

Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas
Escuela de Estudios de Posgrado

MAESTRÍA EN ECONOMÍA

TRABAJO FINAL DE MAESTRÍA

Impacto de los servicios de consultoría en la agilidad industrial. Estudio de casos de pequeñas y medianas empresas industriales argentinas

AUTOR: JUAN MATÍAS FOURMENT

DIRECTOR: PABLO DANIEL SIRLIN

JUNIO 2020

Resumen del Trabajo

El presente trabajo tiene como objetivo aportar evidencia respecto de la contribución que la consultoría en procesos y negocios puede realizar a la agilidad de empresas medianas industriales de sectores tradicionales en América Latina, a partir de un análisis de tres casos de intervención por parte de una consultora especializada en mejora de procesos. Se busca dar cuenta de las características salientes de los proyectos de consultoría y capacitación llevados adelante, así como de sus resultados en términos de la mejora en la agilidad de las empresas, lo que se realizará por medio de un índice de madurez de agilidad industrial que se medirá en distintas etapas de los proyectos. Se pretende, asimismo, identificar cuál es la relación entre la evolución del nivel de agilidad de las firmas y sus indicadores claves de gestión, así como los factores clave que pueden influir en el mayor éxito o fracaso de este tipo de intervenciones.

The objective of this work is to provide evidence regarding the contribution that process and business consulting can make to the agility of medium-sized industrial companies in traditional sectors in Latin America, based on an analysis of three cases of intervention by a consulting firm specialized in process improvement. It seeks to account for the salient features of the consulting and training projects carried out, as well as their results in terms of improving the agility of companies, which will be carried out by means of an industrial agility maturity index that it will be measured at different stages of the projects. It is also intended to identify the relationship between the evolution of the level of agility of the firms and their key management indicators, as well as the key factors that may influence the greater success or failure of this type of intervention.

Palabras clave: lean manufacturing, agile manufacturing, industrial organization

Índice

1.	<i>Introducción</i>	5
2.	<i>Planteamiento del tema</i>	6
2.1.	Objetivos.....	6
2.1.1.	Objetivo general.....	6
2.1.2.	Objetivos específicos.....	6
2.2.	Hipótesis.....	7
2.2.1.	Hipótesis general.....	7
2.2.2.	Hipótesis Específicas.....	7
3.	<i>Marco teórico</i>	7
3.1.	Concepto de Agilidad Industrial.....	7
3.2.	Factores que determinan la necesidad de impulsar la agilidad.....	8
3.3.	Elementos de la agilidad industrial.....	9
3.4.	Medición de agilidad industrial.....	10
3.5.	Relación entre agilidad industrial y performance de la firma.....	11
4.	<i>Metodología</i>	11
4.1.	Selección de los casos.....	11
4.2.	Caracterización de los casos.....	11
4.2.1.	Compañía metalúrgica.....	11
4.2.2.	Compañía de maquinaria agrícola.....	12
4.2.3.	Compañía Papelera.....	12
4.3.	Diseño conceptual del modelo del Índice de Madurez de Agilidad Industrial 12	
4.4.	Evaluación difusa de múltiples grados.....	16
4.4.1.	Cálculo del vector de evaluación.....	16
4.4.2.	Cálculo de la evaluación primaria.....	16
4.4.3.	Cálculo de la evaluación secundaria.....	17
4.5.	Método de evaluación.....	17
4.6.	Análisis de correlación del IMAI con la performance de las empresas.....	18
5.	<i>Hallazgos</i>	19
5.1.	Resultados generales y específicos por empresa.....	19
5.1.1.	Compañía metalúrgica.....	19
5.1.2.	Compañía de maquinaria agrícola.....	20

5.1.3.	Compañía Papelera.....	21
5.2.	Relación con OTIF	22
5.2.1.	Compañía metalúrgica.....	23
5.2.2.	Compañía de maquinaria agrícola.....	24
5.2.3.	Compañía papelera	25
5.3.	Discusión	26
6.	<i>Conclusiones</i>	26
7.	<i>Referencias bibliográficas</i>	28
8.	<i>Anexos</i>	32
8.1.	Medición del IMAI en la empresa metalúrgica	32
8.1.1.	Medición inicial	32
8.1.2.	Medición a los 6 meses de iniciado el proyecto.....	32
8.1.3.	Medición a los 12 meses de iniciado el proyecto.....	33
8.2.	Medición del IMAI en la empresa de maquinaria agrícola	34
8.2.1.	Medición inicial	34
8.2.2.	Medición a los 6 meses de iniciado el proyecto.....	35
8.2.3.	Medición a los 12 meses de iniciado el proyecto.....	36
8.3.	Medición del IMAI en la empresa papelera.....	37
8.3.1.	Medición inicial	37
8.3.2.	Medición a los 6 meses de iniciado el proyecto.....	38
8.3.3.	Medición a los 12 meses de iniciado el proyecto.....	38

1. Introducción

En las últimas décadas la presión competitiva a la que se enfrentan las firmas ha ido en aumento y el contexto en el que se desenvuelven se ha vuelto más complejo (Bennett, 2008; Espino-Rodríguez & Padrón-Robaina, 2004; García-Teruel & Martínez-Solano, 2010). Se ha observado una mayor inestabilidad del mercado causada por la globalización, los cambios en los requerimientos del cliente, la disminución de los ciclos de vida del producto y la aparición de mejores prácticas organizativas (Dubey & Gunasekaran, 2015; Kidd, 1995). En ese marco, ha surgido hacia principios de la década de los 90's el concepto de agilidad industrial o fabricación ágil, entendida como la habilidad de una organización de crecer en entornos competitivos caracterizados por cambios continuos e imprevistos y de responder rápidamente a los requerimientos de los clientes o usuarios. De este modo, el nivel de agilidad de una firma resulta ser en un factor competitivo crítico (Dove, 1993; Nagel, 1992).

Una de las formas en la que las PyMEs han buscado acortar la brecha de competitividad, capacidad innovativa o en nuestro caso agilidad, ha sido por medio del apoyo de empresas de servicios especializadas en procesos de mejora en innovación y tecnología. Es que las PyMEs necesitan servicios de asesoramiento y apoyo para acortar la brecha de competitividad y su mayor vulnerabilidad a las imperfecciones del mercado (Lowe & Talbot, 2000). Los servicios de asesoramiento en tecnología e innovación brindan información, asistencia técnica, consultoría, tutoría y otros servicios para ayudar a las empresas a adoptar y desplegar nuevas tecnologías e innovaciones. Estos servicios suelen estar centrados en el sector industrial, no sólo por el uso prominente de la tecnología en este sector, sino también porque la transabilidad y el peso de la acumulación de conocimientos en su competitividad hace que sea difícil de recuperar una vez perdido.

La organización y las operaciones de los servicios de asesoramiento sobre tecnología e innovación difieren, también, según el país y la región (Shapira & Youtie, 2014). Existen intentos de medir el resultado o el impacto de estas consultorías, los cuales se centran principalmente en empresas de países desarrollados y en proyectos que han recibido algún tipo de apoyo estatal, debido a que es más fácil acceder a la información ya que existen mayores incentivos a rendir cuentas públicamente de los resultados de los recursos aplicados. Shapira y Youtie (2014) a partir de un análisis exhaustivo de trabajos sobre el tema en países desarrollados, concluyen que los servicios de asesoramiento sobre tecnología e innovación brindan beneficios positivos para las empresas participantes: reducciones en costos, mejor calidad, menor desperdicio, mejora en las condiciones medioambientales, mayor productividad y desarrollo e innovación de nuevos productos.

En el caso de países en desarrollo es posible encontrar, en su mayoría en forma reciente, evaluaciones de impacto de programas públicos de apoyo a la competitividad en general, y a la innovación en particular (Dini et al., 2005 ; BID, 2015; OIT, 2017). Sin embargo, no es posible encontrar antecedentes en los que se mida la agilidad de las empresas, ni el impacto que la consultoría puede tener en la agilidad de una PyME industrial.

En este contexto se plantea la necesidad de medir los niveles de agilidad organizacional de una firma, con el propósito de evaluar este aspecto crítico de su competitividad. Una de las formas de medir la agilidad que se ha desarrollado en los últimos años es a través de un índice de agilidad industrial. Se trata del resultado de trabajos recientes y escasos, destacándose el modelo de medición de agilidad organizacional desarrollado por Devadasan et. al (2005), el modelo diseñado por Vinodh et al. (2010) así como el modelo de madurez de agilidad diseñado por Stachowiak y Szlapka (2018).

No hay antecedentes de la aplicación de alguno de estos modelos de medición de la agilidad a casos de empresas de Latinoamérica. Existen algunos trabajos que tienen puntos de contacto, como los que analizan y desarrollan formas de medición para la competitividad y la capacidad innovativa de las PyMEs (Bañón & Sánchez, 2008; Robert et al., 2015; Saavedra García et al., 2013; Yoguel & Boscherini, 1998; Yoguel & Moorí 1999), y más recientemente los que analizan la penetración y potencialidades de desarrollo de la industria 4.0 en empresas industriales (Albrieu et al., 2019). Lo que surge en estos estudios es que las debilidades en la competitividad, en la gestión innovativa y en la capacidad para poder ser parte de la revolución de la industria 4.0 están muy extendidas en las PyMEs de la región en general, y en las argentinas en particular. Por lo que es de esperar que la situación en términos de agilidad en las PyMEs de la región presente también muchas debilidades.

En ese mismo sentido, también debemos explorar y entender la relación existente entre el nivel de agilidad industrial y los resultados en el rendimiento de la firma. Si bien existen escasos trabajos que exploran esta relación (Inman et al., 2011; Yauch, 2011), resulta necesario estudiarla considerando las particularidades del índice que se propone en este trabajo para evaluar el nivel de agilidad de empresas industriales en nuestra región.

Por lo tanto, resulta fundamental entender el impacto de los proyectos de consultoría en PyMEs en general, y de proyectos que apuntan a mejorar la agilidad industrial en particular. Para eso es que resulta clave desarrollar un índice que permita evaluar el nivel de agilidad organizacional de las PyMEs industriales de la región y entender su relación con los resultados en los indicadores clave de gestión.

2. Planteamiento del tema

Dado que la agilidad organizacional es un factor clave de la competitividad de las PyMEs industriales, que es necesario entender la relación entre la agilidad de las firmas y su desempeño, que la consultoría se suele presentar como una forma de reducir la brecha de competitividad y que no existen antecedentes de medición de agilidad en PyMEs industriales de la región ni de evaluación de proyectos de mejora, surgen las siguientes preguntas:

- ¿Es posible a partir de un proyecto de consultoría mejorar el nivel de agilidad organizacional?
- ¿De qué forma se puede medir la agilidad de PyMEs industriales en la región?
- ¿Cuál es la relación entre el nivel de agilidad organizacional y los indicadores clave de gestión?

2.1. Objetivos

2.1.1. Objetivo general

Este trabajo tiene como objetivo dar respuesta a las preguntas planteadas a través del diseño de un índice de agilidad industrial y el análisis de su correlación con los resultados de las firmas, a la luz de un estudio de tres casos de PyMEs industriales argentinas.

2.1.2. Objetivos específicos

En particular,

- Se buscará dar cuenta de las características salientes de los proyectos de consultoría llevados adelante, así como de sus resultados en términos de la mejora en la agilidad de

las empresas, lo que se realizará por medio de la utilización del Índice de Madurez de Agilidad Industrial que se medirá en distintas etapas de cada uno de los proyectos;

- Se explorarán los distintos elementos que componen la agilidad industrial, lo que permitirá la priorización de las acciones que deben implementarse para trabajar sobre los factores clave que facilitan el desarrollo de las habilidades y capacidades ágiles de la organización;
- Se analizará la correlación entre el nivel de agilidad industrial de las firmas y los resultados de gestión, de modo que se pueda contar con elementos objetivos que permitan entender las relaciones de costo y beneficio de invertir en el desarrollo de estas capacidades.

2.2. Hipótesis

A continuación, se desarrollan la hipótesis general y las hipótesis específicas.

2.2.1. Hipótesis general

El impacto de los servicios de consultoría en el nivel de agilidad organizacional de las PyMEs industriales de la región puede comprenderse a partir del desarrollo y aplicación de un índice de madurez de agilidad industrial y el análisis de su correlación con indicadores clave de las firmas.

2.2.2. Hipótesis Específicas

- El diseño de un índice que integre los distintos elementos que hacen a la agilidad industrial de PyMEs de la región, facilita a las firmas la priorización de las acciones que deben implementarse para trabajar sobre los factores clave que permiten el desarrollo de las habilidades y capacidades ágiles de la organización;
- Existe una correlación entre los resultados claves de gestión de las firmas y el nivel de agilidad industrial de las firmas medido a través de un índice de madurez de agilidad industrial basado metodológicamente en lógica difusa.

3. Marco teórico

3.1. Concepto de Agilidad Industrial

El concepto de agilidad industrial fue introducido por primera vez en 1991 por un grupo de investigadores del Instituto Iacocca (Nagel, 1992), que la definieron como la habilidad de crecer en entornos competitivos, de cambios continuos e imprevistos y de responder rápidamente a los requerimientos de los clientes o usuarios (Dove, 1993). Por su parte, Goldman (1994) define a la agilidad como una respuesta estratégica integral a los cambios en el sistema de competencia comercial en las economías del primer mundo.

En relación con las habilidades organizacionales, Cho y Jung (1996) afirman que la agilidad es la capacidad de respuesta rápida de la empresa ante los constantes cambios en el mercado. Fliedner (1997) afirma que es la capacidad de producir una amplia gama de productos de alta calidad, bajos costos y con plazos cortos de entrega en diferentes tamaños de lotes y fabricados según las especificaciones de cada cliente.

Por su parte, Gunasekaran (1998) sostiene que es la capacidad de una empresa para sobrevivir y prosperar en un entorno competitivo de cambio continuo e impredecible, reaccionando de manera rápida y eficaz ante los cambios en el mercado, impulsados por

productos y servicios diseñados para satisfacer al cliente. En ese mismo sentido, Zhang & Sharifi (2000) afirman que la agilidad es la capacidad de responder a los cambios del entorno empresarial de manera eficaz y convertirlos en oportunidades. Para Yusuf et al. (1999a) la agilidad es un sistema que combina tecnología flexible, recursos humanos calificados y capacitados, e información compartida. Lee (2002), Ismail y Sharifi (2006), y Gligor et al. (2013), afirman que la agilidad es la capacidad de responder rápidamente a los cambios inesperados en el entorno, tanto en la oferta como en la demanda, articulando de manera ágil las relaciones con el proveedor y con el cliente.

Si bien la agilidad industrial puede ser interpretada como un nuevo paradigma en la forma de organización de los procesos productivos (Srivastava & Agrawal, 2011), se plantean discusiones con respecto a la diferencia entre este concepto y el Sistema de Producción Toyota (TPS, por sus siglas en inglés) (Inman et al., 2011) o la flexibilidad de las líneas de producción (Abdelilah et al., 2018). En ese sentido, Kidd (1995) afirma que la agilidad es la síntesis entre el uso de tecnología y métodos de organización de la producción. Sostiene entonces que la agilidad es compatible con el TPS, los sistemas de planificación, de calidad total, con la reingeniería de procesos, con el empoderamiento de los trabajadores y con las tecnologías aplicadas a la producción. Al respecto, en este trabajo entendemos que la agilidad combina al mismo tiempo prácticas de gestión orientadas a interpretar las expectativas del cliente y a reducir los desperdicios del proceso productivo. De este modo, es apropiado considerar a la agilidad como una evolución del TPS, y a la flexibilidad como un elemento clave de la agilidad industrial.

Con base en la revisión de la literatura, definiremos a la agilidad industrial como el conjunto de capacidades, métodos y prácticas de trabajo que se desarrollan en la cadena de valor de una organización industrial, que requiere del trabajo de equipos multidisciplinarios y auto-organizados que colaboren de manera alineada y estrecha con las partes interesadas del negocio para agregar valor de forma continua para el cliente. Asimismo, la agilidad requiere de la experimentación en ciclos cortos de trabajo, de la gestión de la retroalimentación del cliente y del análisis profundo del mercado para resolver problemas complejos y facilitar la adaptación de la organización a los cambios en el contexto.

3.2. Factores que determinan la necesidad de impulsar la agilidad

En general, la literatura disponible coincide en que los principales factores que impulsan la agilidad industrial son la inestabilidad del mercado causada por la globalización, los cambios en los requerimientos del cliente, el aumento en la complejidad y la disminución de los ciclos de vida del producto y la aparición de mejores prácticas organizativas (Dubey & Gunasekaran, 2015; Kidd, 1995). En particular, Zhang y Sharifi (2000b) afirman que el entorno (el mercado, la competencia, los requerimientos del cliente, la tecnología y los factores sociales), la complejidad de las condiciones externas (características de la red de proveedores) y la complejidad interna de la organización son determinantes para implementar estrategias ágiles de gestión.

Por su parte, Yusuf et al. (1999) identificaron cinco factores: requerimientos de costos o precios, requerimientos de calidad, competencia en el mercado, integración de la cadena de producción, proactividad hacia el cliente y la sinergia de los elementos internos de la organización (tecnología, personas, management, etc.). Sharp et al. (1999), menciona los siguientes: características de los clientes, la diversidad y complejidad de la competencia, la imprevisibilidad de los mercados y las estrategias “make to order”. Por su parte, Tseng y Lin (2011) mencionan los siguientes factores: volatilidad del mercado, características de la

competencia, cambios en los requerimientos del cliente, innovación tecnológica y cambios en los factores sociales. Para Goldman, Nagel y Preiss, (1995) la agilidad se comporta de manera dinámica ante cambios agresivos, orientando la gestión hacia el crecimiento. Según los autores, no se trata de mejorar los niveles de eficiencia o bajar costos, si no de obtener resultados según lo que requieran las características del entorno.

Por lo tanto, la literatura coincide en que existen múltiples factores de contexto y factores internos vinculados a las características de la cadena de valor de la organización que determinan la mayor o menor necesidad de impulsar iniciativas de trabajo orientadas a promover la agilidad organizacional industrial.

3.3.Elementos de la agilidad industrial

Los elementos de la agilidad son los factores que tienen la capacidad de proporcionar, facilitar o mejorar el nivel de agilidad organizacional de la empresa (Potdar et al., 2017), tanto en términos de su estructura como de su infraestructura, con el propósito de identificar los drivers del entorno y responder de manera rápida para conseguir los resultados deseados (Sharp et al., 1999).

La literatura plantea distintos elementos que se configuran como capacidades claves de la agilidad de las organizaciones industriales. Para Kidd (1995) los elementos clave de la agilidad son la flexibilidad y la velocidad de la organización. Por su parte, Goldman et al. (1995) mencionan cuatro elementos: la provisión de soluciones por sobre la sola provisión de productos, la cooperación entre firmas, la organización del cambio, las personas y la información. Zhang & Sharifi (2000) sostienen que es clave la capacidad de la organización de sacar ventaja de los cambios en el contexto, y definieron como capacidades para la agilidad a las siguientes: sensibilidad y responsabilidad (en términos de capacidad de respuesta) hacia el mercado, competencia, flexibilidad, velocidad, organización, tecnología, personas e innovación.

Zhang y Sharifi (2000b) definieron las siguientes: sensibilidad y capacidad de respuesta hacia el mercado, competitividad, flexibilidad, velocidad, organización, tecnología, personas e innovación. Poniendo el foco en la cadena de valor, Christopher (2000) propone cuatro elementos clave: integración de procesos, integración entre los proveedores y la organización, sensibilidad o responsabilidad hacia el mercado y gestión virtual de la información de la cadena de suministros. En ese mismo sentido, Prater et al. (2001) definen como elementos de la agilidad a la capacidad de abastecimiento, a la capacidad de producción y a la capacidad de entrega.

Vázquez-Bustelo et al. (2007) definen una serie de áreas estratégicas a partir de las cuales identifican prácticas o elementos facilitadores para la agilidad organizacional, a saber: gestión estratégica de recursos humanos, tecnología en toda la cadena de valor, gestión integrada de la cadena de suministros, ingeniería concurrente para el desarrollo de productos y procesos, y el conocimiento y entrenamiento de los niveles gerenciales de la organización.

Gunasekaran y Yusuf (2002), proponen como elementos clave a la flexibilidad de la cadena de suministros, la responsabilidad hacia el cliente, la gestión de calidad del producto y la gestión de costos. En un trabajo posterior, Gunasekaran y Dubey (2015) afirman que esos elementos facilitadores pueden identificarse a partir del estudio de cinco dimensiones: la personalización masiva (o *mass customization*), el trabajo en red con la cadena de suministros, la automatización de los procesos de fabricación, el empoderamiento de los empleados y la utilización de la tecnología.

De alguna manera, todos los elementos propuestos son coherentes con los cinco principios de *agile manufacturing* propuestos por el Agility Forum (Kidd, 1995; Nagel, 1992): la mejora en la calidad y servicio al cliente a través de la personalización masiva, la cooperación en toda la empresa para mejorar la competitividad, la organización para dominar el cambio a través de estructuras y sistemas rutinariamente adaptables, y el aprovechamiento de la contribución de las personas, la información y la tecnología para impulsar el conocimiento de la organización.

3.4. Medición de agilidad industrial

Existe en la literatura global, una serie de estudios que tuvieron como objetivo construir un índice o medir el nivel de agilidad industrial de una organización. Kumar y Motwani (1995) fueron los primeros investigadores en trabajar en un índice de agilidad, para el cual utilizaron lógica difusa. Definieron cinco elementos y establecieron ponderaciones relativas para cada uno de ellos.

La siguiente contribución es la de Zhang y Sharifi (2000). En primer lugar, diseñaron un modelo de puntuación para determinar si una empresa debe implementar un programa de agilidad industrial. En segundo lugar, propusieron un índice para medir el nivel de agilidad de la organización, y lo probaron en 12 empresas. También Yang y Li (2002) propusieron un procedimiento para evaluar la agilidad utilizando un enfoque de lógica difusa. Lin et al. (2006) propusieron un índice de agilidad industrial utilizando lógica difusa que es el resultado del promedio ponderado de la evaluación difusa de elementos de la agilidad y sus pesos relativos en relación a las características del tipo de organización analizada.

Sobre la base de una extensa revisión bibliográfica, Devadasan et. al (2005) diseñó un modelo de medición de agilidad organizacional utilizando 20 elementos. Este modelo es el que utilizó luego Vinodh (2010) para la evaluación de una empresa industrial india utilizando lógica difusa. Por su parte, Stachowiak y Szlapka (2018) desarrollaron un modelo de madurez de agilidad que, a través de la combinación de índices, se puede utilizar para evaluar el nivel de madurez ágil de la organización.

Por su parte, Jain et al. (2008) utilizaron el concepto de minería de datos de asociación difusa para determinar las reglas para medir la agilidad de una organización. Tanto Vinodh y Devadasan (2011) como Vinodh y Prasanna (2011) desarrollaron un enfoque difuso multigrado para medir la agilidad y propusieron un índice de agilidad. Con estos trabajos, los autores muestran no sólo el nivel de agilidad, si no los elementos con mayor nivel de debilidad en la organización.

Por su parte, Yauch (2011) propuso la "métrica de rendimiento de agilidad" como medida de agilidad. En este trabajo, el autor propone una metodología simple para medir el nivel de agilidad organizacional. Routroy et al. (2015) trabajaron en la determinación del nivel de agilidad industrial a lo largo de diferentes momentos del tiempo. A partir del análisis de una organización industrial india, este trabajo determina los elementos habilitadores ágiles y los vincula con la performance de la organización a lo largo del tiempo.

Todos los trabajos mencionados apuntan a construir y poner a prueba un índice que integre los elementos que caracterizan a la agilidad industrial según las características de las organizaciones analizadas y el contexto particular en el que se desenvuelven. En la mayoría de los casos se utilizó lógica difusa como metodología para realizar la evaluación de los niveles de agilidad industrial. La lógica difusa será explicada en detalle en el desarrollo metodológico que se propone para este trabajo.

3.5. Relación entre agilidad industrial y performance de la firma

El nivel de éxito de la implementación de iniciativas orientadas a desarrollar prácticas de gestión que promueven la agilidad organizacional puede basarse en la percepción subjetiva de los responsables de la firma, en indicadores objetivos o en ambos. Como se mencionó anteriormente, son escasos los trabajos que buscan mostrar la relación entre el nivel de agilidad industrial y la performance o resultados de la organización analizada.

Con respecto a la utilización de indicadores objetivos, en organizaciones industriales podrían utilizarse medidas que incluyan el costo, la calidad, la velocidad de entrega y la flexibilidad de las líneas de producción, lo suficientemente amplios para que puedan ser aplicados a todo tipo de organización industrial (Klassen & Whybark, 1999; Yauch, 2011).

También existen algunos trabajos que buscan mostrar cómo a través del desarrollo de distintas prácticas de excelencia operacional se puede contribuir a un mejor rendimiento general de la firma (Inman et al., 2011; Macduffie, 1995; Mackelprang & Nair, 2010) y una mejora en términos de su agilidad para atender las particulares situaciones de sus contextos específicos. Schroeder et al. (2002) crearon un índice basado en el costo como porcentaje de ventas, calidad de conformidad, porcentaje de entregas a tiempo, tiempo de ciclo (o tiempo de producción) y flexibilidad basada en la duración del cronograma fijo de producción.

En definitiva, la escasa literatura que relaciona los niveles de madurez ágil de organizaciones industriales con el comportamiento de sus resultados de gestión apunta a definir un set de indicadores que permita visualizar aspectos vinculados a su gestión operativa en piso de planta y el cumplimiento (en términos de calidad y tiempos de entrega) de sus productos al cliente.

4. Metodología

4.1. Selección de los casos

La investigación se trabajó metodológicamente como un estudio de caso. A partir de un acuerdo de trabajo con una empresa argentina especializada en estrategia y procesos, basada en el desarrollo e implementación de metodologías ágiles y lean manufacturing en empresas industriales, se procedió a seleccionar los casos entre proyectos que se iniciaron durante los años 2018 y 2019 y que cumplieran los siguientes criterios:

- Empresas: industriales medianas de sectores tradicionales, consolidadas (más de 40 años de existencia), de capitales argentinos, con su principal base operativa en argentina, y con entre 100 y 250 empleados.
- Proyectos: asesoría y capacitación en metodologías ágiles en el plano estratégico con mandos medios y alta gerencia, y lean manufacturing en planta.

El propósito de establecer este criterio de selección fue el de procurar cierta homogeneización “morfológica” en cuanto al tipo de empresas (sector, tamaño, antigüedad) y proyectos considerados. Como resultado de la implementación de los criterios de selección, se incorporaron tres firmas para formar parte del presente estudio: una firma metalúrgica, una de maquinaria agrícola, y una industria papelera.

4.2. Caracterización de los casos

4.2.1. Compañía metalúrgica

Esta firma, localizada en la Provincia de Buenos Aires, se dedica a la producción de accesorios de cañería de acero de carbono para la industria petrolera. Fundada hace casi 90 años, aún hoy es una empresa familiar con una dotación actual de 250 trabajadores y una producción anual de alrededor 4000 toneladas de accesorios. Cuenta con una planta industrial de 42.000 m².

Hace dos años, la compañía comenzó a competir en el mercado de la región con productos fabricados en China e India. Actualmente, su ventaja competitiva es la proximidad a sus clientes, e identificaron la necesidad de mejorar los tiempos de entrega de sus productos, sin acumular stocks.

4.2.2. Compañía de maquinaria agrícola

Fundada en el año 1952, esta empresa es líder en Argentina en la fabricación de cabezales recolectores para cosecha gruesa. Se encuentra ubicada en la Provincia de Córdoba y cuenta con 100 empleados y una planta de 12.000 m². Tiene una producción de 600 cabezales recolectores, que sirven para cualquier tipo y marca de máquinas cosechadoras.

Si bien tiene un buen nivel de integración tecnológica en su planta, estandarización de procesos y entrenamiento técnico del personal, la empresa no tiene una práctica permanente de gestión a partir del feedback del cliente, por lo que a lo largo del tiempo no hubo mejoras significativas en sus productos.

4.2.3. Compañía Papelera

Esta firma tiene más de 40 años en el mercado, y se dedica a la fabricación de cartulina. Se encuentra ubicada en el sur de la Provincia de Buenos Aires, cuenta con 200 empleados y tiene una capacidad productiva de 100 mil toneladas anuales, de las cuales exporta un 10% y abastece aproximadamente al 60 % del mercado nacional de cartulinas encapadas para envases.

Esta empresa tiene bajos niveles de disponibilidad de equipos y dificultades en la gestión de la cadena de suministros, lo que la coloca en una situación de permanente incertidumbre en cuanto a la calidad y cumplimiento de entrega a sus clientes.

4.3. Diseño conceptual del modelo del Índice de Madurez de Agilidad Industrial

Se diseñó el Índice de Madurez de Agilidad Industrial (IMAI), que utiliza para su evaluación lógica difusa de múltiples grados. Esta teoría permite trabajar de manera sistemática con elementos que no pertenecen de manera absoluta a un conjunto, es decir, conjuntos que no tienen límites perfectamente definidos.

En la visión clásica de la teoría de los conjuntos, un conjunto es una colección de elementos reunidos por propiedades que los caracterizan. En cambio, los conjuntos difusos se basan en la idea de que, dado un conjunto y un elemento, éste puede estar o no en el conjunto. La pertenencia de un elemento a un conjunto difuso es gradual, donde el valor de pertenencia 0 significa que el elemento no pertenece al conjunto y el valor de pertenencia 1 significa que se encuentra totalmente dentro del conjunto. Por lo tanto, un elemento forma parte de un conjunto difuso con un determinado grado de pertenencia.

El IMAI ha sido diseñado considerando 5 elementos y 17 atributos ágiles. Cada atributo fue valorado con arreglo a una escala de 10 posiciones, con valores de 1 a 10, siendo 10 la

posición más próxima al óptimo expresado por la proposición que sirve de base al análisis, y 1 la posición más alejada de dicho óptimo.

Para la definición de los elementos y atributos se ha tomado como referencia el trabajo realizado por Shin et al. (2015), quienes exploraron la relación entre la agilidad como iniciativa estratégica de una organización y su influencia en el desempeño operativo de la empresa. En ese trabajo, los autores desarrollan la conexión teórica entre la agilidad estratégica de pequeñas y medianas empresas coreanas y sus distintas dimensiones subyacentes (capacidad tecnológica, innovación colaborativa, aprendizaje organizacional y alineamiento interno).

También se ha considerado el trabajo realizado por Vinodh et al. (2010), quienes desarrollaron un Índice de Agilidad utilizando un enfoque difuso de múltiples grados integrado en un modelo ágil de 20 criterios. A su vez, los criterios utilizados en ese trabajo se basan en el trabajo realizado por Devadasan et al. (2005).

A partir de esas referencias, el modelo conceptual utilizado en este trabajo es el que se presenta en la Tabla 1, y busca representar una visión holística de la agilidad industrial desde distintas perspectivas.

Se procedió a utilizar el IMAI como parte de las herramientas diagnósticas, midiéndose al inicio del trabajo con cada una de las tres empresas seleccionadas. Luego, la consultora procedió a desarrollar los planes de trabajo, los que apuntaron a mejorar los niveles de agilidad industrial. A continuación, la consultora procedió a implementar los proyectos de mejora en cada una de las empresas. Así, a los meses 6 y 12 de implementación de los proyectos, se midió nuevamente el IMAI en cada firma, con el propósito de tomar nota de su evolución.

Para la evaluación del IMAI, así como para las ponderaciones de cada grado, participó un equipo de cuatro expertos integrantes de la firma consultora y al menos cinco representantes de cada empresa, quienes debían ocupar los niveles de gerencia (o similar) y los puestos que tuvieran la máxima responsabilidad sobre las áreas funcionales de fabricación, gestión de calidad, gestión comercial, ingeniería y recursos humanos.

Tabla 1. Modelo conceptual de evaluación del nivel de madurez de agilidad industrial

Fuente. Elaboración propia.

i	Nivel 1 – Elementos ágiles	Descripción	ii	Nivel 2 - Atributos ágiles
1	Aprendizaje organizacional	El aprendizaje organizacional es la creación, adaptación y despliegue del conocimiento (Dyer & Shafer, 1998). La integración del conocimiento interno (individual y colectivo) con el aprendizaje organizacional mejora la efectividad a través de la mejora basada en la experiencia (Braunscheidel &	11	La empresa ofrece un entorno de trabajo óptimo, pensando en la experiencia de trabajo de sus colaboradores, en el que se pueden difundir las mejores prácticas de gestión e innovar para experimentar y crear prácticas emergentes.
			12	La empresa promueve capacitación interdisciplinaria y

i	Nivel 1 – Elementos ágiles	Descripción	ii	Nivel 2 - Atributos ágiles
		<p>Suresh, 2009).</p> <p>Las organizaciones ágiles confían en sus empleados, y generan las condiciones para la transferencia de conocimientos entre ellos, lo que promueve la creatividad, versatilidad y capacidad de resolución de problemas (Li et al., 2008).</p>		<p>actividad en equipo, para facilitar el desarrollo de equipos integrados por miembros múltiples disciplinas.</p>
			13	<p>La firma comprende y reflexiona sobre la propuesta de valor a sus distintos tipos de clientes, y entrena a su personal para dar respuesta de manera efectiva a sus diferentes requerimientos.</p>
			14	<p>La firma promueve el aprendizaje individual y organizacional, para la correcta adaptación a los cambios en su entorno. Se observa una gestión disciplinada y sistemática para la integración entre ambos tipos de aprendizajes.</p>
2	Innovación colaborativa	<p>La innovación colaborativa se refiere a aquellas actividades orientadas a diseñar e implementar nuevos procesos o para mejorar los existentes (J. Y. Lee et al., 2011) y a diseñar y producir nuevos productos / servicios orientados a servir a las diversas y cambiantes necesidades de los clientes, lo que requiere detección temprana y respuesta rápida (Roberts & Grover, 2012). El nivel de cercanía y comunicación con el cliente, así como la cooperación con el cliente para el diseño de productos y servicios (I. van Hoek et al., 2001) es clave tanto para empresas industriales que proveen a otras firmas como al</p>	21	<p>La firma actualiza el proceso / diseño del producto al investigar las necesidades del cliente en el proceso de desarrollo del producto.</p>
			22	<p>La firma cuenta con instancias de coordinación entre las áreas funcionales desde la etapa de planificación de la producción hasta el feedback del cliente.</p>
			23	<p>La firma colabora de forma sistemática con los clientes para el desarrollo y mejora de los procesos de trabajo.</p>
			24	<p>La firma cuenta con fuentes de información sistematizada para la obtención de datos en tiempo real para obtener el feedback del</p>

i	Nivel 1 – Elementos ágiles	Descripción	ii	Nivel 2 - Atributos ágiles
		consumidor final.		cliente.
3	Capacidad tecnológica	Los procesos de producción aportan flexibilidad para el cambio rápido de productos y procesos, reduciendo costos y tiempo (Ramasesh et al., 2001). La tecnología aporta un valor estratégico ya que mejora la detección temprana tanto de desvíos internos como de cambios externos, así como su capacidad de respuesta (Yusuf et al., 1999).	31	La firma cuenta con sistemas de gestión que facilitan la gestión de producción just in time.
			32	La firma adopta técnicas de producción avanzadas como análisis de valor, ingeniería concurrente y sistemas de diseño modular.
			33	La firma invierte en mejorar los sistemas de producción, información y gestión de inventario.
4	Alineamiento	El alineamiento es el grado en el que las metas, objetivos, necesidades y estructura de una organización son consistentes entre sí (Nadler y Tushman, 1983). Los ajustes internos responden a necesidades del entorno, en el momento y con la velocidad adecuada (Luo & Park, 2001). Esta alineación estratégica requiere la profunda comprensión de las prioridades de la organización, así como la estrecha relación con todos los actores que participan en la cadena de suministros (H. L. Lee, 2004).	41	La firma mantiene alineada las estrategias funcionales y tácticas operativas (despliegue de políticas y objetivos) con la estrategia comercial.
			42	La firma mantiene alineada la estrategia operacional con otras estrategias funcionales, facilitando la integración entre áreas.
			43	La firma mantiene alineadas sus KPIs de resultados y de procesos con el desempeño estratégico organizacional.
5	Capacidad Operativa	La capacidad de respuesta operativa tiene un nivel avanzado de flexibilidad para cumplir con los requisitos del cliente y del mercado (Choi & Krause, 2006). La capacidad de respuesta operativa busca la	51	La línea de producción es altamente flexible, cumpliendo y mejorando los tiempos óptimos de set-up de máquina.
			52	La firma mantiene ciclos cortos en diseño e innovación de

i	Nivel 1 – Elementos ágiles	Descripción	ii	Nivel 2 - Atributos ágiles
		agilidad organizacional a través de la mejora continua en todo su desempeño operativo (Inman et al., 2011).		productos, asegurando el feedback rápido del cliente.
			53	La firma cumple los objetivos de entrega en tiempo y forma de los productos a sus clientes.

4.4. Evaluación difusa de múltiples grados

En este apartado se explicarán los cálculos a partir de los cuales fue construido el Índice de Madurez de Agilidad Industrial (IMAI) de cada compañía analizada, utilizando la evaluación difusa de múltiples grados.

El IMAI está representado por I . Este índice es el resultado de la evaluación del elemento ágil (R) y su peso (W). La suma del peso (W) de los cinco elementos es igual a 1. Por lo tanto,

$$I = R \circ W.$$

El IMAI ha sido dividido en cinco grados: $I = \{10,8,6,4,2\}$. Si el resultado es (8-10) la organización es “extremadamente ágil”, si es (6-8) es “ágil”, si es (4-6) es “algo ágil”, si es (2-4) es “no ágil” y si el resultado es < 2 significa que es “extremadamente no ágil”.

4.4.1. Cálculo del vector de evaluación

Cada elemento y atributo ágil que integra el Índice implica una determinación difusa, cuya evaluación está definida por un vector de cinco grados: $V = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$.

Para la evaluación de cada elemento y atributo se utilizó una escala de 1 a 10. De x_1 a x_5 , el grado se reduce gradualmente. Por ejemplo, en el caso del elemento ágil “innovación colaborativa”, el significado de x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 es “extremadamente innovador”, “innovador”, “algo innovador”, “no innovador” y “extremadamente no innovador”, respectivamente.

4.4.2. Cálculo de la evaluación primaria

A modo de ejemplo, se describe a continuación el cálculo correspondiente al elemento ágil “Aprendizaje organizacional” de la compañía metalúrgica al momento de su medición inicial. Este elemento está representado por I_1 .

Las ponderaciones de cada uno de los atributos del elemento están dadas por:

$$W_1 = [0,3 \ 0,2 \ 0,3 \ 0,2]$$

El vector de evaluación correspondiente al elemento ágil está dado por:

$$R_1 \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 & 7 & 9 \\ 1 & 3 & 5 & 9 & 7 \\ 1 & 3 & 5 & 8 & 7 \\ 2 & 4 & 8 & 6 & 5 \end{bmatrix}$$

Por lo tanto, el índice de agilidad del elemento “Aprendizaje organizacional” de la empresa metalúrgica en su momento inicial es:

$$I_1 = W_1 \circ R_1$$

$$I_1 = [1,2 \ 3,2 \ 5,6 \ 7,5 \ 7,2]$$

4.4.3. Cálculo de la evaluación secundaria

Siguiendo con el caso de la compañía metalúrgica al momento de su medición inicial, el valor integral del IMAI se ha calculado de la manera que se describe a continuación:

Las ponderaciones de la totalidad de los elementos ágiles son:

$$W = [0,3 \ 0,1 \ 0,1 \ 0,2 \ 0,3]$$

El vector de evaluación de la totalidad de los elementos ágiles es:

$$R \begin{bmatrix} 0,36 & 0,96 & 1,68 & 2,25 & 2,16 \\ 0,18 & 0,36 & 0,60 & 0,74 & 0,61 \\ 0,13 & 0,30 & 0,47 & 0,73 & 0,81 \\ 0,32 & 0,72 & 1,24 & 1,66 & 1,46 \\ 0,30 & 0,60 & 1,14 & 1,92 & 2,70 \end{bmatrix}$$

Por lo tanto, el IMAI de la compañía metalúrgica al momento de la medición inicial es:

$$I = W \circ R$$

$$I = [1,29 \ 2,94 \ 5,13 \ 7,30 \ 7,74]$$

Finalmente, ponderando la evaluación según sea “extremadamente ágil” (0,9), “ágil” (0,7), “algo ágil” (0,5), “no ágil” (0,3) y “extremadamente no ágil” (0,1), se promedian los valores y se obtiene el IMAI de la compañía metalúrgica al momento de la medición inicial:

$$I = [1,16 \ 2,06 \ 2,57 \ 2,19 \ 0,77]$$

$$I = 1,75$$

Este Índice está dentro del rango < 2 , por lo tanto, la compañía al momento de la evaluación inicial era “extremadamente no ágil”.

4.5. Método de evaluación

En cada uno de los casos analizados se conformó un equipo de trabajo integrado por al menos 5 personas de la compañía. Estos equipos, debían reunir dos condiciones:

- La primera, es que debían ser personas que ocuparan cargos o posiciones en la compañía con alto nivel en la toma de decisión y un conocimiento amplio del funcionamiento de sus procesos, de los equipos de trabajo y de los requerimientos de sus clientes.

- La segunda, es que esas personas debían formar parte de las áreas encargadas de fabricación, gestión comercial, calidad, ingeniería y recursos humanos.

La firma consultora colaboró en la definición de los integrantes de los equipos de evaluación para asegurar el cumplimiento de las condiciones definidas y, en los distintos momentos del tiempo en los que se evaluó el IMAI, asistió técnicamente para la correcta interpretación de la evaluación de cada atributo y elemento ágil del índice.

El equipo de la firma consultora que intervino en los tres proyectos se encontraba conformado por 4 profesionales con las siguientes especializaciones: logística, gestión del mantenimiento, gestión en piso de planta y gestión de calidad. Cada uno de los proyectos requirió una carga horaria de unas 600 a 800 horas a lo largo del año de trabajo.

Cada reunión del equipo de evaluación del IMAI tuvo una duración aproximada de dos horas. En particular, la reunión inicial tuvo como propósito acordar el peso relativo que tiene cada elemento y atributo ágil en función de las características propias de cada firma. Fue un espacio de trabajo que facilitó la interpretación y reflexión de los integrantes del equipo de evaluación acerca de la importancia del concepto de agilidad industrial en el contexto actual, y en particular en el contexto de la firma.

En cada reunión se les hizo entrega de un formulario que le permitía a cada uno de los integrantes completar su evaluación de los atributos y elementos ágiles. Una vez que se hacía esa evaluación en el formulario de manera individual, el equipo acordaba en conjunto el resultado de la evaluación de cada uno de los atributos. De los acuerdos arribados en esas reuniones se obtuvieron los resultados que se muestran en los siguientes apartados.

Asimismo, cada una de las firmas evaluó en el mismo período de tiempo el OTIF. La explicación de este indicador fue objeto de capacitaciones específicas en cada una de las compañías y la firma consultora los asistió en su correcta implementación. La firma consultora se aseguró también de verificar el correcto cálculo del mismo y la homogeneidad en los criterios para su utilización entre las tres firmas. La correlación entre el OTIF y el IMAI en los distintos momentos del tiempo será analizada en el presente trabajo.

4.6. Análisis de correlación del IMAI con la performance de las empresas

Finalmente se procedió a realizar el análisis de correlación entre la evolución del IMAI en los tres momentos de tiempo (al inicio, a los seis meses y a los doce meses) y la evolución de un indicador de resultado clave de las firmas durante el mismo período.

En todos los casos, se analizará un indicador que llamaremos OTIF (que son las iniciales de las palabras en inglés On Time In Full). Este indicador representa la capacidad de entregar bienes y servicios en la cantidad, calidad y en los momentos específicos esperados por los clientes, y es un indicador que muestra el desempeño de la firma frente a los requerimientos de su mercado (Bowersox et al., 2000).

Este indicador se calcula como un porcentaje de los despachos de los pedidos realizados por el cliente que llegan a tiempo (on time) con el producto en la cantidad y calidad solicitados por el cliente (in full). Por lo tanto,

$$OTIF = \frac{\text{entregas que llegan a tiempo, en la cantidad y calidad esperadas}}{\text{número total de entregas}}$$

5. Hallazgos

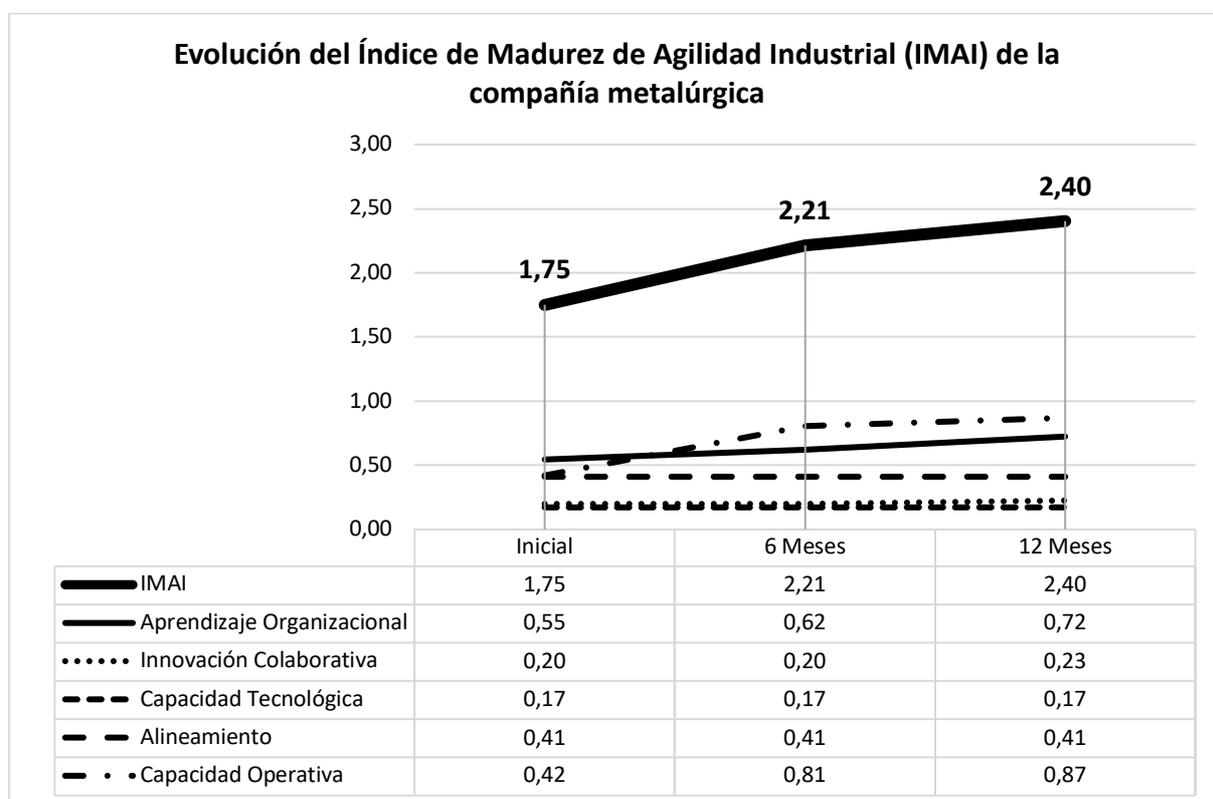
5.1.Resultados generales y específicos por empresa

En los siguientes apartados se presentan los resultados obtenidos en las mediciones iniciales y a los 6 y 12 meses de iniciados los proyectos de consultoría en las 3 empresas analizadas. También se describen las acciones implementadas por la firma consultora en el marco de cada uno de los proyectos de mejora.

5.1.1. Compañía metalúrgica

Se presentan a continuación los resultados de la medición del IMAI obtenidos en la medición inicial y a los 6 y 12 meses de iniciado el proyecto en la compañía metalúrgica.

Gráfico 1. Evolución del Índice de Madurez de Agilidad Industrial (IMAI) de la compañía metalúrgica



Se observa un crecimiento del 37% del IMAI, lo que implica un cambio en su categoría de “extremadamente no ágil” a “no ágil”. En particular, podemos notar que el elemento que explica ese crecimiento es el de Capacidad Operativa.

Las acciones de la consultora de servicios estuvieron orientadas, en primer lugar, a segmentar al conjunto de trabajadores con el propósito de identificar las características particulares de cada grupo en relación con: expectativas, conocimientos, habilidades, niveles de ausentismo, condiciones y medio ambiente de trabajo. A partir de allí, se inició un proceso de mejora de los espacios de trabajo utilizando el concepto de 5S, donde representantes de cada uno de esos segmentos o grupos tuvieron diferentes roles según sus expectativas y posibilidades. De esta manera, en un período de 3 meses, se comenzó a trabajar en la gestión de movimiento de materiales para visualizar los desperdicios vinculados especialmente con

demoras y movimientos innecesarios. A partir del sexto mes se conformaron dos equipos funcionales cruzados (CFT, por sus iniciales en inglés), que trabajaron sobre dos iniciativas estratégicas de la empresa:

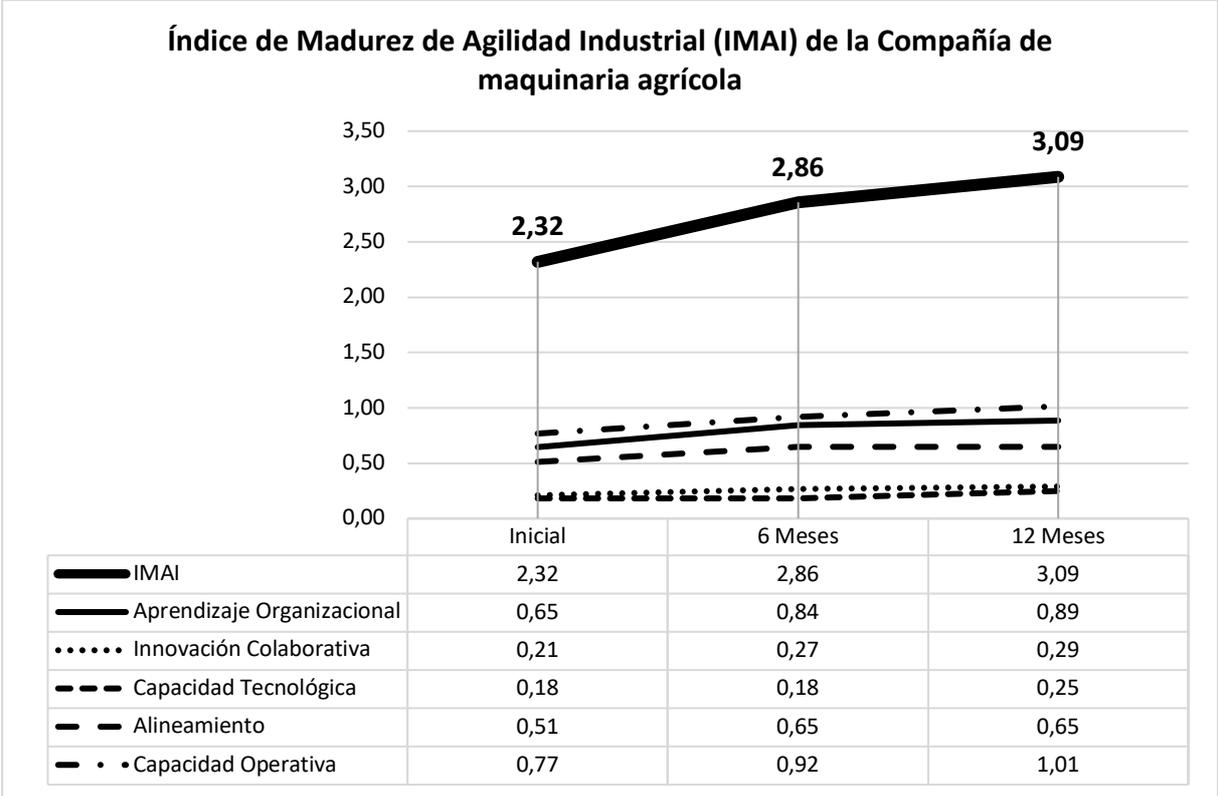
- Un equipo integrado por distintos tipos de especialistas y de diferentes áreas funcionales, cuyo objetivo fue reducir los tiempos de set up de aquellas máquinas que, por criticidad, estaban primeras en el orden de prioridades. Este equipo le dedicaba un 50% de su tiempo de trabajo a esta actividad, y el resto lo ocupaba en sus tareas habituales.
- Un equipo integrado por especialistas del área de ingeniería y analistas de gestión comercial, con el propósito de generar iniciativas orientadas a mejorar la calidad de servicio post-venta a sus clientes.

Cabe destacar que la incorporación de buenas prácticas orientadas a fortalecer la “Capacidad Operativa” impactaron también, aunque en menor medida, en el “Aprendizaje Organizacional”. Si bien el resultado luego de doce meses de trabajo deja a la empresa en el nivel denominado “no ágil”, y habiendo mejorado los indicadores clave con sus clientes actuales, se espera seguir avanzando en términos de entendimiento del mercado y la propuesta de valor de la compañía hacia sus clientes, así como en la incorporación de nueva tecnología vinculada a las tecnologías de la información y la comunicación.

5.1.2. Compañía de maquinaria agrícola

Se presentan a continuación los resultados de la medición del IMAI obtenidos en la medición inicial y a los 6 y 12 meses de iniciado el proyecto en la compañía de maquinaria agrícola.

Gráfico 2. Evolución del Índice de Madurez de Agilidad Industrial (IMAI) de la compañía de maquinaria agrícola



Si bien al final de los primeros doce meses de trabajo la compañía se mantuvo en el nivel denominado “no ágil”, se observa un crecimiento del 33% en su IMAI. A diferencia del caso anterior, la intervención estuvo orientada a trabajar en aspectos vinculados a Aprendizaje Organizacional, Capacidad Operativa y Alineamiento.

En primer lugar, se hizo un análisis de los principales segmentos de clientes de su mercado objetivo, para comprender las distintas propuestas de valor orientadas a satisfacer sus necesidades específicas, así como las actividades necesarias para llevarlas adelante y demás aspectos vinculados al modelo de negocio.

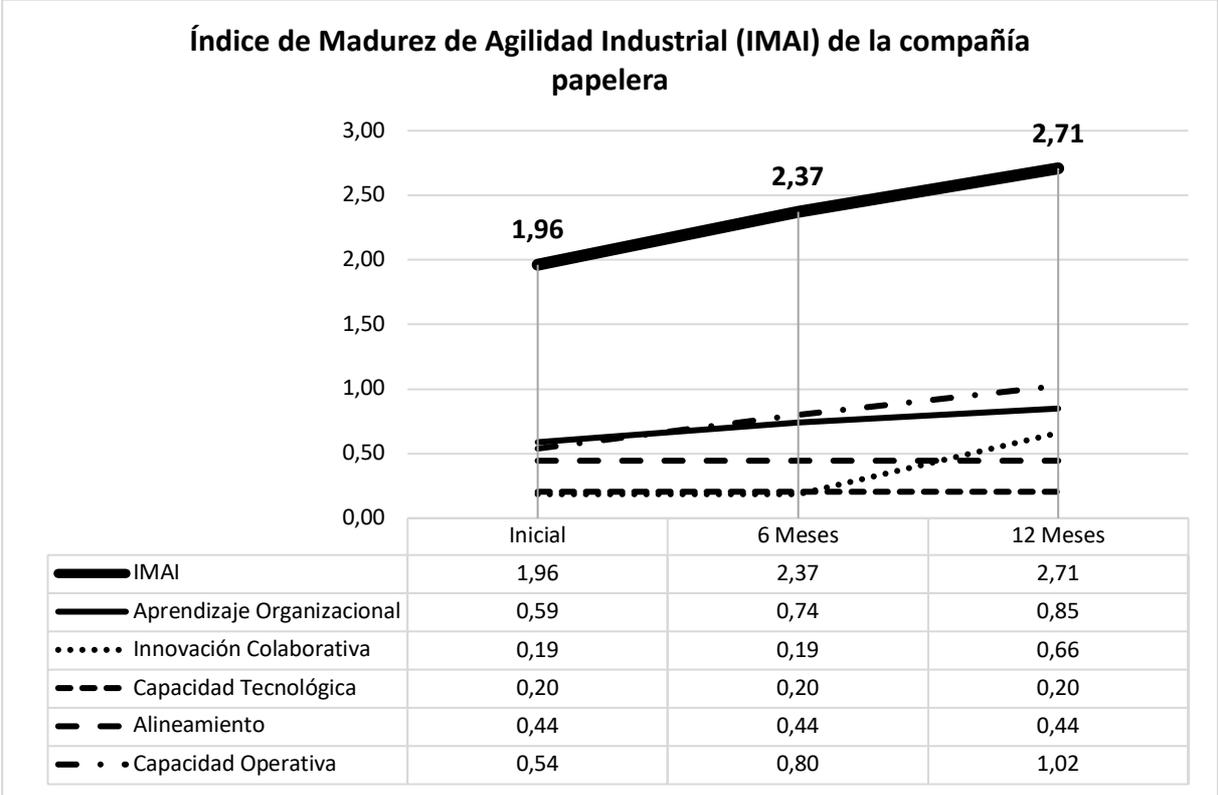
Fue a partir de ese análisis que se identificaron grandes oportunidades de mejora que ni la compañía ni su propia competencia estaba satisfaciendo. De esta manera, se comenzó a trabajar fuertemente con sus distintos proveedores para el desarrollo de dos nuevos dispositivos e internamente con dos CFTs orientados a mejorar el proceso de gestión de calidad y a crear una nueva propuesta de servicio al cliente.

Estas acciones fueron acompañadas también por el trabajo en un programa de desarrollo del nivel directivo y gerencial de la compañía, con el propósito de sentar las bases para la co-construcción de nuevos esquemas de organización que favorezcan la relación entre áreas funcionales y la gestión de la cadena de suministros.

5.1.3. Compañía Papelera

Se presentan a continuación los resultados de la medición del IMAI obtenidos en la medición inicial y a los 6 y 12 meses de iniciado el proyecto en la compañía papelera.

Gráfico 3. Evolución del Índice de Madurez de Agilidad Industrial (IMAI) de la compañía papelera



La mejora del 38% del IMFA se explica por el desarrollo de distintas iniciativas que trabajaron en paralelo con 3 elementos, a saber: Capacidad Operativa, Aprendizaje Organizacional e Innovación Colaborativa.

La mejora en la Capacidad Operativa se explicó especialmente por la reducción de los lotes de producción a través de la incorporación de metodologías de trabajo basadas en el lean manufacturing o sistema de producción Toyota.

Por otro lado, se desarrollaron acciones tendientes a fortalecer la comunicación y el feedback del cliente, así como un trabajo coordinado con sus proveedores para mejorar sus costos operativos y optimizar los tiempos de set-up de máquina, lo que favoreció la reducción de los lotes de producción y, por lo tanto, de la flexibilidad de la planta.

La replicación de las buenas prácticas al interior de la compañía, así como el desarrollo de sus mandos medios y gerentes favoreció la incorporación de nuevos estilos de gestión que promovieron el aprendizaje individual y colectivo.

5.2.Relación con OTIF

Con el propósito de analizar la relación entre el resultado arrojado por el IMAI en los primeros doce meses de intervención y el comportamiento del indicador OTIF, se muestra a continuación el resultado del coeficiente de correlación ρ entre ambos. El coeficiente de correlación ρ es igual a la covarianza entre las variables IMAI (x) y OTIF (y) dividido por la desviación estándar de ambas variables multiplicadas:

$$\rho = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}}$$

El coeficiente de correlación lineal puede tomar valores que van de -1 a 1. Cuando toma el valor -1 se puede decir que hay una asociación lineal perfecta negativa. En tanto que cuando toma el valor 1 se puede decir que hay una asociación lineal perfecta positiva. Si toma el valor 0 se puede decir que no hay asociación lineal o que la asociación es nula. Cuando el coeficiente de correlación es mayor a $\pm 0,90$, podemos decir que la intensidad es muy fuerte o perfecta. Cuando es mayor a $\pm 0,80$ y menor a $\pm 0,90$ la intensidad es fuerte. A medida que el valor se acerca a 0 el nivel de intensidad de la correlación entre las variables se irá reduciendo.

También se mostrará el resultado que arroja el coeficiente de correlación ρ_i entre el indicador OTIF y cada uno de los cinco elementos que forman parte del Modelo conceptual de evaluación del nivel de madurez de agilidad industrial. Esto permitirá identificar si existe alguno de los elementos que tiene un nivel de relación más fuerte con el OTIF que otros. En este punto, corresponde señalar que el OTIF es un indicador que, según las buenas prácticas, tiene una frecuencia de medición a lo sumo mensual (en algunas firmas la medición es diaria o incluso hora a hora).

En este caso, y sólo a los efectos del análisis, más allá de la frecuencia habitual de medición con la que se realiza en cada compañía, sólo se consideró el resultado de su medición en el mismo mes en el que se realizó la medición del IMAI. De esta forma, sólo se observará la correlación en tres momentos del tiempo. Si bien el volumen de datos analizados puede ser insuficiente para obtener conclusiones contundentes acerca de la correlación entre el IMAI y el OTIFI, se analizará a la luz de cada caso las posibles implicancias de cada uno de los resultados obtenidos. Se considerará especialmente el alcance de la intervención de cada uno de los proyectos de consultoría desarrollados.

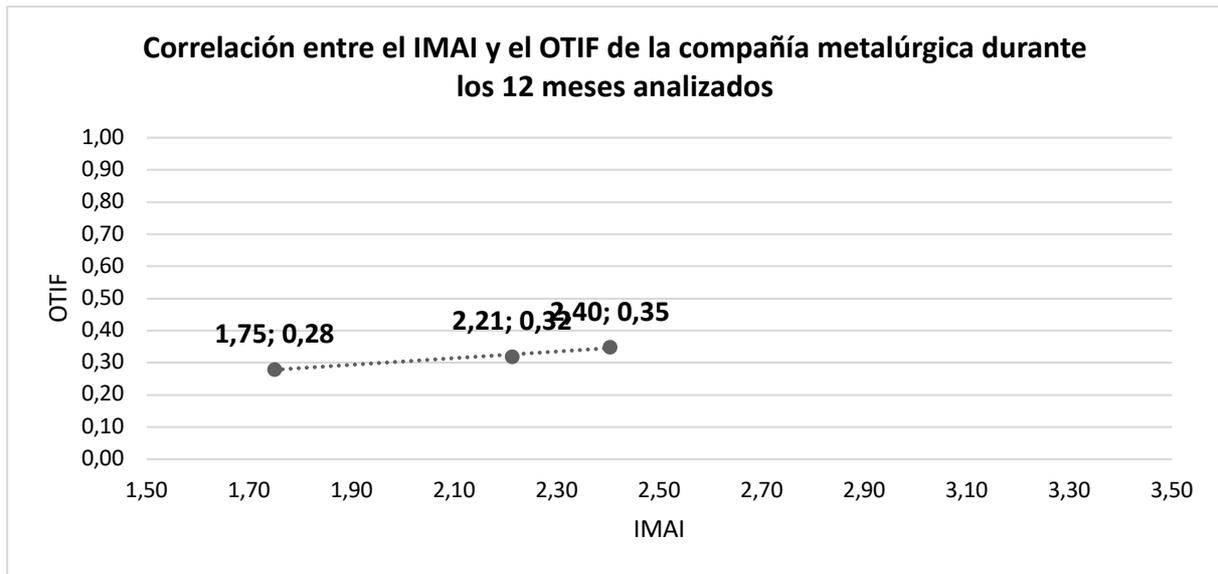
5.2.1. Compañía metalúrgica

La correlación el IMAI y del OTIF en los doce meses analizados es el siguiente:

$$\rho_{\text{compañía metalúrgica}} = 0,99$$

Gráficamente,

Gráfico 4. Correlación entre el IMAI y el OTIF de la compañía metalúrgica durante los 12 meses analizados



Por su parte, la correlación entre cada uno de los elementos del IMAI y del OTIF en los doce meses analizados es el siguiente:

$$\rho_{\text{aprendizaje organizacional}} = 0,99$$

$$\rho_{\text{innovación colaborativa}} = 0,99$$

$$\rho_{\text{capacidad tecnológica}} = \text{nula}$$

$$\rho_{\text{alineamiento}} = \text{nula}$$

$$\rho_{\text{capacidad operativa}} = 0,95$$

Según los datos analizados, se observa una muy fuerte correlación entre el IMAI y el OTIF de la compañía metalúrgica. Ese nivel de intensidad en la correlación se mantiene en los elementos del IMAI que presentaron modificaciones durante los meses analizados.

Al respecto, puede afirmarse que el fuerte impacto en la performance operativa de la firma a partir del trabajo de consultoría implementado generó las condiciones necesarias para la mejora en el OTIF. Asimismo, la construcción de aprendizajes colectivos y de procesos de innovación interdepartamentales dentro de la empresa fortalecieron la comprensión y el involucramiento de los equipos de trabajo en pos del cumplimiento de los objetivos de entrega en tiempo y forma al cliente. Finalmente, se señala que la nula correlación de los elementos *capacidad tecnológica* y *alineamiento* responden a que ambos elementos no presentaron modificación durante el período analizado.

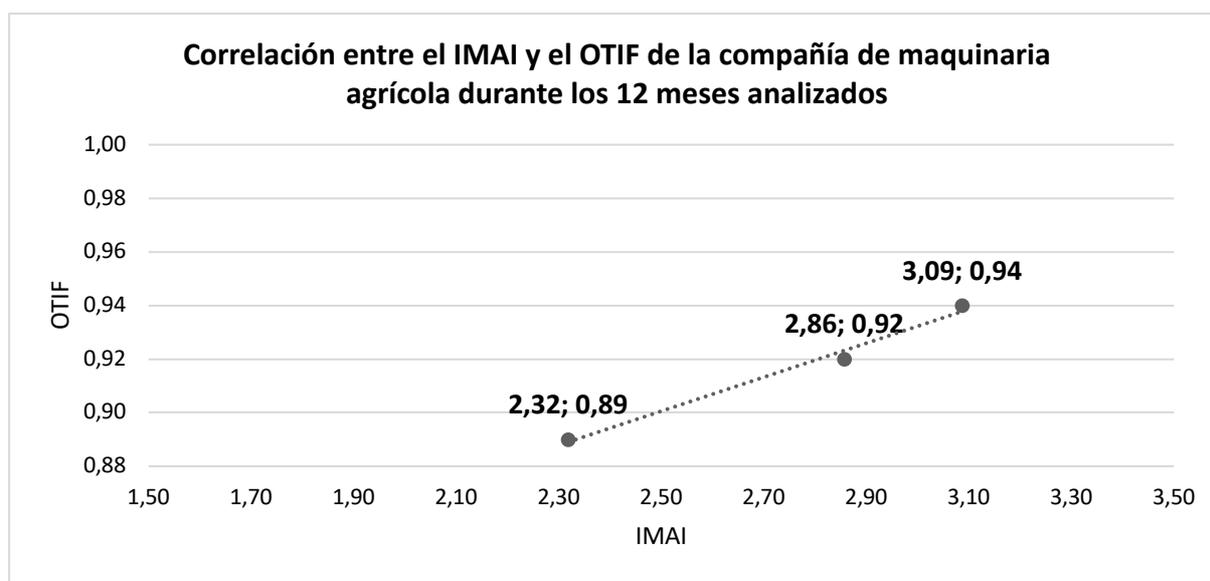
5.2.2. Compañía de maquinaria agrícola

La correlación el IMAI y del OTIF en los doce meses analizados es el siguiente:

$$\rho_{\text{compañía de maquinaria agrícola}} = 0,99$$

Gráficamente,

Gráfico 6. Correlación entre el IMAI y el OTIF de la compañía papelera durante los 12 meses analizados



Por su parte, la correlación entre cada uno de los elementos del IMAI y del OTIF en los doce meses analizados es el siguiente:

$$\rho_{\text{aprendizaje organizacional}} = 0,97$$

$$\rho_{\text{innovación colaborativa}} = 0,99$$

$$\rho_{\text{capacidad tecnológica}} = 0,80$$

$$\rho_{\text{alineamiento}} = 0,92$$

$$\rho_{\text{capacidad operativa}} = 1$$

Según los datos analizados, se observa una muy fuerte correlación entre el IMAI y el OTIF de la compañía de maquinaria agrícola. Ese nivel de intensidad en la correlación se mantiene en los elementos del IMAI que presentaron modificaciones durante los meses analizados, excepto en el caso del elemento *capacidad tecnológica*, donde la correlación es menos intensa.

Al respecto, puede afirmarse que la combinación de distintas líneas de trabajo en el marco del proyecto de consultoría contribuyó de manera significativa en la mejora de los resultados del OTIF. A través de diversas iniciativas de trabajo que involucraron a amplios equipos de trabajo de la estructura organizacional de la empresa, se generaron las condiciones necesarias para la mejora del cumplimiento en tiempo y forma de los requerimientos de sus clientes.

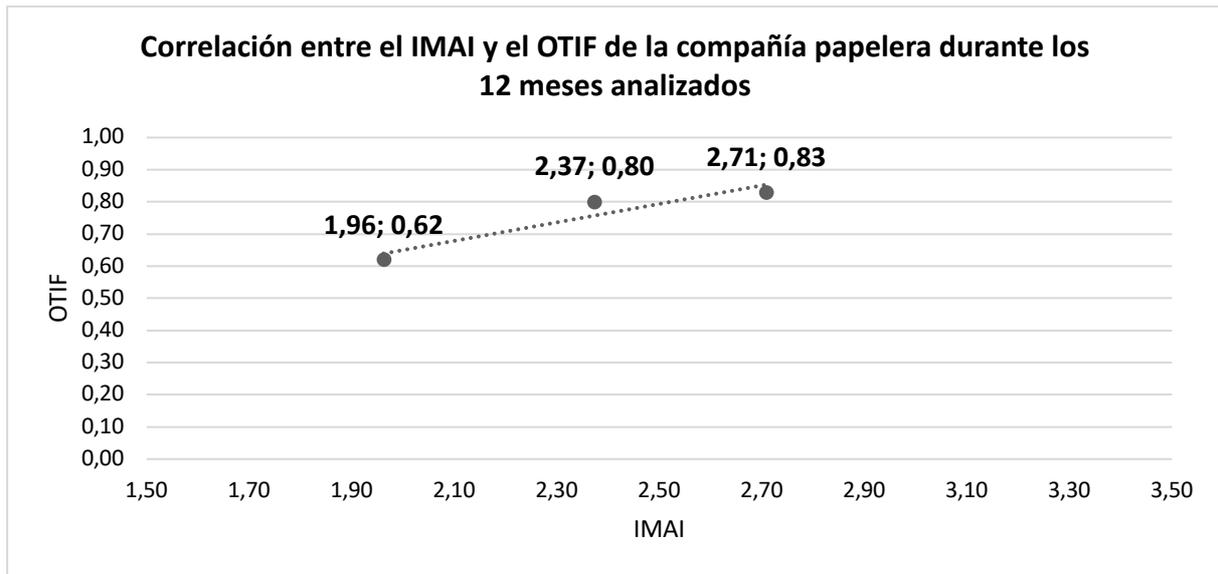
5.2.3. Compañía papelera

La correlación el IMAI y del OTIF en los doce meses analizados es el siguiente:

$$\rho_{\text{compañía de papelera}} = 0,95$$

Gráficamente,

Gráfico 6. Correlación entre el IMAI y el OTIF de la compañía papelera durante los 12 meses analizados



Por su parte, la correlación entre cada uno de los elementos del IMAI y del OTIF en los doce meses analizados es el siguiente:

$$\rho_{\text{aprendizaje organizacional}} = 0,96$$

$$\rho_{\text{innovación colaborativa}} = \text{nula}$$

$$\rho_{\text{capacidad tecnológica}} = \text{nula}$$

$$\rho_{\text{alineamiento}} = \text{nula}$$

$$\rho_{\text{capacidad operativa}} = 0,94$$

Según los datos analizados, se observa una muy fuerte correlación entre el IMAI y el OTIF de la compañía papelera. Ese nivel de intensidad en la correlación se mantiene en los elementos del IMAI que presentaron modificaciones durante los meses analizados.

Al respecto, puede afirmarse que el proyecto desarrollado por la firma consultora generó un fuerte impacto en la performance operativa de la firma. Asimismo, el desarrollo de competencias técnicas y habilidades de gestión tanto en los mandos medios y como en los cargos gerenciales y directivos de la misma generaron condiciones favorables el entendimiento e involucramiento con las necesidades específicas de sus clientes, lo que redundó en una mejora en el resultado del OTIF. Finalmente, se señala que la nula correlación de los elementos *innovación*, *colaborativa*, *capacidad tecnológica* y *alineamiento* responden a que ambos elementos no presentaron modificación durante el período analizado.

5.3. Discusión

Este trabajo muestra los resultados de la implementación de tres proyectos de mejora en base a metodologías ágiles y lean manufacturing, en tres empresas manufactureras medianas de sectores tradicionales de Argentina, luego de un año de transcurrido el inicio de cada proyecto. Los resultados se muestran principalmente a partir de la medición del índice de madurez ágil industrial (IMAI) al inicio de los proyectos en cada una de las empresas y el estado de situación del índice a los seis meses y doce meses de iniciado el proyecto.

Al inicio del proyecto, la totalidad de las empresas analizadas mostraba un nivel de agilidad relativamente bajo. Una de ellas estaba en la categoría “No ágil”, mientras las otras dos estaban en la categoría más baja de todas, la "Extremadamente no ágil". El valor del índice fue discutido con directivos y gerentes de las tres compañías, y aceptado en lo general y en lo específico.

A partir de este estudio, las empresas iniciaron un proceso de transformación de su modelo de negocios basado en los siguientes pilares: 1-Rediseño de la propuesta de valor que ofrecen a sus distintos segmentos de mercado, con foco en la introducción de procesos orientados a la *servificación*; 2-Configuración de una estructura organizacional más ágil, que integre distintos equipos funcionales de manera cruzada, integrando distintas disciplinas con foco en el cliente y un esquema de priorización; 3-Flexibilización de las líneas de producción a través de prácticas de gestión del lean management, para la reducción de sus lotes de producción para reducir costos operativos.

A los seis meses de iniciados los Proyectos, las tres empresas mostraron mejoras en el índice. Pero los elementos específicos y el impacto de esas mejoras muestran diferencias entre los tres casos. Esas diferencias se pueden vincular fundamentalmente a dos elementos preexistentes que caracterizaban a las capacidades de las empresas al inicio de los proyectos: las características de la tecnología (nivel de antigüedad, de automatización) y del personal (nivel de formación, experiencia, y característica de los procesos internos de entrenamiento).

Se midió el índice nuevamente a los doce meses de proyecto. En estos casos también se observa una mejora en el índice, en esta oportunidad explicada fundamentalmente por mejoras en los elementos vinculados al aprendizaje organizacional, a la capacidad operativa y a la innovación colaborativa que se puede asociar a mejoras producto del propio proyecto de consultoría implementado. Sin embargo, la velocidad en el incremento de las mejoras medidas por el índice en todos los casos se reduce significativamente respecto del primer semestre de proyecto, es decir, sigue mejorando, pero a un ritmo más lento. Esto es esperable y está en línea con otras experiencias: las mejoras iniciales suelen ser las más “fáciles” y de mayor impacto relativo de corto plazo.

6. Conclusiones

La primera conclusión que se obtiene es que existen espacios para la mejora en la gestión de empresas industriales en Argentina a partir de la provisión de servicios de alto valor agregado vinculados con asistencia técnica y capacitación en metodologías ágiles y en lean manufacturing. Si bien, a priori, cualquier empresa podría sacar provecho de este tipo de servicios, en los casos analizados han sido las que tienen una mejor situación organizacional, tecnológica y de competencias en sus recursos humanos quienes parecen estar en mejor condición para sacarles el mayor provecho en el corto plazo.

Como corolario a este punto se puede resaltar que si se considera el desarrollo de la Industria 4.0 como el punto más avanzado en la evolución organizacional, existen una serie de capacidades previas que una parte importante de las empresas de nuestra región debería incorporar previamente, o concomitantemente a la implementación de un sistema 4.0, para mejorar las probabilidades de éxito como un sistema de gestión que incorpore la medición como pilar y recursos humanos capacitados.

Por otro lado, una conclusión destacable es que a medida que transcurre un mayor tiempo de implementación de los proyectos, en los casos analizados, las empresas con menores capacidades han podido superar en cierto modo los limitantes iniciales, provocando un impacto significativo en la mejora de su índice de madurez ágil industrial. Esto pone el foco en que la implementación de proyectos de este tipo sostenidos en el tiempo parece tener más posibilidades de éxito, lo que contribuye a su sustentabilidad y la potencialidad de la política pública que busque fomentarlos.

En cualquier caso, se requiere de indicadores objetivos para medir la agilidad de las firmas, siendo que los índices más utilizados en la bibliografía internacional parecen adaptarse adecuadamente a las empresas industriales de la región. Los resultados del índice de agilidad pueden definir la situación relativa de cada empresa con respecto a otras similares. Y el uso de un índice de manera regular puede permitir evaluar de manera periódica su nivel de agilidad organizacional, identificando también el estado de situación específico de cada uno de los elementos, lo que permite priorizar iniciativas de gestión orientadas a atender sus principales restricciones en su cadena de valor.

Como trabajo hacia adelante queda pendiente analizar la evaluación de los índices una vez que los trabajos de consultoría se concluyan. Este es un punto importante, ya que existe evidencia de que puede haber una reversión parcial o total de las mejoras una vez que el equipo de apoyo se retira de la compañía si estas no fueron adecuadamente internalizadas. Asimismo, una línea de investigación pertinente es cómo el Estado puede promover este tipo de iniciativas, y cuáles son las limitaciones a los programas de apoyo a la competitividad actualmente existentes teniendo en cuenta que en estos casos en particular no fue utilizado ningún subsidio o programa de competitividad para facilitar la implementación de los proyectos de mejora.

7. Referencias bibliográficas

- Abdelilah, B., El Korchi, A. and Balambo, M.A. (2018), "Flexibility and agility: evolution and relationship", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 29 No. 7, pp. 1138-1162.
- Albrieu, R., Basco, A. I., Brest López, C., De Azevedo, B., Peirano, F., Rapetti, M., & Vienni, G. (2019). *Travesía 4.0: Hacia la transformación industrial argentina*. Inter-American Development Bank.
- Rubio Bañón, Alicia & Sánchez, Antonio. (2008). Recursos estratégicos en las PYMEs. *Revista europea de dirección y economía de la empresa*, ISSN 1019-6838, Vol. 17, N° 1, 2008, pags. 103-126. 17.
- Bennett, Robert. (2008). SME Policy Support in Britain Since the 1990s: What Have We Learnt?. *Environment and Planning C: Government and Policy*. 26. 375-397.
- BID (2015) Evaluación del Impacto de Programas de Desarrollo Productivo a Nivel Empresarial en Brasil. Documento de Enfoque. Oficina de Evaluación y Supervisión, BID
- Bowersox, D.J. & Closs, D.J. & Stank, T.P. & Keller, Scott. (2000). How supply chain competency leads to business success. *Supply Chain Management Review*. 4. 70-78.
- Braunscheidel, M. J., & Suresh, N. C. (2009). The organizational antecedents of a firm's supply chain agility for risk mitigation and response. *Journal of Operations Management*, 27(2), 119-140.
- Cho, H., & Jung, M. (1996). Enabling technologies of agile manufacturing and its related activities in Korea, *Computers & Industrial Engineering*, Volume 30, Issue 3, Pages 323-334. 12.
- Choi, T. Y., & Krause, D. R. (2006). The supply base and its complexity: Implications for transaction costs, risks, responsiveness, and innovation. *Journal of Operations Management*, 24(5), 637-652.
- Christopher, M. (2000). The Agile Supply Chain: Competing in Volatile Markets, *Industrial Marketing Management*, Volume 29, Issue 1, Pages 37-44.
- Devadasan, S. R., Goshteeswaran, S., & Gokulachandran, J. (2005). Design for quality in agile manufacturing environment through modified orthogonal array-based experimentation. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 16(6), 576-597.
- Dini, M., Stumpo, G., & Vergara, S. (2005). El aporte de FUNDES a las pymes en América Latina: una evaluación de impacto. *Fundación para el Desarrollo Sostenible en América Latina. Serie Documentos de Proyectos*.
- Dove. (1993). *Defense Manufacturing Conference '93*, San Francisco, CA, November 29 - December 2, 1993. 20.
- Dubey, R., & Gunasekaran, A. (2015). Agile manufacturing: framework and its empirical validation. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 76(9-12), 2147-2157.

- Dyer, L. & Shafer, R. A. (1998). From human resource strategy to organizational effectiveness: Lessons from research on organizational agility (CAHRS Working Paper #98-12). Ithaca, NY: Cornell University, School of Industrial and Labor Relations, Center for Advanced Human Resource Studies.
- Espino-Rodríguez, T. F., & Padrón-Robaina, V. (2004). Outsourcing and its impact on operational objectives and performance: a study of hotels in the Canary Islands. *International Journal of Hospitality Management*, 23(3), 287-306.
- Fliedner, Gene. (1997). Agility: Competitive Weapon of the 1990s and Beyond? *Production and Inventory Management Journal*, 38, 19-24.
- García-Teruel, P. J., & Martínez-Solano, P. (2010). Determinants of trade credit: A comparative study of European SMEs. *International Small Business Journal: Researching Entrepreneurship*, 28(3), 215-233.
- Gligor, D. M., Holcomb, M. C., & Stank, T. P. (2013). A Multidisciplinary Approach to Supply Chain Agility: Conceptualization and Scale Development. *Journal of Business Logistics*, 34(2), 94-108.
- Goldman. (1994). 'An agility primer', Agility Report, Agile Manufacturing Enterprise Forum, November, pp.1-4.
- Goldman, S.L., Nagel, R.N. and Preiss, K. (1995). *Agile Competitors and Virtual Organizations: Strategies for Enriching the Customer*, Van Nostrand Reinhold, New York, NY.
- Gunasekaran, A. (1998). Agile manufacturing: Enablers and an implementation framework. *International Journal of Production Research*, 36(5), 1223-1247.
- Gunasekaran, A., & Yusuf, Y. Y. (2002). Agile manufacturing: A taxonomy of strategic and technological imperatives. *International Journal of Production Research*, 40(6), 1357-1385.
- I. van Hoek, R., Harrison, A., & Christopher, M. (2001). Measuring agile capabilities in the supply chain. *International Journal of Operations & Production Management*, 21(1/2), 126-148.
- Inman, R. A., Sale, R. S., Green, K. W., & Whitten, D. (2011). Agile manufacturing: Relation to JIT, operational performance and firm performance. *Journal of Operations Management*, 29(4), 343-355.
- Ismail, H. S., & Sharifi, H. (2006). A balanced approach to building agile supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 36(6), 431-444.
- Kidd, P. (1995). Agile manufacturing: Forging new frontiers, Addison Wesley Ltd. *International Journal of Human Factors in Manufacturing*, 5(3), 343-343.
- Klassen, R., & Whybark, D. (1999). The Impact of Environmental Technologies on Manufacturing Performance. *The Academy of Management Journal*, 42(6), 599-615
- Lee, Hau. (2002). Aligning Supply Chain Strategies With Product Uncertainties. *California Management Review*. 44. 105-119.
- Lee, Hau. (2004). The Triple-A Supply Chain. *Harvard business review*. 82. 102-12, 157.
- Lee, J. Y., Swink, M., & Pandejpong, T. (2011). The Roles of Worker Expertise, Information Sharing Quality, and Psychological Safety in Manufacturing Process Innovation: An

Intellectual Capital Perspective: Roles of Worker Expertise, Information Sharing Quality, and Psychological Safety. *Production and Operations Management*, 20(4), 556-570.

Li, X., Chung, C., Goldsby, T. J., & Holsapple, C. W. (2008). A unified model of supply chain agility: the work-design perspective. *The International Journal of Logistics Management*, 19(3), 408-435.

Lowe, P., & Talbot, H. (2000). Providing advice and information in support of rural microbusiness. 64.

Luo, Y., & Park, S. H. (2001). Strategic alignment and performance of market-seeking MNCs in China. *Strategic Management Journal*, 22(2), 141-155.

Macduffie, J. P. (1995). Human Resource Bundles and Manufacturing Performance: Organizational Logic and Flexible Production Systems in the World Auto Industry. *Industrial and Labor Relations Review*, 48(2), 197.

Mackelprang, A. W., & Nair, A. (2010). Relationship between just-in-time manufacturing practices and performance: A meta-analytic investigation. *Journal of Operations Management*, 28(4), 283-302.

Nadler, D., Tushman, M. 1983. A general diagnostic model for organizational behavior: applying a congruence perspective. *Perspectives on Behavior in Organizations* 2nd Ed. By Hackman, J.R., Lawler, E.E., Porter L.W., McGraw-Hill, New York.

Nagel, R. N. (1992). 21ST Century Manufacturing Enterprise Strategy Report: Defense Technical Information Center.

OIT (2017): Aumentando la productividad: ¿Cómo evaluar el impacto de programas de formación para pequeñas y medianas empresas (PyMEs)? Evidencia de Ghana, India y Vietnam, Issue Brief No 6, October 2017, OIT

Potdar, P. K., Routroy, S., & Behera, A. (2017). A benchmarking approach for enhancing agility in manufacturing environment. *International Journal of Productivity and Quality Management*. 20. 488. 25.

Prater, E., Biehl, M., & Smith, M. A. (2001). International supply chain agility - Tradeoffs between flexibility and uncertainty. *International Journal of Operations & Production Management*, 21(5/6), 823-839.

Ramasesh, R., Kulkarni, S., & Jayakumar, M. (2001). Agility in manufacturing systems: an exploratory modeling framework and simulation. *Integrated Manufacturing Systems*, 12(7), 534-548.

Robert, V., Pereira, M., Yoguel, G., & Barletta, F. (2015). Micro, Macro, and Meso Determinants of Productivity Growth in Argentinian Firms. En A. Pyka & J. Foster (Eds.), *The Evolution of Economic and Innovation Systems* (pp. 611-641). Springer International Publishing.

Roberts, N., & Grover, V. (2012). Investigating firm's customer agility and firm performance: The importance of aligning sense and respond capabilities. *Journal of Business Research*, 65(5), 579-585.

Saavedra García, M. L., Milla Toro, S. O., & Sánchez, B. T. (2013). Saavedra García, Maria Luisa & Milla Toro, Sindy & Sánchez, Blanca. (2013). Determinación de la competitividad de la PYME en el nivel micro: El caso de del Distrito Federal, México. FAEDPYME International Review.

Schroeder, R. G., Bates, K. A., & Junttila, M. A. (2002). A resource-based view of manufacturing strategy and the relationship to manufacturing performance. *Strategic Management Journal*, 23(2), 105-117.

Shapira, P., & Youtie, J. (2014). Impact of Technology and Innovation Advisory Services. 41.

Sharp, J. ., Irani, Z., & Desai, S. (1999). Working towards agile manufacturing in the UK industry. *International Journal of Production Economics*, 62(1-2), 155-169.

Shin, H., Lee, J.-N., Kim, D., & Rhim, H. (2015). Strategic agility of Korean small and medium enterprises and its influence on operational and firm performance. *International Journal of Production Economics*, 168, 181-196.

Srivastava, P., & Agrawal, D. V. P. (2011). Agile Manufacturing: Concepts and Evolution. 1(9), 7.

Stachowiak, A., & Oleśków-Szłapka, J. (2018). Agility Capability Maturity Framework. *Procedia Manufacturing*, 17, 603-610.

Tseng, Y.-H., & Lin, C.-T. (2011). Enhancing enterprise agility by deploying agile drivers, capabilities and providers. *Information Sciences*, 181(17), 3693-3708.

Vázquez-Bustelo, D., Avella, L., & Fernández, E. (2007). Agility drivers, enablers and outcomes: Empirical test of an integrated agile manufacturing model. *International Journal of Operations & Production Management*, 27(12), 1303-1332.

Vinodh, S., Devadasan, S. R., Vasudeva Reddy, B., & Ravichand, K. (2010). Agility index measurement using multi-grade fuzzy approach integrated in a 20 criteria agile model. *International Journal of Production Research*, 48(23), 7159-7176.

Yauch, C. A. (2011). Measuring agility as a performance outcome. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 22(3), 384-404.

Yoguel Gabriel, Boscherini Fabio (1998). Hacia un modelo interpretativo de las actividades innovativas en las PyMEs: Evidencias del caso Argentino. Cap. 9 del libro: Desarrollo y Gestión de PyMEs, UNGS.

Yoguel Gabriel, Moori Koenig Virginia, (1999). Metodología y diseño de indicadores para evaluar la competitividad de las firmas: El caso de una muestra de PyMEs del Gran Buenos Aires, Documento de trabajo 17, UNGS.

Yusuf, Y. Y., Sarhadi, M., & Gunasekaran, A. (1999). Agile manufacturing: The drivers, concepts and attributes. 11.

Zhang, Z., & Sharifi, H. (2000a). A methodology for achieving agility in manufacturing organisations. *International Journal of Operations & Production Management*, 20(4), 496-513.

Zhang, Z., & Sharifi, H. (2000b). A methodology for achieving agility in manufacturing organisations. *International Journal of Operations & Production Management*, 20(4), 496-513.

8. Anexos

8.1. Medición del IMAI en la empresa metalúrgica

8.1.1. Medición inicial

#	Elementos ágiles	W	##	Wi	x1	x2	x3	x4	x5	WoR	WoR	WoR	WoR	WoR
1	Aprendizaje organizacional	0,3	11	0,3	1	3	5	7	9	0,30	0,90	1,50	2,10	2,70
			12	0,2	1	3	5	9	7	0,20	0,60	1,00	1,80	1,40
			13	0,3	1	3	5	8	7	0,30	0,90	1,50	2,40	2,10
			14	0,2	2	4	8	6	5	0,40	0,80	1,60	1,20	1,00
									I1=	1,20	3,20	5,60	7,50	7,20
2	Innovación colaborativa	0,1	21	0,2	3	4	6	9	8	0,60	0,80	1,20	1,80	1,60
			22	0,3	1	3	5	8	6	0,30	0,90	1,50	2,40	1,80
			23	0,4	2	4	7	6	5	0,80	1,60	2,80	2,40	2,00
			24	0,1	1	3	5	8	7	0,10	0,30	0,50	0,80	0,70
									I2=	1,80	3,60	6,00	7,40	6,10
3	Capacidad tecnológica	0,1	31	0,2	1	3	5	7	9	0,20	0,60	1,00	1,40	1,80
			32	0,5	1	3	5	7	9	0,50	1,50	2,50	3,50	4,50
			33	0,3	2	3	4	8	6	0,60	0,90	1,20	2,40	1,80
									I3=	1,30	3,00	4,70	7,30	8,10
4	Alineamiento	0,2	41	0,3	1	3	5	9	8	0,30	0,90	1,50	2,70	2,40
			42	0,3	3	5	9	8	7	0,90	1,50	2,70	2,40	2,10
			43	0,4	1	3	5	8	7	0,40	1,20	2,00	3,20	2,80
									I4=	1,60	3,60	6,20	8,30	7,30
5	Capacidad Operativa	0,3	51	0,2	1	2	3	6	9	0,20	0,40	0,60	1,20	1,80
			52	0,4	1	2	5	7	9	0,40	0,80	2,00	2,80	3,60
			53	0,4	1	2	3	6	9	0,40	0,80	1,20	2,40	3,60
									I5=	1,00	2,00	3,80	6,40	9,00

8.1.2. Medición a los 6 meses de iniciado el proyecto

#	Elementos ágiles	W	##	Wi	x1	x2	x3	x4	x5	WoR	WoR	WoR	WoR	WoR
1		0,3	11	0,3	2	4	7	8	6	0,60	1,20	2,10	2,40	1,80

#	Elementos ágiles	W	##	Wi	x1	x2	x3	x4	x5	WoR	WoR	WoR	WoR	WoR
	Aprendizaje organizacional		12	0,2	2	4	7	9	6	0,40	0,80	1,40	1,80	1,20
			13	0,3	1	3	5	8	7	0,30	0,90	1,50	2,40	2,10
			14	0,2	2	4	8	6	5	0,40	0,80	1,60	1,20	1,00
									I1=	1,70	3,70	6,60	7,80	6,10
2	Innovación colaborativa	0,1	21	0,2	3	4	6	9	8	0,60	0,80	1,20	1,80	1,60
			22	0,3	1	3	5	8	6	0,30	0,90	1,50	2,40	1,80
			23	0,4	2	4	7	6	5	0,80	1,60	2,80	2,40	2,00
			24	0,1	1	3	5	8	7	0,10	0,30	0,50	0,80	0,70
									I2=	1,80	3,60	6,00	7,40	6,10
3	Capacidad tecnológica	0,1	31	0,2	1	3	5	7	9	0,20	0,60	1,00	1,40	1,80
			32	0,5	1	3	5	7	9	0,50	1,50	2,50	3,50	4,50
			33	0,3	2	3	4	8	6	0,60	0,90	1,20	2,40	1,80
									I3=	1,30	3,00	4,70	7,30	8,10
4	Alineamiento	0,2	41	0,3	1	3	5	9	8	0,30	0,90	1,50	2,70	2,40
			42	0,3	3	5	9	8	7	0,90	1,50	2,70	2,40	2,10
			43	0,4	1	3	5	8	7	0,40	1,20	2,00	3,20	2,80
									I4=	1,60	3,60	6,20	8,30	7,30
5	Capacidad Operativa	0,3	51	0,2	2	3	6	9	5	0,40	0,60	1,20	1,80	1,00
			52	0,4	3	6	8	9	7	1,20	2,40	3,20	3,60	2,80
			53	0,4	3	6	8	9	7	1,20	2,40	3,20	3,60	2,80
									I5=	2,80	5,40	7,60	9,00	6,60

8.1.3. Medición a los 12 meses de iniciado el proyecto

#	Elementos ágiles	W	##	Wi	x1	x2	x3	x4	x5	WoR	WoR	WoR	WoR	WoR
1	Aprendizaje organizacional	0,3	11	0,3	3	5	7	8	6	0,90	1,50	2,10	2,40	1,80
			12	0,2	3	5	7	9	6	0,60	1,00	1,40	1,80	1,20
			13	0,3	2	4	7	8	5	0,60	1,20	2,10	2,40	1,50
			14	0,2	3	4	8	6	5	0,60	0,80	1,60	1,20	1,00
									I1=	2,70	4,50	7,20	7,80	5,50

#	Elementos ágiles	W	##	Wi	x1	x2	x3	x4	x5	WoR	WoR	WoR	WoR	WoR
2	Innovación colaborativa	0,1	21	0,2	3	4	6	9	8	0,60	0,80	1,20	1,80	1,60
			22	0,3	3	5	8	7	6	0,90	1,50	2,40	2,10	1,80
			23	0,4	2	4	7	6	5	0,80	1,60	2,80	2,40	2,00
			24	0,1	1	3	5	8	7	0,10	0,30	0,50	0,80	0,70
								I2=	2,40	4,20	6,90	7,10	6,10	
3	Capacidad tecnológica	0,1	31	0,2	1	3	5	7	9	0,20	0,60	1,00	1,40	1,80
			32	0,5	1	3	5	7	9	0,50	1,50	2,50	3,50	4,50
			33	0,3	2	3	4	8	6	0,60	0,90	1,20	2,40	1,80
								I3=	1,30	3,00	4,70	7,30	8,10	
4	Alineamiento	0,2	41	0,3	1	3	5	9	8	0,30	0,90	1,50	2,70	2,40
			42	0,3	3	5	9	8	7	0,90	1,50	2,70	2,40	2,10
			43	0,4	1	3	5	8	7	0,40	1,20	2,00	3,20	2,80
								I4=	1,60	3,60	6,20	8,30	7,30	
5	Capacidad Operativa	0,3	51	0,2	2	3	6	9	5	0,40	0,60	1,20	1,80	1,00
			52	0,4	3	6	8	9	7	1,20	2,40	3,20	3,60	2,80
			53	0,4	5	7	9	8	6	2,00	2,80	3,60	3,20	2,40
								I5=	3,60	5,80	8,00	8,60	6,20	

8.2. Medición del IMAI en la empresa de maquinaria agrícola

8.2.1. Medición inicial

#	Elementos ágiles	W	##	Wi	x1	x2	x3	x4	x5	WoR	WoR	WoR	WoR	WoR
1	Aprendizaje organizacional	0,3	11	0,3	2	4	5	9	7	0,60	1,20	1,50	2,70	2,10
			12	0,2	3	5	8	7	6	0,60	1,00	1,60	1,40	1,20
			13	0,3	2	3	5	8	7	0,60	0,90	1,50	2,40	2,10
			14	0,2	2	4	8	6	5	0,40	0,80	1,60	1,20	1,00
								I1=	2,20	3,90	6,20	7,70	6,40	
2	Innovación colaborativa	0,1	21	0,2	3	5	9	7	6	0,60	1,00	1,80	1,40	1,20
			22	0,3	1	3	5	8	6	0,30	0,90	1,50	2,40	1,80
			23	0,4	2	4	7	6	5	0,80	1,60	2,80	2,40	2,00

#	Elementos ágiles	W	##	Wi	x1	x2	x3	x4	x5	WoR	WoR	WoR	WoR	WoR
			24	0,1	2	4	8	7	6	0,20	0,40	0,80	0,70	0,60
									I2=	1,90	3,90	6,90	6,90	5,60
3	Capacidad tecnológica	0,1	31	0,2	2	4	6	9	7	0,40	0,80	1,20	1,80	1,40
			32	0,5	1	3	5	7	9	0,50	1,50	2,50	3,50	4,50
			33	0,3	2	3	4	8	6	0,60	0,90	1,20	2,40	1,80
								I3=	1,50	3,20	4,90	7,70	7,70	
4	Alineamiento	0,2	41	0,3	3	5	9	8	7	0,90	1,50	2,70	2,40	2,10
			42	0,3	3	5	9	8	7	0,90	1,50	2,70	2,40	2,10
			43	0,4	2	4	8	7	6	0,80	1,60	3,20	2,80	2,40
								I4=	2,60	4,60	8,60	7,60	6,60	
5	Capacidad Operativa	0,3	51	0,2	2	4	6	9	7	0,40	0,80	1,20	1,80	1,40
			52	0,4	1	2	5	7	9	0,40	0,80	2,00	2,80	3,60
			53	0,4	7	8	9	6	5	2,80	3,20	3,60	2,40	2,00
								I5=	3,60	4,80	6,80	7,00	7,00	

8.2.2. Medición a los 6 meses de iniciado el proyecto

#	Elementos ágiles	W	##	Wi	x1	x2	x3	x4	x5	WoR	WoR	WoR	WoR	WoR
1	Aprendizaje organizacional	0,3	11	0,3	4	5	9	7	6	1,20	1,50	2,70	2,10	1,80
			12	0,2	5	8	7	6	4	1,00	1,60	1,40	1,20	0,80
			13	0,3	3	5	8	7	4	0,90	1,50	2,40	2,10	1,20
			14	0,2	4	8	6	5	2	0,80	1,60	1,20	1,00	0,40
								I1=	3,90	6,20	7,70	6,40	4,20	
2	Innovación colaborativa	0,1	21	0,2	5	9	7	6	3	1,00	1,80	1,40	1,20	0,60
			22	0,3	3	5	8	6	1	0,90	1,50	2,40	1,80	0,30
			23	0,4	4	7	6	5	2	1,60	2,80	2,40	2,00	0,80
			24	0,1	2	4	8	7	6	0,20	0,40	0,80	0,70	0,60
								I2=	3,70	6,50	7,00	5,70	2,30	
3	Capacidad tecnológica	0,1	31	0,2	2	4	6	9	7	0,40	0,80	1,20	1,80	1,40
			32	0,5	1	3	5	7	9	0,50	1,50	2,50	3,50	4,50

#	Elementos ágiles	W	##	Wi	x1	x2	x3	x4	x5	WoR	WoR	WoR	WoR	WoR
			33	0,3	2	3	4	8	6	0,60	0,90	1,20	2,40	1,80
									I3=	1,50	3,20	4,90	7,70	7,70
4	Alineamiento	0,2	41	0,3	5	9	8	7	3	1,50	2,70	2,40	2,10	0,90
			42	0,3	5	9	8	7	3	1,50	2,70	2,40	2,10	0,90
			43	0,4	4	8	7	6	2	1,60	3,20	2,80	2,40	0,80
									I4=	4,60	8,60	7,60	6,60	2,60
5	Capacidad Operativa	0,3	51	0,2	4	6	9	7	5	0,80	1,20	1,80	1,40	1,00
			52	0,4	2	5	7	9	6	0,80	2,00	2,80	3,60	2,40
			53	0,4	7	8	9	6	5	2,80	3,20	3,60	2,40	2,00
									I5=	4,40	6,40	8,20	7,40	5,40

8.2.3. Medición a los 12 meses de iniciado el proyecto

#	Elementos ágiles	W	##	Wi	x1	x2	x3	x4	x5	WoR	WoR	WoR	WoR	WoR
1	Aprendizaje organizacional	0,3	11	0,3	4	5	9	7	6	1,20	1,50	2,70	2,10	1,80
			12	0,2	5	8	7	6	4	1,00	1,60	1,40	1,20	0,80
			13	0,3	5	8	7	4	3	1,50	2,40	2,10	1,20	0,90
			14	0,2	4	8	6	5	2	0,80	1,60	1,20	1,00	0,40
									I1=	4,50	7,10	7,40	5,50	3,90
2	Innovación colaborativa	0,1	21	0,2	5	9	7	6	3	1,00	1,80	1,40	1,20	0,60
			22	0,3	5	7	9	6	3	1,50	2,10	2,70	1,80	0,90
			23	0,4	4	7	6	5	2	1,60	2,80	2,40	2,00	0,80
			24	0,1	2	4	8	7	6	0,20	0,40	0,80	0,70	0,60
									I2=	4,30	7,10	7,30	5,70	2,90
3	Capacidad tecnológica	0,1	31	0,2	2	4	6	9	7	0,40	0,80	1,20	1,80	1,40
			32	0,5	4	6	8	9	7	2,00	3,00	4,00	4,50	3,50
			33	0,3	2	3	4	8	6	0,60	0,90	1,20	2,40	1,80
									I3=	3,00	4,70	6,40	8,70	6,70
4	Alineamiento	0,2	41	0,3	5	9	8	7	3	1,50	2,70	2,40	2,10	0,90
			42	0,3	5	9	8	7	3	1,50	2,70	2,40	2,10	0,90

#	Elementos ágiles	W	##	Wi	x1	x2	x3	x4	x5	WoR	WoR	WoR	WoR	WoR
			43	0,4	4	8	7	6	2	1,60	3,20	2,80	2,40	0,80
									I4=	4,60	8,60	7,60	6,60	2,60
5	Capacidad Operativa	0,3	51	0,2	4	6	9	7	5	0,80	1,20	1,80	1,40	1,00
			52	0,4	5	7	9	6	4	2,00	2,80	3,60	2,40	1,60
			53	0,4	7	8	9	6	5	2,80	3,20	3,60	2,40	2,00
									I5=	5,60	7,20	9,00	6,20	4,60

8.3. Medición del IMAI en la empresa papelera

8.3.1. Medición inicial

#	Elementos ágiles	W	##	Wi	x1	x2	x3	x4	x5	WoR	WoR	WoR	WoR	WoR
1	Aprendizaje organizacional	0,3	11	0,3	2	4	8	6	5	0,60	1,20	2,40	1,80	1,50
			12	0,2	1	3	5	9	7	0,20	0,60	1,00	1,80	1,40
			13	0,3	1	3	5	8	7	0,30	0,90	1,50	2,40	2,10
			14	0,2	2	4	8	6	5	0,40	0,80	1,60	1,20	1,00
									I1=	1,50	3,50	6,50	7,20	6,00
2	Innovación colaborativa	0,1	21	0,2	1	3	5	7	9	0,20	0,60	1,00	1,40	1,80
			22	0,3	1	3	5	8	6	0,30	0,90	1,50	2,40	1,80
			23	0,4	2	4	7	6	5	0,80	1,60	2,80	2,40	2,00
			24	0,1	1	3	5	8	7	0,10	0,30	0,50	0,80	0,70
									I2=	1,40	3,40	5,80	7,00	6,30
3	Capacidad tecnológica	0,1	31	0,2	3	4	6	9	7	0,60	0,80	1,20	1,80	1,40
			32	0,5	1	3	5	7	9	0,50	1,50	2,50	3,50	4,50
			33	0,3	3	4	7	8	6	0,90	1,20	2,10	2,40	1,80
									I3=	2,00	3,50	5,80	7,70	7,70
4	Alineamiento	0,2	41	0,3	1	3	5	9	8	0,30	0,90	1,50	2,70	2,40
			42	0,3	3	5	9	8	7	0,90	1,50	2,70	2,40	2,10
			43	0,4	2	4	6	8	7	0,80	1,60	2,40	3,20	2,80
									I4=	2,00	4,00	6,60	8,30	7,30
5	Capacidad Operativa	0,3	51	0,2	1	2	4	7	9	0,20	0,40	0,80	1,40	1,80

#	Elementos ágiles	W	##	Wi	x1	x2	x3	x4	x5	WoR	WoR	WoR	WoR	WoR
			52	0,4	1	3	5	8	9	0,40	1,20	2,00	3,20	3,60
			53	0,4	2	3	6	8	7	0,80	1,20	2,40	3,20	2,80
									I5=	1,40	2,80	5,20	7,80	8,20

8.3.2. Medición a los 6 meses de iniciado el proyecto

#	Elementos ágiles	W	##	Wi	x1	x2	x3	x4	x5	WoR	WoR	WoR	WoR	WoR
1	Aprendizaje organizacional	0,3	11	0,3	2	4	8	6	5	0,60	1,20	2,40	1,80	1,50
			12	0,2	3	5	9	7	1	0,60	1,00	1,80	1,40	0,20
			13	0,3	3	5	8	7	1	0,90	1,50	2,40	2,10	0,30
			14	0,2	4	8	6	5	2	0,80	1,60	1,20	1,00	0,40
									I1=	2,90	5,30	7,80	6,30	2,40
2	Innovación colaborativa	0,1	21	0,2	1	3	5	7	9	0,20	0,60	1,00	1,40	1,80
			22	0,3	1	3	5	8	6	0,30	0,90	1,50	2,40	1,80
			23	0,4	2	4	7	6	5	0,80	1,60	2,80	2,40	2,00
			24	0,1	1	3	5	8	7	0,10	0,30	0,50	0,80	0,70
									I2=	1,40	3,40	5,80	7,00	6,30
3	Capacidad tecnológica	0,1	31	0,2	3	4	6	9	7	0,60	0,80	1,20	1,80	1,40
			32	0,5	1	3	5	7	9	0,50	1,50	2,50	3,50	4,50
			33	0,3	3	4	7	8	6	0,90	1,20	2,10	2,40	1,80
									I3=	2,00	3,50	5,80	7,70	7,70
4	Alineamiento	0,2	41	0,3	1	3	5	9	8	0,30	0,90	1,50	2,70	2,40
			42	0,3	3	5	9	8	7	0,90	1,50	2,70	2,40	2,10
			43	0,4	2	4	6	8	7	0,80	1,60	2,40	3,20	2,80
									I4=	2,00	4,00	6,60	8,30	7,30
5	Capacidad Operativa	0,3	51	0,2	3	5	7	8	6	0,60	1,00	1,40	1,60	1,20
			52	0,4	3	5	7	9	8	1,20	2,00	2,80	3,60	3,20
			53	0,4	3	6	8	7	7	1,20	2,40	3,20	2,80	2,80
									I5=	3,00	5,40	7,40	8,00	7,20

8.3.3. Medición a los 12 meses de iniciado el proyecto

#	Elementos ágiles	W	##	Wi	x1	x2	x3	x4	x5	WoR	WoR	WoR	WoR	WoR
1	Aprendizaje organizacional	0,3	11	0,3	5	7	9	8	6	1,50	2,10	2,70	2,40	1,80
			12	0,2	3	5	9	7	1	0,60	1,00	1,80	1,40	0,20
			13	0,3	3	5	8	7	1	0,90	1,50	2,40	2,10	0,30
			14	0,2	4	8	6	5	2	0,80	1,60	1,20	1,00	0,40
									I1=	3,80	6,20	8,10	6,90	2,70
2	Innovación colaborativa	0,1	21	0,2	1	3	5	7	9	0,20	0,60	1,00	1,40	1,80
			22	0,3	1	3	5	8	6	0,30	0,90	1,50	2,40	1,80
			23	0,4	2	4	7	6	5	0,80	1,60	2,80	2,40	2,00
			24	0,1	1	3	5	8	7	0,10	0,30	0,50	0,80	0,70
									I2=	1,40	3,40	5,80	7,00	6,30
3	Capacidad tecnológica	0,1	31	0,2	3	4	6	9	7	0,60	0,80	1,20	1,80	1,40
			32	0,5	1	3	5	7	9	0,50	1,50	2,50	3,50	4,50
			33	0,3	3	4	7	8	6	0,90	1,20	2,10	2,40	1,80
									I3=	2,00	3,50	5,80	7,70	7,70
4	Alineamiento	0,2	41	0,3	1	3	5	9	8	0,30	0,90	1,50	2,70	2,40
			42	0,3	3	5	9	8	7	0,90	1,50	2,70	2,40	2,10
			43	0,4	2	4	6	8	7	0,80	1,60	2,40	3,20	2,80
									I4=	2,00	4,00	6,60	8,30	7,30
5	Capacidad Operativa	0,3	51	0,2	5	7	8	6	4	1,00	1,40	1,60	1,20	0,80
			52	0,4	5	7	9	8	6	2,00	2,80	3,60	3,20	2,40
			53	0,4	6	8	9	7	4	2,40	3,20	3,60	2,80	1,60
									I5=	5,40	7,40	8,80	7,20	4,80