora de procesos.

A lo largo de los tres años que el entrevistado trabajó en esta última EMN, se especializó en diseño 3D. Una vez adquirida esta experticia, por recomendación de un amigo que laboraba dentro de Bosch en 1999 decidió salir de la empresa para iniciar su propio emprendimiento. En ese entonces el actual CEO de la empresa 3 aún no cumplía 30 años de edad y estaba soltero, lo cual considera que le ayudó a impulsar su emprendimiento, pues tenía la capacidad de invertir todos sus recursos –como tiempo y dinero– en la nueva empresa. Fue en 2001 cuando formalizó su empresa al crear una Sociedad Anónima (S.A).

En 2018 la planta de trabajadores de la empresa 3 ascendía a 110 colaboradores, de los cuales el 50 por ciento eran profesionistas especializados en diferentes ramas de la ingeniería –control, mecánicos–. Además, mediante programas de Conacyt la empresa solía incorporar a personal de instituciones locales altamente especializado en proyectos específicos.

En cuanto a la caracterización de la empresa como *spin-off*, consideramos que podría ser catalogado como uno de tipo “corporativo-interno”, es decir, impulsado por actores internos, ya que fueron directivos de Bosch quienes motivaron el desprendimiento y además por algunos años se beneficiaron del mismo adquiriendo sus servicios.

#### *Historia, trayectoria y operación del emprendimiento*

El primer espacio de oportunidad que el nuevo emprendimiento encontró dentro del sector automotriz fue el de los imprevistos y las emergencias. En una entrevista realizada por Guerrero (2019), este mismo CEO señaló:

La industria automotriz reacciona de emergencia cuando un producto defectuoso llega al cliente. Quizá requiera medidas de contención, como una máquina adicional que verifique o que haga el proceso de una manera más segura. En esos casos me llamaban (Guerrero, 2019, p. 1).

Al no contar con un taller de maquinados al inicio de la empresa, el actual CEO optaba por subcontratar el servicio, lo mismo hacía con las operaciones de Controlador Lógico Programable (PLC por su acrónimo en inglés). El primer empleado de la empresa fue un estudiante que se dedicaba a entregar trabajos y hacer ajustes. Para hacer crecer su empresa

el CEO invertía prácticamente la totalidad de sus ganancias en equipamiento, contrataciones o renta del local. Desde su perspectiva, fue así como en los primeros 15 años logró tener un crecimiento del 25 por ciento anual (comunicación personal con el CEO de la empresa 3, 10 de octubre de 2018).

Actualmente las principales líneas de negocio de la empresa se enfocan al diseño e integración de líneas de producción automatizada. Sus principales clientes son EMN del sector automotriz, las cuales implican prácticamente 95 por ciento de sus ganancias. Entre sus clientes destacan Continental y Bosch.

El CEO señaló que los servicios y productos ofertados por su empresa han ido evolucionando junto con las necesidades y demandas de las EMN con las que trabajan:

Ellos [las EMNs] nos han comandado, lo que sabemos es por los retos que nos dan, nos piden armar un robot, integrarlo, pues a aprender de robots, de visión, aprender soldadura laser. Ellos nos están dirigiendo hacia dónde prepararnos (comunicación personal con el CEO de la empresa 3, 10 de octubre de 2018).

La empresa también cuenta con oficinas en El Paso, Texas, donde se encuentra registrada con un nombre distinto. La decisión de abrir dicha oficina está relacionada con el hecho de que la mayoría de sus compras las realizan en Estados Unidos, además de tener acceso directo con los fabricantes. Otro de los factores que motivó la expansión binacional del negocio es que sus clientes mexicanos prefieren realizar compras vía una empresa registrada en EE. UU. con la finalidad de reducir el pago de impuestos en México.

#### *De la pérdida de confianza por el deterioro social a la emergencia del clúster MACH*

El contexto social que se vivió en Ciudad Juárez hacia finales de la primera década del siglo XXI no fue solo de violencia y crisis económica, sino también de pérdida de confianza entre los empresarios locales. Un hecho que vulneró los lazos sociales fue el siguiente:

Existe un antecedente en Ciudad Juárez. Se quiso formar un clúster de maquinados, pero fue un fraude. Todos los que tenemos automatización también tenemos maquinados, todos participamos en esa experiencia. Bajaron fondos, cobraron cuotas, se hizo una nave industrial donde cada quien iba a tener áreas asignadas compartiendo servicios comunes, como montacargas, rampas; se hizo y al final de cuentas se paró el proyecto porque el dinero ya no llegó (comunicación personal con el CEO de la empresa 3, 10 de octubre de 2018).

Luego de algunos años de esta experiencia, en 2017 el propio CEO decidió impulsar el Clúster de Manufactura Avanzada del Estado de Chihuahua o MACH. Según la información ofrecida por el sitio de internet del clúster, en 2019 lo conformaban 10 pymes, que en total contaban con 622 empleados. Sus ventas ascendían a 29.45 millones de dólares anuales y además poseían 20.6 millones de dólares de capacidad instalada. Destaca además que un 50 por ciento de las empresas es binacional.

### *Concepto, práctica y visión de la I4.0*

Hasta el año 2018, el CEO de la empresa 3 consideraba que la I4.0 no era más que manufactura avanzada, y que el término no era más que una moda pasajera:

Yo medio escéptico decía que era automatización avanzada, que los robots ya existen, sistemas de distribución ya existen, lo de la nube ya existe, esto no es industria 4.0, es un tema de moda, temas clichés, todo mundo quiere hablar de los temas actuales [...] pero la verdad me tomó casi un año en digerir lo que es la industria 4.0, a pesar de que yo estaba inmerso en esos temas (comunicación personal con el CEO de la empresa 3, 10 de octubre de 2018).

Por otra parte, el CEO entrevistado señaló que fue gracias a la constitución del clúster MACH como lograron acceder a información sobre la I4.0, tanto su empresa como el resto de las pymes que forman parte de dicha organización: “Gracias a la conformación del clúster tuvimos al alcance más información, asistimos a congresos, participamos en foros del tema, que nos hizo aprender de la industria 4.0. Sí la teníamos, pero no la conceptualizábamos” (comunicación personal con el CEO de la empresa 3, 10 de octubre de 2018).

Desde su perspectiva, en México la I4.0 aún está en fase de “experimento”, es una especie de laboratorio y aún falta mucho para alcanzar un 50 por ciento de la transición. Por ello, considera necesaria la participación de diversos actores: desde gobierno, instituciones de educación y las propias empresas.

En cuanto a algunas de las problemáticas que el CEO de la empresa 3 identifica como limitantes para que las pymes intensivas en conocimiento de Ciudad Juárez logren escalar y transitar de forma plena hacia la I4.0, destacó el financiamiento, la innovación de productos y la seguridad. Respecto al primer punto señaló que las corporaciones pagan a las pymes luego de 90, 120 ó 180 días, lo que ha llevado a algunas a la quiebra. Respecto a la imposibilidad de innovar, señaló que debido a las presiones financieras y lo corto de los tiempos de entrega como CEO se la pasa “...apagando fuegos, completando la nómina, tratando de entregar a tiempo el producto, tratando de ahorrar; pocas veces vemos el ecosistema o planear una estrategia a futuro” (comunicación personal con el CEO de la empresa 3, 10 de octubre de 2018). En cuanto a la seguridad, consideró que “existe el miedo a que exista un uso inadecuado de la información que se sube a la nube [...] al subirlo a la nube se vuelve vulnerable, muchas de las oportunidades que tenemos de implementar la industria 4.0 no se están haciendo” (comunicación personal con el CEO de la empresa 3, 10 de octubre de 2018).

#### CASO 4. UNA PYME INTENSIVA EN CONOCIMIENTO CENTRADA EN LA INNOVACIÓN DE PRODUCTOS Y SERVICIOS 4.0

##### *Formación y trayectoria de los miembros que impulsaron el emprendimiento*

La empresa 4 inició operaciones en 2001. Su CEO es un ingeniero electromecánico egresado del Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez. Antes de decidir emprender, el fundador de esta pyme trabajó durante cuatro años en algunas EMN de Ciudad Juárez dedicadas a la maquila y la manufactura. En estas empresas adquirió las habilidades técnicas que le permitirían iniciar su emprendimiento. Además, el CEO recuerda que en buena medida decidió emprender motivado por personas a las que proveía sus servicios desde las EMN en las que trabajaba. Es decir, que en ocasiones los *spin-off* también son motivados por agentes externos que impulsan a un actor a emprender para que ofrezcan sus servicios de forma autónoma y de esta forma tener un trato directo o rebajar costos, entre otras motivaciones.

A partir de lo anterior y de acuerdo a la clasificación de *spin-off* antes señalada – corporativos versus empresariales –, consideramos que este emprendimiento podría ser catalogado como uno de tipo empresarial. Es decir, que no fue promovido por la(s) empresa(s) matriz y el desprendimiento tampoco la benefició directamente. Empero, también es relevante enfatizar que fue impulsado de manera indirecta por actores externos a la empresa matriz, quienes motivaron el desprendimiento con la finalidad de beneficiarse de la nueva empresa, por ejemplo, accediendo a un trato directo y costos más bajos. Por ello consideramos apropiado distinguir a este *spin-off* como uno de tipo “empresarial-externo”, en el sentido de que fue impulsado por actores externos a la EMN y con la finalidad de hacer competencia a la misma.

Al momento de nuestra visita en 2018, la empresa 4 contaba con 23 empleados, de los cuales 12 eran ingenieros, es decir, más de 50 por ciento. Además, contaba con ocho técnicos y personal administrativo. A lo anterior se suman los colaboradores externos, que ayudan a resolver problemáticas específicas o que apoyan a la I&D, que son doctores de diferentes universidades locales.

##### *Historia, trayectoria y operación del emprendimiento*

La última compañía en la que el CEO de la empresa 4 laboró fue en Integración de Sistemas Electrónicos (ISEL), proveedora de Delphi y Siemens. En esta empresa le dieron la oportunidad de experimentar con tecnología, y fue así como con el tiempo decidió independizarse: “cuando yo salgo con mi computadora hago un catálogo de servicios que podía proveer, iba tocando puertas a las maquiladoras dejando mi brochure” (comunicación personal con el CEO de la empresa 4, 9 de octubre de 2018).

El CEO narra que comenzó ofreciendo servicios de desarrollo de máquinas, procesos y tecnología. Según recuerda, al principio era muy difícil que le dieran trabajo porque era muy joven: apenas tenía 25 años y su experiencia en el ramo era limitada, no así el conocimiento

especializado que había adquirido en ISEL. Esto contrastaba con el ideal que le habían creado clientes y distribuidores de ISEL, que le habían motivado a impulsar su propio emprendimiento con la promesa de contratar sus servicios. Debido a que las expectativas de venta acordadas “a la palabra” no se cumplieron, el CEO comenzó una especie de improvisación creativa para adaptarse al ambiente adverso:

[...] encontramos que había posibilidades de desarrollar cosas dentro de la maquila que los servicios industriales no proveían, había cosas que no existían, necesidades que no habían sido desarrolladas, empezamos a desarrollar productos tecnológicos (comunicación personal con el CEO de la empresa 4, 9 de octubre de 2018).

La empresa 4 comenzó a operar sin contar con instalaciones. Su modelo de negocio inicial implicaba visitar directamente al cliente y desarrollar servicios dentro de la misma empresa:

[...] recuerdo que tenía una pantalla de 50 pulgadas, agarraba esa y mi CPU y la ruta; luego llegaba y decían ‘quiero que cambien la programación de esa máquina’; yo llegaba con mi computadora, CPU grande de torre, empezaba con *software* pirata, una computadora construida por mí, de las más bajas (comunicación personal con el CEO de la empresa 4, 9 de octubre de 2018).

Uno de sus primeros clientes importantes fue la empresa ALTEC Electrónica Chihuahua, dedicada a la maquila de aspiradoras industriales. El CEO entrevistado recuerda que el pago que le ofrecían por sus servicios era relativamente bajo, en comparación con la calidad que le exigían. Además, al principio él tenía que contratar servicios de maquinado, lo cual hacía que incurriera en altos costos y su ganancia mermara. No obstante, con el tiempo aprendió a realizar cotizaciones y poco a poco su empresa fue generando utilidades hasta lograr establecer su taller de operaciones en una colonia industrial de Ciudad Juárez. Es decir, el entrevistado desarrolló capacidades administrativas “sobre la marcha”.

El negocio fue evolucionando bien durante los primeros años; sin embargo, la crisis de 2008 y la ola de violencia en Ciudad Juárez impulsó un cierre parcial del mismo a principios de la segunda década del siglo XXI. La empresa abrió sus puertas de nueva cuenta en 2015: “todo se fue para abajo [...] la gente de confianza se te va cayendo, se intimidan, se van, tienen miedo” (comunicación personal con el CEO de la empresa 4, 9 de octubre de 2018). Al cuestionar al CEO sobre por qué cerró cuando otras empresas comenzaron a abrir de nuevo después de la fuerte ola de violencia en la ciudad, señaló que a cada empresa las crisis les pegan en momentos diferentes, lo que sugiere que cada una tiene una capacidad de adaptarse al ambiente dependiendo de su maduración interna y su capacidad de resiliencia.

En la actualidad la empresa 4 también tiene presencia binacional. Desde sus oficinas en El Paso, Texas, hacen todo lo relativo a la gestión administrativa, de esa forma deducen impuestos propios y de sus clientes. Además, esto les facilita importar los materiales necesarios para sus desarrollos.

- 22 Las pymes intensivas en conocimiento de Ciudad Juárez: Diversidad de trayectorias...  
Matus Ruiz, M. y Carrillo, J.

### *De la desconfianza a las instituciones a las alianzas con los actores emergentes*

Desde la perspectiva del CEO entrevistado, la corrupción es un mal que afecta el avance de la industria en el país. Ha visitado fábricas donde le piden resolver alguna problemática específica relacionada con alguna máquina o línea de producción, y al examinar el problema se ha dado cuenta que éste reside en la corrupción, ya que dicha tecnología tuvo fallos desde el inicio, pues se adquirió una tecnología inadecuada o esta fue comprada a sobreprecio.

Incluso nos confió que le habían llegado a ofrecer trabajos siempre y cuando él mismo cobrara un sobreprecio de hasta 50 por ciento, a beneficio de quien le otorgaría el contrato. Por esa razón la empresa 4 tiene como parte de su filosofía no promover ni formar parte de este tipo de redes de corrupción.

Un caso extremo al que se enfrentó la pyme está relacionado con uno de los programas gubernamentales federales que supuestamente apoyan la I+D. Durante la entrevista, el CEO nos confió que en una ocasión el instituto nacional encargado de promover el desarrollo tecnológico y científico en el país, le aprobó un proyecto que se realizaría entre una universidad y una empresa, cuyo objetivo era ayudar a desarrollar un sistema de visión para una línea de producción.

Sin embargo, para poder asignarles el recurso como condición le pusieron que contratara los servicios de consultoría privada dedicada al *marketing*, que les cobraría más de 50 por ciento del dinero que les asignarían para desarrollar el proyecto, lo que no aceptaron. A partir de esta desagradable experiencia decidieron no volver a trabajar con dicha institución gubernamental.

### *Concepto, práctica y visión de la I4.0*

En 2015, cuando la empresa 4 inició operaciones formalmente de nueva cuenta, centró su modelo de negocio en la I4.0:

[...] vimos las necesidades de la industria, a nosotros nos da de comer las máquinas, vimos la necesidad de conectarlas [...] ahorita todas las plantas nos dicen ‘queremos manufactura 4.0, queremos innovación y más productividad porque esas son las tendencias (comunicación personal con el CEO de la empresa 4, 9 de octubre de 2018).

A diferencia de las pymes analizadas previamente, la empresa 4 invierte 10 por ciento de sus ganancias anuales en I+D. Esto es parte esencial de su modelo de negocio, ya que ellos consideran que no solo están “solucionando problemas” con la presión de entregar una línea de producción automatizada al menor tiempo posible, con pagos retrasados y sin financiamiento:

[...] somos la parte creadora, no nos interesa manufacturar miles de robots, va a llegar el momento en que vamos a pasar de la manufactura de robots a algo más. Sí creamos el concepto, lo prototipamos y funciona, pero lo que nosotros visualizamos

es que si alguien llega, le vamos a dar la manufactura (comunicación personal con el CEO de la empresa 4, 9 de octubre de 2018).

En cuanto a las barreras identificadas por este CEO para el éxito de las pymes intensivas en conocimiento en México, está la poca confianza que se tiene hacia la tecnología desarrollada localmente. Incluso nos confió que, en ocasiones, cuando vende su tecnología 4.0, intenta esconder su identidad nacional mexicana, y se llega a presentar como quien instala la tecnología, no como quien la desarrolla.

## CONCLUSIONES

Los cuatro casos de las pymes intensivas en conocimiento analizadas señalan la existencia de una diversidad de trayectorias en su transición hacia la llamada I4.0, y sugieren que no hay un camino único, y por ende, que no es posible realizar tipologías extensivas ni seguir mapas de ruta para que las pymes evolucionen hacia el nuevo modelo industrial (Mittal *et al.*, 2018). Los estudios de caso analizados señalan que han sido diversos los factores que han impulsado o retrasado su transición hacia la I4.0, destacando la adversidad del contexto –violencia y crisis económica– como uno de los principales, lo cual no suele ser tomado en cuenta por otros estudios que se interesan en analizar la transición de empresas hacia la I4.0 (IDC, 2017; McKinsey Global Institute, 2017; Yang, 2017; Hirsch-Kreinsen, Weyer y Wilkesmann, 2019).

En el primer caso analizado se identificó un proceso de *downgrading*, donde la pyme pasó de ofrecer servicios de automatización avanzada a realizar retrabajos de manufactura, como una reacción a un contexto económico adverso y de violencia extrema. En el segundo caso se identificó un proceso de diversificación de servicios como reacción al mismo contexto adverso, lo cual de alguna forma permitió a dicha pyme escalar hacia la comercialización de productos asociados a la I4.0.

El tercer caso, en cambio, muestra una transición evolutiva de una pyme que ofrecía servicios de manufactura avanzada a una empresa que en la actualidad es reconocida a nivel nacional como pionera en la oferta de servicios 4.0. Sin embargo, sus posibilidades de crecimiento se ven limitadas por diversos problemas asociados con las condiciones impuestas por las EMN para su operación.

Por último, el cuarto caso presenta también a una pyme exitosa en su transición hacia la I4.0, pero utilizando un modelo de escalamiento y de negocio particular. Esta pyme invierte una cantidad importante de sus ganancias en generar tecnología 4.0 autóctona y busca comercializarla con un modelo de negocio particular, que en algunos casos se centra en la venta de los servicios para la operación y gestión de la información generada por la tecnología que ellos mismos diseñan. De esta forma, se demuestra con evidencia empírica la existencia de diferentes posibilidades y niveles de escalamiento entre la diversidad de pymes analizadas, cada una contribuyendo desde su especialidad al impulso de la I4.0 en México.

Apreciamos una dinámica similar al analizar la forma en que fueron impulsadas estas pymes intensivas en conocimiento. Siguiendo las propuestas desarrolladas por Lindholm (1994) y Parhankangas y Arenius (2003), consideramos que de una forma general la mayoría pueden ser consideradas desprendimientos de EMN del tipo corporativo o empresarial. Sin embargo, al analizar los procesos con mayor detalle identificamos *spin-offs* del tipo 1) empresarial-multi actoral, 2) empresarial-circunstancial, 3) corporativo-interno y 4) “empresarial-externo”.

Desde nuestra perspectiva, la particularidad de las condiciones en las que se despendieron las pymes analizadas invita a reflexionar cómo esto ha impactado en su transición hacia la I4.0. Si bien los resultados arrojados por estas experiencias no pueden ser concluyentes debido a su número limitado, consideramos que una muestra mayor podría revelar patrones en este sentido.

En cualquier caso, las cuatro trayectorias y estrategias presentadas sirven para reflexionar en cuanto a las oportunidades y retos que se presentan en las pymes intensivas en conocimiento, y nos permiten enriquecer tipologías teóricas desarrolladas por otros estudios en contraste con las particularidades de los casos aquí presentados. Es en esto donde radica el aporte principal del presente estudio: en enfatizar la particularidad de las trayectorias de las pymes intensivas en conocimiento, antes que en las recurrencias.

## REFERENCIAS

- AXIS Centro de Inteligencia Estratégica. (2019). *Baja i4.0. Industria 4.0 en Baja California*. Tijuana: Autor. Recuperado de <https://vp.inteliaxis.com/PDF/Bajai40.pdf>
- Brito, J. y Carrillo, J. (2019). *Trayectoria de la industria de televisores en México ¿Escalamiento o desescalamiento?* Tijuana: Universidad Autónoma de Baja California/El Colegio de la Frontera Norte.
- Carrillo, J., Gomis, R., De los Santos, S., Covarrubias, L. y Matus, M. (2020). ¿Podrán transitar los ingenieros a la Industria 4.0? Análisis industrial en Baja California. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 8(22), 1-22.
- Dalenogare, L. S., Guilherme Brittes, B., Ayala, N. F. y Frank, A. G. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*. 204(C), 383-394.
- Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCyT). (2014). *Diagnósticos Estatales de Ciencia, Tecnología e Innovación 2014*. Chihuahua: Foro Consultivo Científico Tecnológico, A.C.
- Electric Solutions & Automation Systems (Repinel). (2019). Catálogo de productos [Página web]. Recuperado de <https://www.repinel.com.mx/catalogo/mx/?controllerUri=index>
- Gomis, R., Hualde, A. y Matus, M. (2019). Pymes intensivas en conocimiento y digitalización. *Comercio Exterior*, (20), 46-49.



- Guerrero, C. (2019). PIMA, En la mayoría de edad empresarial. Entrevista con Martin Márquez Venzor, director de PIMA y presidente del Clúster MACH. *Comercio Exterior*, (20), 16-19.
- Hertog, P. D. (2001). Knowledge-Intensive Business Services as Co-Producers of Innovation. January 2001. *International Journal of Innovation Management*, 4(04), 491-528.
- Hirsch-Kreinsen, H., Weyer, J. y Wilkesmann, M. (2019). *Industry 4.0. A Path-Dependent Innovation. Sociological Working Paper No. 56*. Alemania: Technische Universität Dortmund.
- International Data Corporation (IDC). (2017). *The Next Steps in Digital Transformation. How small and midsize companies are applying technology to meet key business goals*. Framingham: IDC. [Sitio web]. Recuperado de <https://www.idc.com/>
- Lichtblau, K., Stich, V., Bertenrath, R., Blum, M., Bleider, M., Millack, A.... Schröter, M. (2015). *Impuls. Industrie 4.0 readiness*. Aachen, Cologne: Cologne Institute for Economic Research (IW)/ FIR at RWTH Aachen University
- Lindholm A. (1994). *The economics of technology-related ownership changes: A study of innovativeness and growth through acquisitions and spin-offs* (Tesis Doctoral). Chalmers University of Technology, Suecia.
- McKinsey Global Institute, (2017). *Un futuro que funciona: Automatización, empleo y productividad. Resumen ejecutivo*. Estados Unidos: Autor.
- Mittal, S. Muztoba, K., Romero, D. y Wuest, T. (2018). A critical Review of Smart Manufacturing & Industry 4.0 Maturity Models: implications for Small and Medium-sized Enterprises (SMEs). *Journal of Manufacturing Systems*, 49, 194-214.
- Matus, M., Carrillo, J. y Gomis, R. (2018). Empresas multinacionales, derramas de conocimiento y spin-off en México. ¿El país de origen hace la diferencia? *Revista Perfiles Latinoamericanos*, 26(52), <https://doi.org/10.18504/pl2652-007-2018>
- Parhankangas A. y Arenius P. (2003). From a corporate venture to an independent company: a base for a taxonomy for corporate spin-off firms. *Research Policy*, 32(3), 463-481.
- Pred, A. y Tomsqvist, G. (1981). *Space and time in Geography*. Suecia: The Royal University of Lund.
- Riquelme, R. (09 de octubre de 2019). México llega con retraso a la Cuarta Revolución Industrial. *El Economista*. Recuperado de <https://www.economista.com.mx/tecnologia/Mexico-llega-con-retraso-a-la-Cuarta-Revolucion-Industrial-20191009-0055.html>
- Wolfgang, D. (Coord.). (2016). *Implementation Strategy Industrie 4.0 Report on the results of the Industrie 4.0 Platform*. Alemania: Bitkom e.V.
- Yang, L. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1-10.