

# **La Industria 4.0.**

## **Caso: Acotec S.A.**

**Alumno: Franco Dubinsky**

**Tutor: Carlos Loisi**

**Lugar: Buenos Aires, 2021**

**MBA Sábados 2018**



**Universidad Torcuato Di Tella**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco en primer lugar a la universidad, a su cuerpo docente y no docente, por la experiencia académica brindada, la cual superó ampliamente mis expectativas, ayudándome a seguir creciendo como profesional y como persona.

También agradezco a mi tutor en este trabajo final, Carlos Loisi, quien me guió y aconsejó, no solo durante la realización de la tesis, sino durante toda la cursada.

A mis compañeros de cursada, quienes en cada interacción mejoraron esta experiencia.

Particularmente a mis compañeros de grupo, hoy amigos, Juan Manuel Zubillaga, Martín Broutvaïen, Matias Rodriguez, Federico Schwartzman y Tomas Gurevich, quienes potenciaron y facilitaron mi aprendizaje, gracias a sus diversos puntos de vista.

Finalmente, y por sobre todo, agradezco a mi familia, Sergio, Marcela y Bianca, y a Rocio, mi pareja, quienes me acompañaron durante estos más de dos años, cada uno a su manera, pero sin los cuales esta experiencia no hubiese sido posible.

## RESUMEN

Este trabajo viene a realizar una investigación sobre las actuales metodologías de mantenimiento en la industria argentina, puntualmente en las cajas reductoras de velocidad, las cuales forman parte de la cadena de transmisión de potencia de líneas críticas de producción. La intención es analizar las metodologías actuales, las cuales no logran evitar roturas y problemas evitables o que podrían haber sido menores a lo que finalmente fueron, o paradas de planta imprevistas, que podrían haber sido planificadas. Para contrarrestar estos problemas se planteará el desarrollo de un sistema de medición de diferentes variables de forma remota, continua y autónoma, que busca detectar problemas en las cajas reductoras de velocidad de forma temprana, permitiendo migrar el mantenimiento de reactivo a predictivo. Con este dispositivo se evitará que roturas pequeñas deriven en roturas complejas y costosas, además de eliminar las paradas de planta imprevistas, las cuales dependiendo de la industria pueden representar entre 150.000 y 1.000.000 de dólares diarios, permitiendo monitorear los equipos y planificado las paradas con tiempo para evitar pérdidas millonarias.

En este trabajo se busca hacer un análisis e investigación del estado de la Industria 4.0 en el mercado de elementos de transmisión de fuerza mecánica en la Argentina. Más precisamente orientado a la medición de diferentes variables en las cajas reductoras de velocidad que facilitan las tareas de mantenimiento predictivo y preventivo, lo que a su vez permitirá una disminución de roturas y/o problemas en equipos críticos, bajando costos por paradas no programadas de planta.

Al mismo tiempo se analizará la posibilidad del desarrollo e introducción al mercado mediante la empresa Acotec S.A. Empresa familiar Argentina, fundada por el Ingeniero Alberto Dubinsky en el año 1963, aprovechando el posicionamiento y alcance de la empresa. De la misma manera que él visualizó hace casi 60 años la falta de fábricas que produzcan equipos de transmisión de fuerza mecánica, se busca analizar la introducción de equipos con mediciones automatizadas que envíen información en tiempo real mediante internet y eviten roturas por vibraciones, alta temperatura o problemas con el aceite, entre otras cosas.

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCION.....</b>	<b>6</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 LA INDUSTRIA DE HOY Y EL MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2 El mantenimiento actual y sus implicancias .....</b>	<b>10</b>
<b>2.3 INDUSTRIA 4.0 .....</b>	<b>13</b>
<b>2.3.1 ¿Qué es la Industria 4.0? .....</b>	<b>13</b>
<b>2.3.2 ¿Por qué es importante? .....</b>	<b>15</b>
<b>2.3.3 ¿Cuál es su impacto? .....</b>	<b>18</b>
<b>2.4 IoT.....</b>	<b>20</b>
<b>3. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION .....</b>	<b>23</b>
<b>3.1 CASO ACOTEC S.A.....</b>	<b>23</b>
<b>3.2 Experiencia y calidad .....</b>	<b>24</b>
<b>3.3 Principales productos.....</b>	<b>25</b>
<b>3.3.1 Cajas Reductoras de Velocidad.....</b>	<b>25</b>
<b>3.4 Principales clientes y contratos .....</b>	<b>31</b>
<b>3.5 Competencia local e internacional .....</b>	<b>32</b>
<b>4. SMAD .....</b>	<b>35</b>
<b>4.1 Desarrollo y valor agregado .....</b>	<b>36</b>
<b>4.1.1 El Hardware.....</b>	<b>37</b>
<b>4.1.2 El software .....</b>	<b>38</b>
<b>4.2 Costo de desarrollo y producción, precio de venta y comercialización .....</b>	<b>40</b>
<b>4.3 Mercado objetivo.....</b>	<b>42</b>
<b>4.4 Ventajas competitivas .....</b>	<b>45</b>
<b>4.5 Competencia local .....</b>	<b>47</b>
<b>4.6 Transformación Acotec.....</b>	<b>49</b>
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>51</b>
<b>6. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>53</b>

## INDICE DE GRAFICOS E IMÁGENES

<b>A. Cinta Transportadora Chuquicamata (Diario de Cuyo, Leonardo Quiroga, 2019) .....</b>	<b>12</b>
<b>B. Flujo PDP, (Deloitte, 2014) .....</b>	<b>14</b>
<b>D. Caja Reductora de Velocidad Marca Hansen Abierta, de ejes paralelos.....</b>	<b>26</b>
<b>E. Caja Reductora de Velocidad Marca Hansen Cerrada, de ejes paralelos. ....</b>	<b>26</b>
<b>F. Caja Reductora de Velocidad Marca Hansen, de ejes paralelos, vista lateral. ....</b>	<b>27</b>
<b>G. Caja Reductora de Velocidad Marca Tecnon (Acotec), de ejes ortogonales. ....</b>	<b>27</b>
<b>H. Modelos SMAD .....</b>	<b>35</b>

# 1. INTRODUCCION

La presente tesis tiene como objetivos indagar sobre los efectos de la Industria 4.0 en cuanto a las formas de encarar los procesos de mantenimiento y cómo impacta en sus costos, para finalmente presentar el desarrollo de un producto para una empresa local que brinda servicios industriales. Como objetivo secundario se plantea indagar también sobre los beneficios y la importancia que tiene esta nueva industria, también conocida como cuarta revolución industrial, en un mercado en donde la automatización, la recolección y análisis de grandes cantidades de datos y la conectividad son cada vez, factores más determinantes a la hora de competir con otras empresas.

Se realizará una investigación documental y en base a datos secundarios, con análisis de un caso para la aplicación de los conceptos resultado de la indagación. Además se presentará, un análisis de la evolución de la llamada Inteligencia de las Cosas (IoT), una de las bases de la Industria 4.0. Se explicará a qué se refiere este concepto y cuáles son sus beneficios y su impacto en la industria actual.

Todos estos conceptos, serán luego aplicados como caso de estudio en Acotec S.A., empresa metalúrgica con 60 años de antigüedad en el mercado argentino y latinoamericano. Se analizará de qué forma es posible implementar y desarrollar la Industria 4.0 en los productos comercializados por la empresa, específicamente en los reductores de velocidad.

Se comenzará haciendo una breve reseña del estado de la industria y sus instalaciones en la Argentina para luego continuar analizando y presentando la industria 4.0

Luego se procederá a hacer un análisis similar de la inteligencia de las cosas (IoT), una de las bases de la industria 4.0.

Por último se realizará una presentación de Acotec S.A y uno de sus principales productos, los reductores de velocidad. Dichos productos son en los cuales se analizará la posibilidad de un desarrollo 4.0, con sensorización e IoT, el cual puede ser fundamental para el mantenimiento predictivo y preventivo, y, en consecuencia, para la reducción de costos por roturas o falta de mantenimiento de equipos de gran valor. A su vez, este desarrollo permitiría sumar valor agregado e innovación a un producto industrial en los cuales no es común innovar.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 LA INDUSTRIA DE HOY Y EL MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS**

La industria en la Argentina nace de la mano del modelo agroexportador a fines del siglo XIX, modelo que se extiende hasta la década de los años 30. El mismo proponía la venta de granos al exterior y la importación de productos. Lo que un bajo desarrollo y crecimiento de la industria.

A partir de la década mencionada, la industria comienza a tomar importancia en la Argentina a través del modelo de sustitución de importaciones. Más precisamente, a partir de 1958, con la segunda fase del plan de sustitución de importaciones, la actividad industrial se vuelve el motor de crecimiento del país.

A mediados de los años 70 comenzaron a brotar algunas de las dificultades implícitas en este modelo. Algunas relacionadas con la industria específicamente, por ejemplo escalas de plantas muy reducidas, falta de proveedores especializados y poca competitividad internacional, entre otras. Y otras dificultades ligadas al funcionamiento macroeconómico, por ejemplo los saldos comerciales externos deficitarios.

Simultáneamente, en países con mayor industrialización, se estaba evolucionando a un nuevo esquema tecnológico y productivo, con modelos de organización y de producción industrial muy distintos a los establecidos modelos de producción masiva fordista. Uno de los elementos fundamentales para visibilizar dicho cambio fue el desarrollo de la microelectrónica. Este último permitió migrar del mundo electromecánico al mundo electrónico. En contraposición a lo mencionado, y debido a las grandes dificultades de recrear el dinamismo industrial en nuestro país y en nuestra sociedad, la respuesta local al cambio que se daba en el mundo no fue la de avanzar en el mismo sentido y aprovechar los acervos tecnológicos acumulados en la etapa anterior, para realizar mejoras y solucionar los problemas existentes, sino que hubo un intento de reforma estructural asociado a la apertura de la economía. La instrumentación de dicho cambio fracasó y derivó en un proceso de desarticulación productiva.

Durante la década de los años ochenta se fue generando un modelo de organización de la producción de bienes industriales muy distinto al modelo de sustitución que estaba instalado en el país. Articulado por muchos cambios surgidos en la frontera técnica

internacional y sumergidos en un marco de gran inestabilidad e incertidumbre macroeconómica, se fueron realizando y gestando modificaciones muy sustantivas a nivel sectorial, institucional, microeconómico y de inserción externa de la industria. En esta década se inicia también un largo período de ajuste, marcado por la deuda del país y una creciente inflación. La actividad industrial sufre muchos altibajos y se ve envuelta en ciclos intensos de subas y caídas constantes en su producción.

Luego se instauró el Plan Austral, el cual dio buenos resultados por un período corto de tiempo. Luego se dispara de una forma descontrolada la inflación y se llega a un período de hiperinflación.

Para apaciguar y solucionar el recién mencionado problema de la inflación el gobierno de turno aplica una política de convertibilidad y apertura económica, reduciendo drásticamente la rentabilidad de las empresas y perjudicando de sobremanera a la industria nacional pública. Durante este período se cerraron y estatizaron muchas de las industrias que quedaban bajo el poder del estado nacional. Entre ellas se da la privatización de Aerolíneas Argentinas en 1990 y la de Y.P.F. en 1992.

Este modelo llega a su fin con la crisis del 2001, una de las peores crisis sufrida por el país hasta ese momento.

En el período comprendido entre los años 2003 y 2007 la industria argentina creció a un promedio anual de aproximadamente 10%, medido en términos del índice de volumen físico. En estos años también se ve una mejora en la economía del país. El crecimiento y avance del sector manufacturero durante estos años es una característica que sobresale en relación a otros períodos de crecimiento industrial, sobre todo teniendo en cuenta el muy mal desempeño de la industria en las tres décadas previas.

En el año 2008 estalló una gran crisis a nivel mundial. Entre sus principales causas se encuentran los altos precios de las materias primas y la sobrevalorización de los productos. También causantes de dicha crisis son los problemas hipotecarios, crediticios y de confianza en los mercados a nivel mundial.

El período comprendido entre los años 2003 y 2012 se destacó por el avance de la producción de vehículos, de minerales no metálicos, de los insumos de la construcción y de metalmecánica. La industria automotriz creció a niveles pocas veces vistos. Este período estuvo acompañado por precios muy favorables de commodities como la soja.



Entre los años 2012 y 2015 la Argentina se vio envuelta en problemas por su elevado gasto público y alta emisión monetaria para poder llevar a cabo el mismo. Esto derivó en años de alta inflación. También, por la falta de reservas, se limitó el acceso al mercado cambiario al mismo tiempo que se atrasó el tipo de cambio real, haciendo a la Argentina poco competitiva. Al mismo tiempo se intentó sustituir importaciones, bloqueando las mismas para que no se vayan los dólares del país. De la mano de estos bloqueos a las importaciones se le prohibió a las empresas girar dinero al exterior, lo que desalentó las inversiones extranjeras. Como si esto fuera poco, y por la gran falta de reservas, se comenzó una especie de guerra contra el campo, principal generador de dólares. A este se le puso retenciones altas en algunos productos y se limitó la exportación en otros. Con la primer medida se buscó generar el ingreso de dólares, con la segunda bajar los precios de los productos en el mercado local.

Estos años estuvieron también muy marcados por altos niveles de corrupción y el desgaste de las instituciones. Generando mucha desconfianza de inversores locales y extranjeros.

Durante el año 2016, producto de una nueva apertura de las importaciones, un tipo de cambio poco competitivo y la alta inflación, la actividad industrial disminuyó en comparación con el año anterior. Algunas de las industrias que sufrieron caídas fueron la textil, alimenticia, química y plástica, minerales no metálicos, metalmecánica y siderúrgica. En el 2017 muchas de las industrias recién mencionadas revirtieron su rendimiento y lograron crecer.

A lo largo del año 2018 la actividad industrial presentó caídas sucesivas, debido a la retracción del consumo interno, las altas tasas de interés y la devaluación. Finalizado el año, la industria presentó una reducción del 3.4% según la Unión Industrial Argentina, y del 5% según el Instituto Nacional de Estadística y Censos. La industria mostró volúmenes similares a los del año 2009. La caída de la actividad industrial duplicó la retracción de la economía en su conjunto. Algunas industrias, como las vinculadas a la producción de alimentos y bebidas, tuvieron una reducción menos acentuada debido al carácter de bien de primera necesidad de gran parte de sus productos. Los sectores que dependen fuertemente del consumo interno fueron los más afectados. Tal es el caso del sector textil, que tuvo una caída interanual del 10.7% o la producción de automóviles, que se redujo un 16,4%. Estos resultados se debieron en gran parte a las altas tasas de financiamiento y a la alta presión tributaria.

En 2019 la industria tuvo una nueva caída, con una evolución negativa interanual del 6.3%, según informó la Unión Industrial Argentina, porcentaje casi equivalente al 6.4% informado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos. Los mayores índices negativos se mostraron en el sector de la fabricación de motocicletas y otros vehículos de transporte, la industria automotriz y la de maquinaria y equipos. A fin del período, la capacidad industrial instalada ociosa era aproximadamente del 40%.

Hoy en día la estructura industrial argentina crece con ciertos altibajos como consecuencia de crisis internacionales. Es una de las mayores economías industriales de Sudamérica. Sin embargo se encuentra lejos de la estructura industrial de la década de 1960.

Se puede concluir que la industria Argentina ha sufrido muchos cambios de rumbo y de reglas, dependiendo de los gustos del gobernante de turno. Todos estos cambios no han hecho más que retrasar el desarrollo de la industria nacional, destruyendo la confianza en la Argentina de empresas e inversores y llevando a estos a reducir o eliminar las inversiones.

## **2.2 El mantenimiento actual y sus implicancias**

Luego de realizar un repaso por la historia de la industria en nuestro país y analizar brevemente los sucesivos cambios de rumbo y reglas, pasamos ahora a analizar como las empresas realizan el mantenimiento de sus plantas y, más precisamente, de los equipos de transmisión de fuerza mecánica, como son los acoplamientos y las cajas reductoras de velocidad.

Si bien existe una tendencia a nivel mundial para migrar a los sistemas de mantenimiento preventivos e incluso predictivos, en nuestro país todavía la implementación de dichos sistemas suele ser muy costosa y muchas veces implica un cambio en la forma de trabajo de los equipos de mantenimiento de las empresas, que no resulta fácil de realizar.

A estos altos costos de implementación y difíciles cambios de cultura, se le suma a la toma de decisiones de las empresas las incertidumbres sobre las futuras políticas del país. Es decir, las empresas, al ver los recurrentes cambios de rumbo y las políticas pendulares del país, muchas veces deciden no realizar grandes inversiones en la Argentina. Muchas

empresas, por miedo a regulaciones de precios o prohibiciones para girar divisas al exterior, entre otras regulaciones ya conocidas, prefieren seguir con las inversiones mínimas requeridas para mantener la planta funcionando y no invertir en mejoras o en crecimiento.

Hoy en día, en la industria nacional se encuentra un mix entre el mantenimiento reactivo y el mantenimiento preventivo, pero raramente se encuentran empresas que realicen mantenimiento predictivo en lo que se refiere a elementos de transmisión de fuerza mecánica.

Esto se debe a diversos motivos, entre ellos se puede encontrar muchas veces la imposibilidad para acceder físicamente a los equipos debido a la ubicación de los mismos o a al peligro del área dónde está instalado, pero por sobre todas las cosas el mantenimiento preventivo y/o predictivo no se realiza debido a la falta de una herramienta que ayude a medir los parámetros de rendimiento de forma constante, automática y remota a bajo costo.

Estos equipos se encuentran en todas las plantas industriales y por lo general se ubican en zonas críticas de las plantas. Algunos ejemplos son los toasters de las plantas cerealeras, los laminadores de las plantas siderúrgicas, las cintas transportadoras en la minería y en las torres de enfriamiento de las plantas refinadoras de petróleo. Es decir que cualquier falla en uno de estos equipos podría derivar en una parada de planta de gran magnitud, que a su vez lleva a un importante y significativo cese en la facturación.

La forma actual, y manual, para conocer el estado de estos equipos requiere que un oficial de mantenimiento se acerque al equipo y mediante sensores y pistolas de calor pueda medir la temperatura del mismo, también que pueda colocar sobre la caja sensores para medir las vibraciones del equipo. Otro control que debe hacerse es el del estado del aceite. Para esto hay que retirar la tapa de inspección y tomar muestras del aceite para analizarlo de forma visual y, posteriormente, en el laboratorio. Esta toma de muestras puede ser riesgosa y puede precisar la detención del equipo, con todo lo que esto implica en la operatoria general de una planta.

En la actualidad, en algunas de las industrias de nuestro país, se miden de forma regular y manual algunas de las variables necesarias para conocer el estado de los equipos y saber si los mismos necesitan alguna clase de mantenimiento, como cambio de aceite o de

rodamientos. Por lo general las industrias que realizan dichos controles son las que tiene fácil acceso a los equipos y que el mismo no implica un riesgo para el encargado de la tarea.

Otro limitante que se encuentra para hacer el control necesario es la cantidad de equipos. Ya que no es lo mismo realizarlo en la única caja reductora que sostiene y mueve el toaster de una cerealera que tener que realizarlo en las múltiples cajas reductoras encargadas de mover las cintas de varios kilómetros de longitud que llevan los minerales desde adentro de una mina hacia su destino. Por ejemplo, CODELCO, la minera estatal chilena, en el año 2019, instaló en su mina Chuquicamata una cinta transportadora de 14 kilómetros de largo la cual trasladará el mineral desde el fondo del yacimiento hasta la superficie depositando el mismo en la planta concentradora (Diario de Cuyo, Leonardo Quiroga, 2019). Dicha cinta cuenta con más de 12 cajas reductoras ubicadas a lo largo de los 14 kilómetros de largo, algunas de las cuales están ubicadas en zonas de difícil acceso.



A. Cinta Transportadora Chuquicamata (Diario de Cuyo, Leonardo Quiroga, 2019)

En este tipo de casos el mantenimiento es crucial y difícil de realizar. La rotura en una de las cajas reductoras puede derivar en sobre esfuerzos y roturas en las demás cajas lo que a su vez llevaría a la detención de la cinta transportadora. La recién mencionada detención de la cinta significa que los minerales no pueden ser extraídos y transportados desde la mina hacia la planta concentradora poniendo en riesgo la operatoria de la mina.

## 2.3 INDUSTRIA 4.0

### 2.3.1 ¿Qué es la Industria 4.0?

La Industria 4.0, también conocida como la cuarta revolución industrial, es una nueva forma de producir, basada en la automatización y la conectividad de la maquinaria y procesos. Esta revolución combina técnicas avanzadas de producción y operaciones con tecnologías inteligentes que se integran en las organizaciones, las personas y los activos (Cotteleer & Sniderman, 2018). Tiene un fuerte anclaje en nuevas tecnologías que conectan el mundo físico con el virtual, más que nada mediante sensores e internet.

Esta nueva revolución se basa en la aparición de tecnologías nuevas como la inteligencia artificial, la robótica, el análisis de datos, el internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés) y la nanotecnología entre otras. No comprender los cambios y las oportunidades que trae la industria 4.0 puede llegar a dejar afuera del mercado a una empresa.

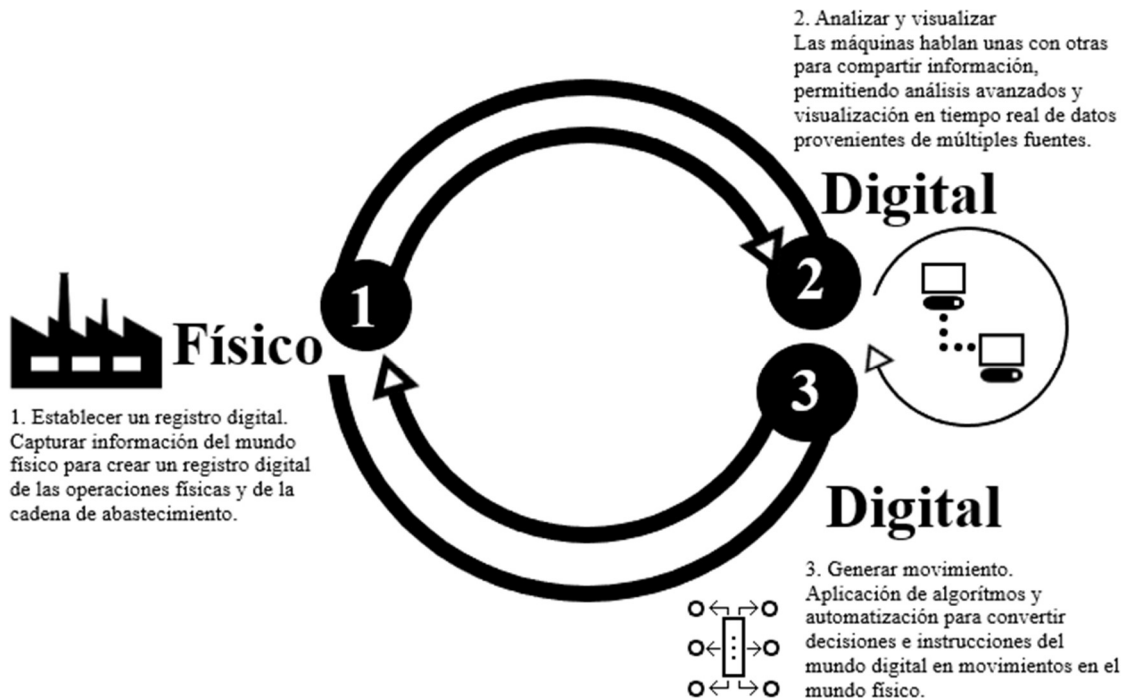
Un factor fundamental en la aparición de esta nueva revolución industrial fue el abaratamiento en los costos de la sensorización, la conectividad y el almacenamiento y procesamiento de datos (Ministerio de Producción y Trabajo, 2020).

Todos estos avances y apariciones permiten el acceso a datos e información en tiempo real y de forma continua desde distintas fuentes y ubicaciones, lo que genera una nueva forma de manejar los negocios y tomar decisiones.

En el ciclo de acceso en tiempo real a los datos se da un flujo continuo de información y acciones entre un mundo físico y uno digital. Este flujo ocurre en una forma iterativa de tres pasos conocido como PDP, por sus siglas en inglés (physical-to-digital-to-physical o físico-a-digital-a-físico). Para lograr este proceso se combinan diferentes tecnologías como por ejemplo la analítica, la impresión 3D industrial, la robótica, la inteligencia artificial, tecnologías cognitivas y la realidad aumentada, entre otros (Sniderman, Mahto, & Cotteleer, 2016).

- Físico a digital: este paso consiste en capturar información del mundo físico y crear un registro digital de los datos recolectados.
- Digital a digital: se comparte información y se descubren patrones, comportamientos e insights, entre otros, usando analítica avanzada, análisis de escenarios e inteligencia artificial.

- Digital a físico: en este tercer paso se aplican algoritmos para traducir las decisiones tomadas por el mundo digital y convertirlas en acciones y cambios en el mundo físico.



#### B. Flujo PDP, (Deloitte, 2014)

Ya son muchas las organizaciones que han incorporado todas o algunas de las partes del proceso PDP, adquiriendo la habilidad de actuar en base a datos e información que se analizó mediante herramientas digitales. Esto último es lo que constituye la esencia y el mayor valor de la industria 4.0.

Si bien la industria 4.0 es global puede tener muchas formas diferentes alrededor del mundo. Hasta hace unos años se podía ver como en Estados Unidos el foco estaba puesto en la evolución digital, mientras que en Europa tomaba un rumbo más orientado a la producción industrial y su utilización en fábricas. Si bien el foco puede variar, tanto el concepto general como las tecnologías usadas son las mismas.

La industria 4.0 excede los límites de la inteligencia de las cosas, que es donde muchas de las investigaciones y aplicaciones empiezan y terminan. También engloba no solo a la

fabricación y producción, sino que se abarca todo el ecosistema de socios, proveedores, clientes, operaciones y demás.

En resumen, la cuarta revolución industrial es más que solo nuevas y avanzadas tecnologías, es la forma en la que esas tecnologías se unen y trabajan juntas y como las organizaciones explotan estas herramientas para dirigir operaciones, tomar decisiones y crecer.

### **2.3.2 ¿Por qué es importante?**

Es importante debido a que puede transformar organizaciones, procesos y operaciones. Algunos de los avances de la industria 4.0 permiten el acceso en tiempo real a datos e información en grandes cantidades, proceso que sería mucho más difícil y lento de forma manual. Se consigue una mayor facilidad y rapidez para la recolección, procesamiento y análisis de datos, y una posterior toma de decisiones.

Si bien es cierto que la columna vertebral de la industria 4.0 está basada en la cadena de suministros y en la fabricación, la misma es importante porque abarca muchos aspectos más de nuestra vida cotidiana. Con esta nueva revolución industrial se generan algunos cambios en cómo están hechas las cosas, pero también afecta a de qué están hechas esas cosas y a la cadena de logística y distribución, transformándolas en autónomas. Otros cambios que se pueden ver gracias a esta revolución es en las interacciones entre clientes y empresas o en las experiencias de uso de los productos. Y yendo todavía más adelante, podría generar cambios en la fuerza laboral, exigiendo nuevas habilidades y conocimientos.

La industria 4.0 se destaca por la integración del mundo digital y el mundo físico. La digitalización de operaciones, fabricación, cadena de abastecimiento y de productos permite a las empresas combinar el aprendizaje sobre las personas, máquinas y analítica para tomar mejores decisiones y más holísticas.

Los procesos completamente conectados traen muchas oportunidades y mejoras. No solo permite monitorear los procesos de forma continua y remota, y operarlos de forma reactiva y automática, sino que también permite aprender constantemente de los errores y problemas en los procesos, y corregirlos o mejorarlos casi inmediatamente y de forma automática. Este aprendizaje continuo debería llevar a toma de mejores decisiones, a

productos, servicios y sistemas mejor diseñados, a un mejor uso de los recursos y a una mejora en la habilidad de predecir futuras necesidades.

La digitalización representa una solución de extremo a extremo, vinculando el diseño y el proceso de producción, con una cadena de datos que va desde el concepto de diseño hasta la parte terminada. La digitalización también le permite a las organizaciones conocer el funcionamiento de sus sistemas o instalaciones, simular posibles escenarios y comprender los impactos de un cambio en una parte del proceso o de la red.

Tal como se mencionó anteriormente, la industria 4.0 no apunta solo a la cadena de abastecimiento o a la producción, sino que también busca la mejora en la operatoria y manejo del negocio y en el crecimiento de los beneficios monetarios.

La combinación de las tecnologías del mundo digital con las del físico afecta la forma en la que los clientes, consumidores, empleados y muchas otras partes integrantes del negocio interactúan con la organización, brindando una experiencia completamente diferente. Del otro lado del mostrador, las organizaciones que se dediquen a la producción y movimiento de información, como las financieras y las tecnológicas, van a enfrentar muchas de las mismas consideraciones que las que se dediquen a la producción y movimiento de bienes: cómo usar la información de los sistemas interconectados para lograr mejores productos y servicios, experiencias del cliente, y mejoras en las relaciones con proveedores y otros stakeholders.

Los 3 sectores claves que al día de hoy se ven más impactados por la industria 4.0 son en los productos, clientes y cadena de abastecimiento.

Productos: las tecnologías de esta cuarta revolución industrial pueden transformar la forma en la que los productos son diseñados, desarrollados y fabricados. Las tecnologías de conectividad incluso pueden llevar a productos y servicios completamente nuevos. El uso de sensores, accesorios, la analítica, el machine learning, la forma avanzada de producción aditiva, el control numérico por computadora avanzado y la robótica pueden permitir mejoras en los productos en muchas formas distintas. Desde la realización de rápidos prototipos y testeos y la adición de conectividad a productos que no la tenían, hasta formas innovadoras de ofrecer los productos (Sniderman, Mahto, & Cotteleer, 2016). Finalmente se puede llegar a nuevos modelos de negocios, como empresas que vendan información y servicios en relación a un producto ofrecido. Los datos e



información del comportamiento de los productos que ya están instalados también pueden ser muy importantes, ya que esto puede llevar a mejor servicio, mejoras en las garantías ofrecidas, visibilidad de los patrones de uso y una monetización de la información recaudada.

Cadena de abastecimiento: toda empresa tiene una cadena de abastecimiento, aunque puede tomar formas distintas en cada una, dependiendo de las necesidades operacionales. Si bien la cadena puede comprometer materiales, partes y otras cosas materiales o datos, información y experiencia, las organizaciones siempre dependen de inputs externos para poder operar. La industria 4.0 permite una fábrica inteligente, una cadena de abastecimiento y logística en red y conectadas, la planificación de informes y procesos de inventarios, junto con otras opciones que permiten a la empresa saber, de forma más precisa y en tiempo real, cosas que antes no sabía. Estas capacidades pueden tornarse particularmente destacadas al ver los cambios que la industria 4.0 trae a todos los stakeholders de un ecosistema. Inteligentes y conectados, las tecnologías digitales cambiarán la forma en que los consumidores y otras partes del panorama empresarial esperan experimentar lo que sea que se vaya a experimentar cuando interactúen con una empresa o sus productos y servicios. Esto creará desafíos y oportunidades en la cadena de abastecimiento, algunos de los cuales pueden ser abordados y aprovecharse utilizando las herramientas de la industria 4.0.

Clientes: la industria 4.0 presenta nuevas oportunidades de innovación y crecimiento para todas las etapas de la experiencia del cliente. La información y datos recaudados mediante productos y servicios inteligentes pueden permitir una mejor comprensión de los clientes. La información de los sistemas conectados puede mejorar la experiencia del usuario, la estrategia de ventas y promoción, e incluso mejorar a la propia empresa o a sus socios en los servicios post venta y de soporte a clientes, fortaleciendo la relación con este último. La experiencia del cliente en la era de la industria 4.0 no va a estar solo marcada por el producto físico en sí mismo, sino que también van a influir la información, la analítica y la customización que hacen la interacción del cliente con el producto más transparente, y la forma en la que la empresa usa y acciona en base a los insights reunidos. De esta manera, las empresas pueden usar los principios del bucle PDP (physical-to-digital-to-physical o físico-a-digital-a-físico) para involucrar y fidelizar mejor a sus audiencias, mantener un alto grado de conexión, tanto internamente como con toda su red, y monetizar de mejor forma sus productos y servicios.

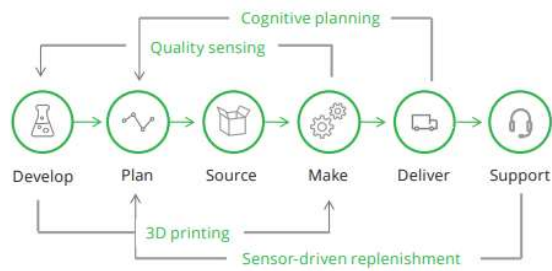
### **2.3.3 ¿Cuál es su impacto?**

Los efectos de la industria 4.0 se pueden visualizar en múltiples niveles: en el nivel organizacional, en el nivel individual del empleado, en el nivel individual del cliente, en la interacción de estos dos, y en la interacción de todo el ecosistema también.

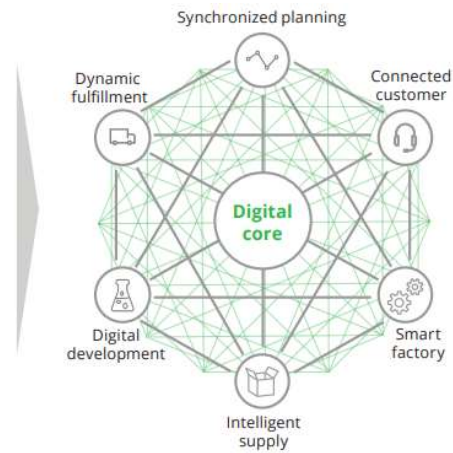
En referencia a la interconexión de todo el ecosistema, la industria 4.0 ayuda a la toma de mejores decisiones. No solo se presagia un cambio en cómo las compañías operarían y se producirían los bienes, sino en cómo el ecosistema (proveedores, clientes, entes reguladores, inversores y otras terceras partes) funcionan e interactúan. Las tecnologías de la industria 4.0 crean el potencial para las interacciones entre cualquier punto de la red. De esta manera, los stakeholders pueden trabajar de forma conjunta más eficientemente, usando un flujo constante de datos provenientes de sistemas interconectados, para aprender y adaptarse a nuevas condiciones, e incluso comenzar a predecir en vez de reaccionar.

Si bien la cadena de suministros no es la única aplicación de tecnologías avanzadas de la industria 4.0, parece proporcionar una útil ilustración de las formas en las que la industria 4.0 y sus mejoras pueden interconectar un ecosistema, permitiendo a todas las partes interesadas integrar e intercambiar información de muchas fuentes diferentes y tomar decisiones de una forma más holística. Este cambio en la forma de negocios, que migra de uno lineal y con operaciones secuenciales a un sistema abierto e interconectado, puede cambiar a la industria y sentar las bases de como las empresas van a operar, colaborar y competir en el futuro.

## Cadena de suministros tradicional



## Red de suministros digital



### C. Cadena vs Red de suministros (Deloitte, 2014)

La integración digital de la información desde diferentes fuentes y localizaciones permite llevar a cabo negocios en un ciclo continuo. A lo largo de este ciclo, el acceso en tiempo real a la información está impulsado por el continuo y cíclico flujo de información y acciones entre los mundos físicos y digitales.

Algunos ejemplos de mejoras gracias a las Industria 4.0 son:

- Cloud Services (Servicios basados en nube)
- Inteligencia Artificial
- Big Data & Analytics
- Maquinarias autónomas (Vehículos, máquinas, Robots, etc)
- Realidad Aumentada
- IoT (Desarrollado en el próximo acápite)

## 2.4 IoT

### ¿Qué es IoT?

IOT, *Internet of Things*, es la sigla que se usa para denominar una nueva corriente y concepto que surgió a lo largo de estos últimos años. La idea es la de darle “vida” a los objetos inanimados y que son funcionales a la vida de las personas, de manera tal que sean conectables a Internet y de esta manera tener la posibilidad de que sean medibles, analizables y sobre todo predictibles.

Este nuevo abanico de avances tecnológicos brinda infinitas posibilidades y beneficio en la vida de todas las personas a diario. Los campos de acción que más beneficios tienen pueden ser la de la salud, la producción de bienes y servicios, la industria alimenticia, automotriz, entre tantos otros sectores que se benefician de esto.

Haciendo foco especial en la Industria Fabril y de Manufactura, la tecnificación de los procesos productivos, y la obtención de datos de cada etapa específica de estos procesos permite a los Ingenieros que planifican la producción, el mantenimiento y llevan a cabo diversas tareas referidas al proceso productivo, muchas más posibilidades e información que sin dudas colaborarán a la eficiencia de las Compañías.

En las plantas industriales, el hecho de que muchos equipos (por no decir todos) sean monitoreados por una gran red de datos, permite que los equipos generen diferentes tipos de avisos, mensajes y alarmas ante los diferentes sucesos que puedan llegar a ocurrir durante su funcionamiento. Lo más importante, es que estos mensajes, pueden llegar también a disparar acciones de prevención y/o corrección, sin necesidad de intervención humana, lo cual en cuestión de segundos una fábrica puede auto preservarse en caso de que los sistemas estén detectando alguna variable que pueda poner en riesgo los equipos o procesos.

Un concepto devenido de la recolección de estos datos, da lugar a las “Smart Factories”, las cuales son Compañías que han hecho un cambio importante en el cual implementaron todo tipo de tecnologías para poder medir y gestionar a través de la obtención de estos datos.

Pero esto no termina acá, sino que a partir de los datos recolectados es donde todo cambia, ya que la clasificación y análisis de estos datos por un área especializada en su totalidad, sin dudas va a dar lugar a cambios radicales en los procesos a partir de información que antes no se tenía.

Este análisis, no puede ser por sí solo, sino que irá acompañado de una lectura pormenorizada y puesta en contexto correlacionada con los diferentes estados que el equipo haya tenido en el momento de su operación. Por ejemplo, una máquina que arrojó un valor alto en temperatura de operación, o alto consumo de aceite, irá correlacionado con información respecto de las condiciones climáticas del momento, la persona que la estaba operando, las horas de uso que llevaba sin una parada técnica y otros datos sensibles que complementarán la visión.

No obstante, no todo es tan sencillo como parece, ya que, para poder establecer una red de equipos interconectados, sensorizados y monitoreados de este modo, hace falta establecer algunos parámetros a definir como por ejemplo el “idioma” que hablarán esos dispositivos, la red de datos que usarán (WiFi, 3G/4G, Bluetooth, Radiofrecuencia, etc), y luego el sistema de volcado de toda esta información para que sea útil su lectura e interpretación.

Esto sin dudas es una tendencia que apareció hace un par de años, y en este último tiempo tomó mucha fuerza, y seguro que su avance será cada vez mayor, como lo estamos viendo en numerosas aplicaciones en las cuales con ayuda de tecnología se pueden lograr cosas hasta hace años impensadas: Médicos que conocen el ritmo cardíaco de todos sus pacientes en tiempo real, dueños de extensas tierras que saben online la cantidad de riego que tienen sus siembras, presión de neumáticos de todos los camiones de una empresa de logística, por nombrar algunas cosas que hace 10 años sonaban de ciencia ficción.

A modo de resumen, esta tendencia traerá no sólo beneficios, sino que la ausencia de la misma en procesos productivos en corto y mediano plazo, hará que los mismos sean ineficientes, y por eso más costosos.

Es por todo esto, que SMAD es una alternativa viable y necesaria para que las fábricas de una dimensión considerable, o que presenten alguna criticidad en sus procesos y/o equipos, empiecen a pensar en implementar sensorización y medición de variables,

desarrollando áreas específicas que acompañen la lectura e interpretación de todos estos datos.

### **3. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION**

Se aplicarán los conceptos expuestos en la primera parte del trabajo a una empresa testigo con el objeto presentar el desarrollo de un producto que resuma lo antedicho.

#### **3.1 CASO ACOTEC S.A.**

Acotec S.A. es una empresa metalúrgica especializada en el diseño, fabricación, reparación, venta y distribución de equipos y elementos para la transmisión de potencia mecánica.

En su cartera de productos se encuentran los acoplamientos (de engranajes, de grilla, de láminas, hidráulicos, elásticos, entre otros), actuadores mecánicos, poleas, sistemas de frenos, motorreductores y reductores de velocidad.

Fue fundada en 1963 por el Ingeniero Alberto Dubinsky, y comenzó siendo una empresa exclusivamente de ingeniería, para unos años más tarde, al ver que no habían fabricantes locales de productos de mecánica y que sus clientes le soliciten los productos, dedicarse también a la fabricación de los mismos.

En el año 1993, el Licenciado Sergio Dubinsky, hijo de Alberto, asume la dirección general de la compañía, llevando a cabo grandes cambios estructurales, redefiniendo políticas comerciales y actualizando las estrategias que impulsaron el desarrollo de los negocios. Así, por ejemplo, se profundizó el proceso de profesionalización del management, se abrieron oficinas comerciales en Brasil (1998), y se incorporó equipamiento nuevo (2000) orientado a la creciente demanda de producción, entre otras acciones. Bajo su dirección la empresa creció tanto en el país como en los mercados latinoamericanos.

Continuando con esta línea de grandes cambios, en el año 2005 la empresa mudó sus instalaciones a una planta de mayor tamaño situada en Villa Adelina, Provincia de Buenos Aires, y siguió adquiriendo nuevos equipos e incorporando personal. También reforzó su campaña de expansión, incorporando nuevos distribuidores en Venezuela, Chile, Perú, Colombia, Bolivia y Alemania, además de abrir nuevas oficinas en Estados Unidos.

En la actualidad, la empresa cuenta con más de 60 empleados y es una de las firmas mejor posicionadas del mercado en lo que respecta a equipamiento de transmisión de fuerza. Se encuentran presentes en la mayoría de las industrias, brindando productos y servicios para las siderúrgicas, mineras, petroleras, papeleras, alimenticias, cementera, aceiteras, etcétera, más importantes del país y de la región.

En los últimos 20 años, desarrolló un equipo de operarios profesionales y dedicados exclusivamente a la fabricación y reparación de reductores de velocidad, que junto a los acoplamientos, son sus dos principales productos y servicios.

### 3.2 Experiencia y calidad

Además de los más de 60 años de existencia, la empresa está certificada bajo las normas de calidad ISO 9001:2015 para el diseño, fabricación, reparación y comercialización de todos los productos.

La empresa también fue decretada hace más de 10 años como taller autorizado para el mantenimiento y reparación de equipos por algunas de las marcas internacionales más reconocidas en fabricación de cajas reductoras de velocidad. Entre las más destacadas se encuentran:

- Hansen, Bélgica.  (<https://us.sumitomodrive.com/en/page/hansen-industrial-gearboxes>).
- David Brown-Santasalo, Inglaterra.  (<https://dbsantasalo.com/>).
- Nord, Alemania.  (<https://www.nord.com/en/home-de.jsp>).

Las mencionadas empresas, al no contar con talleres propios en el país, necesitaron buscar un socio local que pueda brindar el servicio de inspección, diagnóstico, reparación y mantenimiento de sus equipos, garantizando la calidad que sus marcas representan. Luego de estrictas auditorías y visitas a la planta, decidieron depositar su confianza en Acotec, sellando acuerdos para el mercado argentino y, en algunos casos, latinoamericano.



### **3.3 Principales productos**

Acotec tiene desarrollada una amplia línea de productos de diseño y producción propia. Entre ellos se encuentran acoplamientos de varios tipos (dentados, elásticos, de grilla, de lámina, con lubricación, sin lubricación, para alto torque, para bajo torque, etc.), reductores e incrementadores de velocidad, frenos, embragues, cardanes, poleas, motorreductores, engranajes, aeroenfriadores y gatos mecánicos.

Los dos productos de mayor flujo y presencia en el mercado son los acoplamientos, sobre todo los dentados y elásticos, y los reductores de velocidad.

Dichos productos están presentes en toda fábrica en donde haya un motor. Es decir, Acotec, a través de su marca comercial Tecnon, está presente en todas las industrias del país.

Los acoplamientos, o acoples, se usan para conectar dos ejes por sus extremos para poder transmitir potencia mediante la transferencia del movimiento de rotación de un eje a otro. Por lo general los acoplamientos son de acero, pero también pueden ser de aluminio u otros materiales.

#### **3.3.1 Cajas Reductoras de Velocidad**

Las cajas reductoras de velocidad son mecanismos en los cuales mediante varios engranajes de distintos tamaños y módulos se convierte la velocidad de un motor en fuerza para mover algo. Esta fuerza de salida se llama torque. Se llaman cajas reductoras debido a que todo el tren de engranajes está situado dentro de una caja. Además de esta adaptación de velocidad, se deben contemplar otros factores como la potencia mecánica a transmitir, la potencia térmica, rendimientos mecánicos (estáticos y dinámicos).

A continuación algunas imágenes ejemplificadoras de diversas cajas reductoras de velocidad reparadas o fabricadas por Acotec.



D. Caja Reductora de Velocidad Marca Hansen Abierta, de ejes paralelos.



E. Caja Reductora de Velocidad Marca Hansen Cerrada, de ejes paralelos.



F. Caja Reductora de Velocidad Marca Hansen, de ejes paralelos, vista lateral.



G. Caja Reductora de Velocidad Marca Tecnon (Acotec), de ejes ortogonales.

Existen diversos modelos de cajas reductoras de velocidad. Entre ellas se encuentran los modelos planetarios, de sin fin y corona y de engranajes paralelos, perpendiculares, coaxiales y ortogonales. Cada uno de ellos se utiliza para una aplicación, transmisión o disposición diferente.

En todos los reductores hay un eje de entrada, el cual se conecta con el motor, engranajes montados sobre ejes, y un eje de salida, el cual transmite el torque deseado a la máquina en cuestión. A cada eje que contiene engranajes se lo llama etapa. La cantidad de etapas de un reductor varía según la magnitud de la reducción deseada y el espacio disponible para colocar el reductor. Cuanto mayor es la reducción deseada más cantidad de etapas o mayor tamaño de engranajes se precisan.

La fabricación o selección de un reductor de velocidad es algo sumamente complejo en algunas ocasiones dada la gran cantidad de parámetros a tener en cuenta. Los principales son:

- El par motor, es la potencia que puede transmitir un motor en cada giro. También llamado torque.
- Par nominal: es el par transmisible por el reductor de velocidad con una carga uniforme y continua; está íntimamente relacionado con la velocidad de entrada y la velocidad de salida. Su unidad en el SI es el N m (newton-metro).
- Par resistente: representa el par requerido para el correcto funcionamiento de la máquina a la que el reductor de velocidad va a ser acoplado. Su unidad en el SI es el N m.
- Par de cálculo: es el producto del par resistente y el factor de servicio requerido por la máquina a la que el reductor de velocidad va a ser acoplado. Su unidad en el SI es el N m.
- Potencia: expresada normalmente en kw (kilovatios) la potencia eléctrica es considerada en dos niveles distintos: la potencia eléctrica aplicada y la potencia útil. Esta última es el producto de la potencia aplicada al ser multiplicado por cada uno de los rendimientos de cada par de engranajes del reductor de velocidad.
- Potencia térmica: los rendimientos de los trenes de engranajes tienen una pérdida de potencia en forma de calor que tiene que ser disipada por el cuerpo de los reductores de velocidad. Puede ocurrir que la potencia transmisible mecánicamente provoque un calor en el reductor de velocidad a unos niveles que impiden su funcionamiento normal.

La potencia térmica, expresada en kw, indica la potencia eléctrica aplicada en el eje rápido del reductor de velocidad que este es capaz de transmitir sin limitación térmica. Su unidad en el SI es  $P_{wt}$ . Los reductores de velocidad son aquellos componentes de una máquina que mediante rozamiento consiguen reducir la velocidad de dicha máquina o vehículo.

Todas las características recién mencionadas son cruciales para la correcta selección de la caja reductora a instalar en cada aplicación específica. Las mismas no son parte de las mediciones necesarias para conocer el estado y correcto funcionamiento de las cajas, a excepción del torque, el cual es fundamental que sea transmitido tal cual se calculó en la etapa de diseño. El mismo no suele medirse con las metodologías actuales de mantenimiento y es una de las variables que permite controlar con facilidad el sistema de monitoreo a distancia.

El estado de una caja reductora de velocidad depende de varios factores que precisan ser controlados con regularidad, ya que una falla en la caja puede poner en riesgo la operatoria de una planta entera y en riesgo la integridad de toda la cadena cinemática. Las partes que deben ser controladas para garantizar el correcto funcionamiento son los rodamientos y las juntas, la calidad y cantidad del aceite lubricante, el estado de los engranajes, sobre todo de sus dientes, y la correcta alineación del equipo.

Revisar alguna de estas cosas durante la fabricación o con la caja fuera de la línea de producción no es complejo, ya que uno puede abrir la caja y desarmarla sin problema. Lo difícil es revisar el estado de la caja con la misma montada en la línea, ya que el acceso a la misma no suele ser fácil y que hacer los controles por la tapa de inspección, que suele ser pequeña, no permite un análisis preciso. Desmontar la caja para controlarla no es recomendable, ya que implica para la producción por un tiempo sustancial y que el montaje y desmontaje de la misma requiere de mucho conocimiento y experiencia.

Los análisis que se hacen para medir el correcto funcionamiento de todas las partes mientras el equipo trabaja son:

- Control de temperatura de la caja.
- Medición de vibraciones.
- Análisis de partículas en el aceite y estado general del mismo.
- Velocidad de salida, es decir torque transmitido.

Si cualquiera de estos cuatro parámetros está fuera de los niveles regulares da indicios de algún inconveniente y una probable falla inminente. En estos casos no hay un indicador estándar que refleje el correcto funcionamiento sino que se arma el estándar específico para cada aplicación de forma particular.

Tal como se mencionó anteriormente, en la actualidad las mediciones indicadas se realizan de forma manual y presencial, con la mandatoria necesidad de tener acceso físico a la caja reductora y sin la posibilidad de controlar más de un equipo a la vez, salvo que se cuente con, por ejemplo, más de un medidor de vibraciones y más de un operario de mantenimiento.

Hoy en día en la industria nacional, se realiza un mantenimiento más reactivo que proactivo. Es decir, se espera a tener una falla, una disminución en la producción o algún indicio de que algo no está funcionando correctamente para realizar los controles pertinentes. Por lo general, las mediciones de vibraciones, temperatura y estado del aceite, solo se realizan cuando algún operario que pasó cerca de la caja reductora de velocidad escucha un ruido fuera de lo común o ve al equipo vibrando de más. Cuando esto ocurre, el encargado de mantenimiento se acerca con una pistola térmica para controlar la temperatura, con el equipo específico de medición de vibraciones o con un recipiente para recolectar una muestra del lubricante y mandarlo a analizar a un laboratorio. Para este último control es necesario parar la línea, ya que de otra manera se estaría poniendo en riesgo la integridad física del operario, y el análisis de la muestra puede demorar varios días.

Contrariamente, el control de la velocidad de salida de la caja, no necesita de la atención de un operario para ser activado, sino que con notar que la línea de producción está rindiendo menos de lo esperado ya se puede intuir que la caja reductora no está entregando la potencia deseada.

Todos estos controles, tienen un programa de mantenimiento específicamente diseñado para cada uso, pero muchas veces por sobrecargas en las líneas de producción, fallas eléctricas, desalineaciones o algunas otras causas que suelen aparecer es necesario ajustar estos cronogramas o realizar mantenimientos fuera del mismo. El inconveniente que surge en estos casos es que las empresas usuarias no son especialistas en cajas reductoras de velocidad y no adaptan de forma correcta el cronograma.

El mayor inconveniente que representa el esquema actual de mantenimiento de forma manual, no son los gastos que representa cada una de éstas pruebas (sueldo del encargado de mantenimiento, \$ 100.000 / mes, y su capacitación en el uso e interpretación de los equipos, U\$D 3.000 / usuario; equipo de medición de vibraciones, U\$D 7.500; análisis del estado del aceite en laboratorio, \$ 85.000), sino que el mayor inconveniente son las roturas críticas imprevistas, no detectadas a tiempo por la falta de controles recurrentes, y los altos tiempos de producción de una caja reductora de velocidad o de sus componentes.

Tal es así que, mientras este trabajo está siendo escrito, en Acotec hay un caso abierto de un cliente, una de las empresas siderúrgicas más importantes del país, a la cual, por no realizar los controles de forma continua, el reductor de velocidad que mueve la cuchara de una de sus dos acerías sufrió una rotura crítica, la cual le impide trabajar. Esta rotura generó la parada imprevista de media planta, para que genera pérdidas diarias de aproximadamente U\$D 180.000. Teniendo en cuenta que la reparación de esta caja lleva al menos 20 días, se puede aproximar la pérdida total en U\$D 3.6 millones.

En este caso uno se podría preguntar por qué no tener un equipo de backup. Lo cierto es que el equipo en cuestión tiene un precio de aproximadamente U\$D 350.000, capital que ninguna empresa desea tener inmovilizado. Una solución para estos casos es encontrar la forma de controlar constantemente, o más asiduamente, el estado de la caja para poder prevenir y prever fallas inminentes y poner en marcha de antemano la fabricación de los repuestos necesarios. Si todas las empresas, tuvieran que comprar equipos de backup de todos sus equipos críticos, sería muchísimo más alta la necesidad de inversión en Bienes de Capital.

En los últimos tres años Acotec ha tenido otros tres casos más similares al mencionado de la acería. Uno de una mina importante situada en la provincia de San Juan, con pérdidas diarias que rondaban los U\$D 800.000; otro de una reconocida cerealera y aceitera, con pérdidas que se acercaban a los U\$D 90.000 diarios; y por último, un tercer caso de una metalúrgica multinacional con pérdidas diarias de aproximadamente U\$D 120.000.

### **3.4 Principales clientes y contratos**

Acotec cuenta con una amplia y diversificada cartera de clientes, entre los cuales se encuentran las empresas más grandes del país.

Dentro de dicha cartera se encuentran empresas de los rubros siderúrgico, aceitero, petrolero, alimenticio y minería, entre otros.

Las empresas más destacadas dentro de los clientes de Acotec son:

- Grupo Techint, a través de todas las plantas de Ternium y Tenaris, y con quien tiene un contrato marco por la provisión de acoplamientos y está desarrollando uno para la reparación y mantenimiento de los reductores de velocidad para todas sus plantas.
- Y.P.F. Todas las refinerías de la empresa petrolera son clientes de Acotec, a quien le compran acoplamientos, cajas reductoras de velocidad, gatos mecánicos y varios productos más de la línea. Acotec es el principal taller de mantenimiento y reparación de cajas reductoras de velocidad de todas sus plantas de refinación, dueño del contrato marco por el recién mencionado servicio.
- Acindar es otro de los grandes clientes de la empresa con quien actualmente está desarrollando la implementación de un contrato marco por la reparación de cajas reductoras de velocidad.

Otros clientes que también utilizan productos Tecnon y realizan el mantenimiento y la reparación de sus cajas reductoras de sectores críticos con la empresa son:

- Las empresas mineras Barrick Gold Corporation, CODELCO, Panamerican Silver Corporation y Glencor, entre otras, quienes utilizan las cajas reductoras para mover las largas cintas transportadoras que trasladan los minerales desde adentro de la mina hacia afuera.
- Las empresas aceiteras y alimenticias Bunge Argentina SA, Aceitera General Deheza SA, Cargill SA, LDC Argentina SA y Molinos Río de la Plata SA, quienes utilizan los productos en lugares críticos, como lo son la base de los toasters.

### **3.5 Competencia local e internacional**

En el país no hay muchas empresas que cuenten con la experiencia y la penetración de mercado que tiene Acotec SA. Además de su alta calidad de producto, la compañía marca una diferencia en cuanto a su capacidad de brindar soluciones integrales a los problemas



en las líneas de transmisión de los clientes. Es decir, la empresa no solo brinda un reemplazo o una reparación de un producto, sino que realiza un análisis integral de toda la línea en donde se produjo la falla para poder brindar la mejor solución posible, incluyendo el producto correcto, la reparación necesaria o proponiendo una modificación en la cadena cinemática para evitar futuros problemas y mejorar la eficiencia de la línea en cuestión.

En lo que se refiere a acoplamientos, que hoy en día podrían ser considerados un *commoditie*, las empresas locales con las que compete Acotec son Tecnometal, Sauve, Fundal y Tupac. No con todas compete en todos los modelos de acoples ni en todos los clientes. En cuanto a la competencia internacional aparecen las marcas Fundal, Rexnord y Maina. Estas empresas muchas veces tienen mejores precios, pero al no estar presentes visitando constantemente las plantas de los clientes no logran una alta presencia en el mercado.

Por otro lado, en el mercado de las cajas reductoras de velocidad hay que dividirlo en dos, por un lado, los productos nuevos y por otro las reparaciones. Si bien muchas veces los pedidos de los clientes piden la opción de producto nuevo y la reparación del existente, para poder comparar los precios, las empresas internacionales tienen una casi nula participación en el mercado de reparación y mantenimiento por no tener talleres propios en el país.

La empresa tiene dos competidores locales, que participan tanto del mercado de productos nuevos como en el de mantenimiento, quienes al solo dedicarse al rubro de cajas y no a toda la línea de transmisión tienen menor presencia en el mercado. Dichas empresas son Hillman y Ferguson. En cuanto a marcas internacionales la cuestión es completamente distinta ya que Acotec además de competir con estas empresas también suele ser intermediario entre las mismas y el cliente, revendiendo los productos de las empresas extranjeras. Las empresas internacionales con las que compete son Sumitomo, Hansen, David Brown-Santsasalo, Rossi y SEW. Si bien las marcas internacionales a la hora de competir por un producto nuevo corren con ventaja en cuanto a costos y escalas de producción, muchas veces no tienen la llegada necesaria o similar a la de Acotec en los departamentos de ingeniería, mantenimiento y compras de los clientes, lo que deriva en la imposibilidad de vender de forma directa sus productos. Lo que sucede en estos casos es que el cliente le pide a Acotec específicamente una marca en particular para reemplazar

un producto y se le cotiza el producto solicitado y uno intercambiable de fabricación propia.

En resumen, si bien hay competencia en todos los mercados, Acotec se encuentra muy bien posicionado y considerado tanto en el mercado de productos nuevos como en el de mantenimiento y reparación de equipos.

## 4. SMAD: Sistema de Monitoreo a Distancia

El proyecto a desarrollar se basa en el diseño, fabricación y comercialización de un elemento de medición de distintas variables mediante sensores para facilitar y economizar el mantenimiento de los equipos y poder migrar del mantenimiento actual a un mantenimiento preventivo y hasta predictivo.

El mencionado equipo es el SMAD (Sistema de Monitoreo a Distancia) y viene a solucionar los problemas y las dificultades para medir y controlar las vibraciones, temperatura, velocidad de salida, estado del aceite y estado de las piezas de las cajas reductoras.

Además de eliminar los riesgos de acceder a los peligrosos lugares en los que se encuentran las cajas reductoras de velocidad, se busca mejorar los tiempos de control y permitir un seguimiento en vivo de las variables críticas para el correcto funcionamiento de la línea, ayudando a las empresas a evitar pérdidas millonarias por paradas de planta.


El SMAD tiene cuatro versiones diferentes, las cuales difieren entre sí en la cantidad de variables que controlan y en la posibilidad de la gestión de datos por parte de Acotec.


Las cuatro versiones son:

### MODELOS SMAD


4 NIVELES DIFERENTES DE MONITOREO


MODELOS	Mediciones / Alarmas	Notificaciones / Comunicación
Serie 100	 	 
Serie 110	  	 
Serie 120	   	 
Serie 200	   	  

 Agua, oxidación, vida útil, nivel de aceite


 Velocidad de salida

 Conectividad LAN a PLC/DCS

 Monitoreo y control de la información a través de la nube de Acotec

 Temperatura del aceite y del equipo

 Vibraciones

 Visor de indicación de estado general

### H. Modelos SMAD

Tal como se ve en la imagen, la Serie 100 permite controlar la temperatura de la caja y del aceite, así como también las vibraciones del equipo.

La Serie 110 también permite controlar las temperaturas de la caja y el aceite, pero a diferencia de la serie anterior permite monitorear la velocidad de salida y controlar el estado del aceite. Esta serie no cuenta con el sensor de vibraciones.

La Serie 120 es una combinación de las dos series anteriores. Esta última permite tanto medir vibraciones, temperatura de la caja y del aceite, así como la velocidad de salida y controlar el estado del lubricante.

Toda la serie 1 (modelos 100, 110 y 120) cuentan con la posibilidad de conectar el equipo mediante cable o de forma inalámbrica al PLC (Controlador lógico programable), en otras palabras el cerebro de toda la computadora, y a una interfaz de monitoreo. También cuentan con un visor de monitoreo instalado en la misma caja.

La Serie 2, que cuenta con un solo modelo llama 200, permite monitorear los mismos parámetros que el modelo 120 pero se diferencia del modelo previo por la carga de información a una nube gestionada por Acotec, desde la cual este último descarga la información a una interfaz propia y realiza un monitoreo del equipo. El beneficio de este monitoreo por parte de la empresa experta es que puede aprender del comportamiento de la caja ofreciendo mejoras además de poder anticiparse a roturas en los equipos. Esta anticipación puede permitirle a Acotec comenzar de antemano la fabricación de repuestos para que cuando ocurra la falla no sea necesario esperar, como mínimo, veinte días hasta tener el equipo en funcionamiento nuevamente. Además, la Serie 2, la cual se vende mediante la modalidad de suscripción, permite al usuario contar con las actualizaciones del sistema de forma gratuita, y recibir las notificaciones de Acotec mediante correo electrónico, además de las alarmas por defecto del sistema.

## **4.1 Desarrollo y valor agregado**

El desarrollo se compone de dos partes principales: el desarrollo del hardware, compuesto principalmente por sensores que nos van a permitir recaudar y medir los datos necesarios, y el desarrollo del software, el cual va a permitir procesar dichos datos y convertirlos en información, la cual vamos a poder usar para entender los

comportamientos de los equipos y aprender de los mismos para prevenir fallas y roturas.

#### **4.1.1 El Hardware**

La parte física del equipo está conformada por los 5 sensores necesarios para medir las vibraciones del equipo, la velocidad de salida, la temperatura general del equipo, la temperatura, estado y nivel del aceite y la presencia de partículas en el aceite. También componen el hardware los elementos necesarios para conectar el equipo de forma inalámbrica a la red interna del usuario y a internet, para poder recibir los datos desde cualquier lugar.

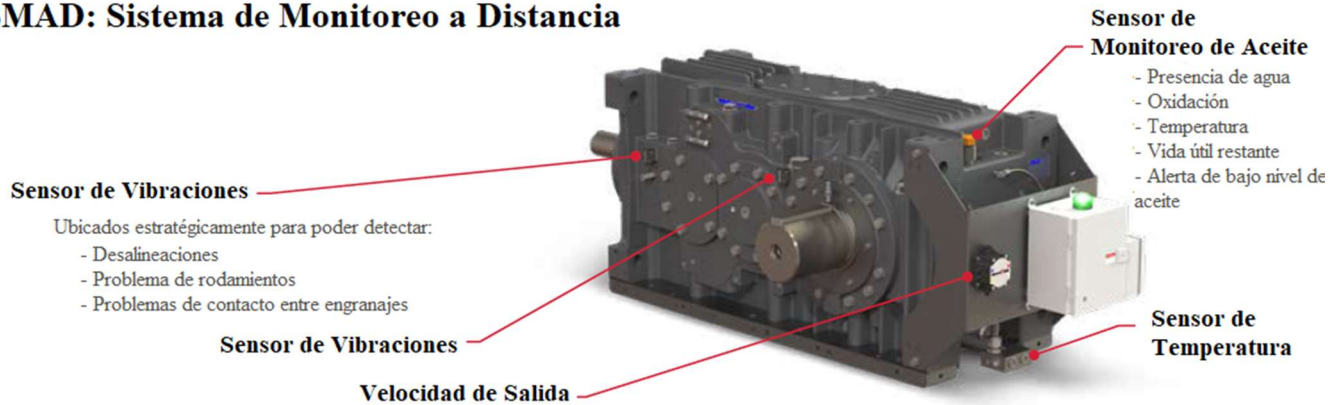
El sensor de temperatura de la caja es un termómetro que se coloca en la parte inferior de la caja, del lado interno, que mide de forma constante la temperatura general del equipo.

Los sensores de vibraciones son 2 y se ubican en dos lugares claves. Los mismos realizan mediciones de forma constante y ayuda a detectar cuando el equipo sale de los parámetros aceptables en cuanto a desalineaciones, estado de los engranajes y problemas con los rodamientos.

El sensor de velocidad de salida se encarga de medir de forma constante las r.p.m. y el torque que está entregando el equipo, para de esta forma saber si la línea está funcionando con la velocidad deseada o no. Entregar revoluciones de más o de menos puede derivar en roturas en la línea de transmisión o en la imposibilidad de mover el equipo deseado.

El sensor de monitoreo del aceite es el sensor más complejo de todos ya que va tomando muestras constantes del aceite y mide seis cosas distintas del mismo. Una de las variables que mide es la temperatura del aceite para saber si el aceite está en las condiciones deseadas para poder operar y no perder la viscosidad óptima. Este sensor también mide el estado del aceite, detectando la presencia de partículas en el aceite (esta presencia puede derivar en graves roturas de los engranajes), la cantidad de agua presente, la oxidación, la vida útil restante del aceite y que el equipo tenga la cantidad necesaria del mismo. Este análisis no se lo realiza de forma constante sino que se configura para realizarlo cada una determinada cantidad de horas.

## SMAD: Sistema de Monitoreo a Distancia



### I. Ubicación Sensores SMAD

#### 4.1.2 El software

En el desarrollo del software es donde realmente se encuentra el valor agregado y el diferencial del equipo, ya que la recolección de datos sin el correcto procesamiento, interpretación y aprendizaje de los mismos no estaría generando ningún beneficio al usuario.

El desarrollo del soft se realiza en conjunto con una empresa especializada en este tipo de desarrollos, la cual se apoya en la experiencia y conocimiento de Acotec para configurar la recolección de datos, el procesamiento y la presentación de los mismos en la interfaz del sistema, la definición de estándares, la redefinición constante de estos últimos y la configuración de alarmas entre otros.

Este software permite, mediante su interfaz, controlar los parámetros de temperatura, velocidad de salida y vibraciones de forma constante, además de programar los controles del estado del aceite según las necesidades del usuario.

También permite la programación de alarmas, tanto en equipo instalado en la caja reductora como en la interfaz de la computadora o tablet, que indican que alguna de las mediciones está fuera de los parámetros definidos y que es necesario realizar alguna tarea de mantenimiento. Con estas alarmas se facilita la detección de problemas por parte de los equipos de mantenimiento sin la necesidad de tener acceso físico al reductor.

La serie 200 permite también configurar el envío de alarmas por correo electrónico, lo que facilita el control de los equipos aun cuando no se tiene acceso a la interfaz de control.

El software del SMAD, como una de sus principales características, es compatible con otros sistemas de monitoreo de planta, lo que permite incorporar en su interfaz el estado de los demás equipos que forman parte de la cadena cinemática de transmisión, como por ejemplo el motor, así como también la información de carga de los equipos finales, como por ejemplo los kilogramos de cereal cargados en el toaster de una cerealera.

Esto facilita el aprendizaje sobre el comportamiento de la caja reductora frente a diferentes situaciones y usos de la línea de producción. Es decir, se puede saber cómo reacciona la caja si se aumenta la carga en el toaster o si una falla fue consecuencia de un problema en el motor o en el suministro de energía.

De esta forma se puede mejorar constantemente, tanto la selección de la caja reductora, y del resto de los componentes de una línea de producción, así como la carga óptima de un toaster, una cinta transportadora o un elevador de cangilones.

El principal valor agregado del sistema SMAD, además de mejorar los procesos, es bajar los costos y tiempos de mantenimiento de las cajas reductoras, para lograr previsibilidad en el comportamiento del equipo, logrando predecir fallas futuras que ponen en riesgo la línea de producción. Tal como se expuso anteriormente, se presentan de forma constante casos en los cuales hay que parar de forma completa una línea de producción por la rotura de una caja reductora de velocidad, paradas que generan pérdidas de cientos de miles de dólares por día. Si en estos casos se logra predecir la falla, poner en fabricación los repuestos y realizar una parada de planta programada, se pueden evitar pérdidas millonarias.

El SMAD también permite a las empresas que prefieren evitar esta clase de inconveniente teniendo en stock un equipo de backup, y así no tener durante tiempo indefinido cientos de miles de dólares inmovilizados, ya que con la predicción que permite el sistema se pueden fabricar los repuestos de antemano para tenerlos disponibles en el momento deseado.

## 4.2 Costo de desarrollo y producción, precio de venta y comercialización

El costo de desarrollo del SMAD se divide en tres partes: el desarrollo del software, la fabricación del dispositivo propiamente dicho y la infraestructura necesaria para el hosting y monitoreo de la información de los clientes.

El desarrollo del software es un trabajo que se realiza por única vez y puede ser escalable a grandes cantidades sin necesidad de nuevas inversiones en desarrolladores. Este trabajo se lo realiza en conjunto con una empresa especializada en esta clase de gestiones, Globant. Esta compañía se dedica a la ingeniería de software y tecnología de información. La misma cotizó por el trabajo completo de desarrollo del software, interfaz, configuración y capacitación, USD 50.000. También cotizó USD 7.500 por el desarrollo de actualizaciones mayores y USD 3.000 por cuestiones menores. La solución de errores y ajustes menores están cubiertos por los primeros dos años con el pago inicial, luego estarán a cargo del equipo de IT de Acotec, el cual será capacitado por Globant.

La fabricación del equipo propiamente dicho estará a cargo de un ingeniero electromecánico que ya forma parte de la organización. El mismo liderará un equipo de dos operarios, los cuales estarán encargados del ensamble de los componentes en un único modelo de caja modular que puede soportar cualquiera de los 4 modelos. La tarea del ingeniero líder será encargarse desde el abastecimiento de los componentes hasta la realización del control de calidad de los equipos terminados. El armado de cada dispositivo le lleva a un operario aproximadamente una hora de trabajo y al ingeniero aproximadamente dos horas y media, entre abastecimiento, configuración y pruebas. A este costo horario hay que sumarle el costo de los componentes (caja, sensores, cables, etc.) para conocer el costo unitario de fabricación de cada equipo.

Los costos de fabricación de cada modelo quedan de la siguiente manera:

Serie 100	Serie 110	Serie 120	Serie 200
USD 850	USD 850	USD 1.020	USD 1.650

En tercer y último lugar, hay que sumar a este proyecto el costo de la infraestructura necesaria para realizar el hosting de la información de los clientes y el monitoreo y análisis de la misma. Este costo impacta solamente en la Serie 200 y está compuesto por 2 servidores físicos y 2 servidores cloud, que brindan la redundancia, seguridad y



capacidad necesaria para albergar datos de más de 500 equipos. A esto hay que sumarle el costo energético de dichos servidores y sus equipos de refrigeración, el costo del espacio físico, de su mantenimiento y de los especialistas en IT. El costo final de lo recién mencionado se divide entre una inversión inicial de USD 25.000 y un costo mensual de USD 4.500 (dimensionado para el monitoreo de 500 equipos).

En resumen, el proyecto requiere de una inversión inicial de aproximadamente unos USD 100.000 y un desembolso mensual de entre USD 6.000 y USD 8.500, los cuales se espera recuperar en un período de un año y tres meses.

El precio de venta de los equipos Serie 100, 110 y 120 incluye el dispositivo, la instalación, la calibración y tres licencias para el acceso a la interfaz de monitoreo. Además de lo recién mencionado, el precio incluye un ajuste de la calibración y de los parámetros dentro de los seis meses de uso, la cual debe ser solicitada por el cliente. Estos tres modelos se venden únicamente bajo la modalidad de compra y no de suscripción, como el SMAD Serie 200.

Los precios de venta para los primeros tres modelos de la serie son:

- Serie 100: USD 10.500.
- Serie 110: USD 12.000.
- Serie 120: USD 16.000.

Por otro lado, el modelo Serie 200 no permite la venta simple, como los otros tres modelos, sino que se adquiere bajo el modo de suscripción. Esto se debe a que el diferencial de este modelo es la gestión, por parte de Acotec, de los datos recolectados. Los mismos son hospedados en servidores propios del prestador del servicio y monitoreados por personal experimentado en el comportamiento de las cajas reductoras de velocidad. Esta modalidad tiene la ventaja que, además de permitirle al usuario monitorear los equipos mediante la interfaz del SMAD, cuenta con un sistema de alarmas enviadas por correo electrónico para la realización de mantenimiento, cambio de aceite o la necesidad de programar paradas de planta para reparaciones mayores. La suscripción incluye en su precio el dispositivo, la instalación, la calibración, cuatro licencias para el uso de la interfaz de monitoreo (tanto de la versión de escritorio como de la versión en la nube) y la instalación de actualizaciones del software. Además de lo recién mencionado, también están incluidas dos calibraciones y ajustes de parámetros dentro del primer año de uso.

El precio de la serie 200 se compone de:

- Compra de dispositivo: U\$D 4.500
- Suscripción: U\$D 250 mensuales (contrato mínimo 36 meses).

### **4.3 Mercado objetivo**

El mercado objetivo o target al cual apunta el producto de este proyecto, se basa mayoritariamente en compañías con procesos fabriles complejos, y que a su vez cumplen con algunas características determinadas, las cuales se describen a continuación:

#### **Plantas de proceso continuo**

En este tipo de Compañías, las cuales desarrollan procesos continuos de fabricación o transformación, en el caso de que ocurra una parada de la línea de producción en forma repentina o imprevista, o bien un descenso marcado de la performance de la línea por debajo de lo requerido, deriva inmediatamente en una merma en la producción con una consecuencia de pérdida de probablemente unos cientos a millones de dólares de facturación en términos económicos y otros tantos problemas operativos consecuentes.

En estos casos, sensorizar toda la línea de producción con nuestro equipo sería de gran utilidad para poder conocer en todo momento el estado y correcto funcionamiento del circuito de producción y de sus componentes.

Otra posibilidad fundamental que esta tecnología le brindaría a nuestro cliente, sería la de permitirle ir aprendiendo acerca del comportamiento de sus maquinarias ante los diferentes niveles de stress con distintas cargas en la línea y diferentes exigencias por parte del operador; incluso aprender cómo se comporta el equipo con diferentes temperaturas ambiente de operación.

Todos estos aprendizajes permiten evitar paradas imprevistas de la planta y, ante un mal funcionamiento, planificar el mantenimiento con antelación sin poner en riesgo la operatoria de todo el resto del circuito fabril.

Si bien las maquinarias operan con especificaciones de producción, muchas veces sucede que por operarla en un ambiente distinto, o bien en contexto de un circuito de producción distinto, el desgaste de la misma termina siendo otro, motivo por el cual puede devenir en roturas o fallas prematuras, que la unicidad de la máquina puede determinar.

### **Plantas con uno o varios equipos críticos**

En este tipo de líneas productivas, en donde se requiere que haya al menos un equipo crítico dentro de la misma, también la implementación de estos sensores reviste especial necesidad dado que éste equipo por la criticidad que reviste y su exigencia, requiere de un control exhaustivo y de un cuidado especial al formar parte de un ecosistema que tiene que estar en constante armonía en su conjunto.

No sólo el fin que se busca es el de garantizar el cumplimiento de los objetivos deseados, sino que también se apunta a controlar particularmente como mínimo a un equipo específico, el cual cumple una función crítica en un proceso productivo. Dichos equipos, por la criticidad de su trabajo, se suelen sobredimensionar y calcular con un factor de servicio alto, lo que hace que el bien en cuestión tenga un costo muy elevado.

Es por esto, que la criticidad del rol del equipo, sumado al alto costo del mismo y al todavía más alto costo de tener un equipo de backup para evitar fuertes pérdidas por una parada en el proceso productivo, justifican por completo la existencia de un equipo que permita conocer constantemente el estado de, por ejemplo, la caja reductora que mueve y sostiene el toaster de una aceitera o una cerealera de manera inmediata, constante y predictiva.

De esta forma, las empresas se pueden evitar grandes pérdidas por paradas e incluso la compra de un reductor de velocidad de backup, el cual pueden comprar recién cuando empiecen a notar problemas o anomalías en el funcionamiento del existente y que la decisión de reemplazarlo sea pura y exclusivamente por decisión de mantenimiento preventivo.

### **Plantas en las cuales haya una gran cantidad de equipos**

En este tipo de clientes objetivo, puede existir una gran cantidad de equipos que torne muy dificultoso o imposible controlar cada equipo de una manera exhaustiva y rigurosa, debido al tiempo necesario que demanda dicho control y a los recursos que esta tarea comprometería.

En estos casos la automatización de la recolección de datos mediante los sensores y el envío de los mismos a cualquier centro de control permite tener bajo una unidad de mantenimiento centralizada, cualquier cantidad de equipos con la frecuencia que uno desee sin la necesidad de insumir grandes cantidades de tiempo o de tiempo de personas, lo que implica un gran ahorro de dinero en personal de mantenimiento.

A su vez, lo que se observa en la historia de la prevención de anomalías y roturas, es que la toma de mediciones por parte de personas puede a veces ser imprecisa y al tener el componente subjetivo de que varias personas pueden estar tomando mediciones en cada una de las máquinas, pueden no tener un registro preciso de un cambio en algún valor que puede no ser observable para el ojo humano, pero sí categóricamente distinto para un dato de cómputo y posterior puesta en valor de un algoritmo.

### **Plantas con acceso restringido o complejo**

Existen muchos casos en los cuales el acceso a los equipos que revisten una alta criticidad, pueda ser de acceso complejo o restringido y que a su vez ponga en riesgo la integridad física del encargado de realizar los controles necesarios para el mantenimiento de los mismos.

Muchas veces puede ocurrir que sean máquinas de compleja operación, que requieran de un excesivo conocimiento y peligro para su manipulación, o también que opere con sustancias tóxicas o contaminantes las cuales sin dudas puede afectar la salud del trabajador.

En estos casos, muchas veces se exponen a los trabajadores a realizar estas tareas con el consecuente daño en su salud, o bien se omiten ciertos ciclos de control con el consecuente potencial daño por desinformación respecto de las máquinas.

En el caso de que se implemente un sistema como el que se está proponiendo, no se tendrá que exponer a ningún operario a tales peligros, ni tampoco omitir ciclos de mantenimiento por omisión, para poder obtener toda esta información de manera clara, segura y sin peligro.

En resumen, el equipo está pensado fundamentalmente para plantas de producción continua y para grandes empresas en las cuales un cese en la producción de forma imprevista deriva en bajas sustanciales en la facturación e incumplimientos importantes en las entregas.

Por todo lo hasta acá expuesto, estoy convencido que completamente conveniente realizar una inversión en este tipo de equipos y sistemas, para poder conocer constantemente el estado de la línea de producción y que en caso de tener que realizar una parada de planta para llevar a cabo el mantenimiento de la misma, éste sea planificado y sin consecuencias económicas u operativas, pudiendo conocer y planificar de antemano las consecuencias de la parada.

Muchas de las empresas que realizan procesos de alta complejidad fabril, van a empezar a requerir todo tipo de información de datos de producción, para poder lograr la eficiencia operativa, el ahorro de costos, el cumplimiento en las fechas de entrega y la seguridad de todos sus trabajadores.

#### **4.4 Ventajas competitivas**

Podemos enumerar algunas de las ventajas competitivas que puede traer la utilización de este tipo de equipos:

- Posibilidad de conocer en cualquier momento que se desee el estado de los equipos y de la línea de producción.
- Posibilidad de hacer controles de forma recurrente o con la asiduidad que la empresa crea conveniente reduciendo los costos del equipo de mantenimiento.

- Posibilidad de controlar una gran cantidad de equipos en simultáneo reduciendo tiempos, costos y demanda de personal.
- Reducción de los riesgos de accidentes gracias al control remoto que evita la necesidad de ingresos en zonas peligrosas o que revistan el carácter de complejas para el involucramiento de humanos.
- Ante una rotura imprevista en la caja reductora o una desalineación que ponga en riesgo la integridad de la línea de producción o de gran parte de la misma, existe la posibilidad de generar una parada automática para poder realizar el mantenimiento necesario sin que se generen otras roturas en el resto del ciclo productivo.
- Mediante este equipo y gracias al monitoreo constante, se puede aprender del comportamiento de los equipos y su funcionamiento con mayores o menores cargas y en diferentes condiciones climáticas. Este punto termina siendo fundamental, ya que permite poder prever roturas, así como también la necesidad de mantenimiento o cambio de piezas, o directamente avanzar con el reemplazo del mismo.
- El aprendizaje logrado a través de los datos recolectados de los sensores, también ayuda a mejorar el cálculo de equipos para futuras compras. Permitiendo diseñar equipos cada vez más eficientes para cada función específica.
- Una de las ventajas más importantes y también la búsqueda constante de las empresas, es la reducción en costos y tiempos en el mantenimiento de equipos gracias a la posibilidad de realizar mantenimiento predictivo y preventivo, en lugar del mantenimiento reactivo que conlleva pérdidas operativas, económicas y de calidad.
- Otra ventaja es la posibilidad de adaptar e instalar el dispositivo, en cualquiera de sus versiones, a cualquier caja reductora del mercado. Sin importar su marca, modelo o antigüedad.
- También se puede integrar el equipo a cualquier intranet o sistema que ya tenga instalado el cliente, de manera tal que no sea un requisito la necesidad de migrar los sistemas existentes.

A partir de todo lo mencionado, este equipo es uno sumamente flexible y con múltiples beneficios y ventajas para el cliente.

Puede ayudar simplemente a medir y controlar parámetros básicos de una caja reductora de velocidad para garantizar el correcto funcionamiento de una línea, así como también puede ayudar a los equipos de ingeniería y desarrollo a aprender del comportamiento del reductor de velocidad, y de la línea de producción completa, mejorando la selección de equipos y la planificación de mantenimientos.

Este equipo, en cualquiera de sus versiones, trae como mayor ventaja competitiva el ahorro de sumas altamente significativas de dinero mediante la predicción de fallas graves que pueden derivar en una parada completa de una línea de producción y por ende en la facturación de la empresa.

Por último, en la era del *Big Data* y del IoT para la recolección multidisciplinaria de datos, sin duda un producto como estos va a ser muy buscado y requerido por las empresas para conocer no solo datos de su ciclo productivo, sino también para el armado y planificación en el OEE (Overall Equipment Effectiveness), en donde sin duda la información suministrada por este tipo de sensores y sistemas va a contribuir en el armado de planes de producción a corto y mediano plazo.

## **4.5 Competencia local**

Hoy en día, tanto en el mercado argentino, así como en el mercado latinoamericano, no se están comercializando equipos de este estilo.

Existen solamente algunos dispositivos que se usan para medir la temperatura de las cajas reductoras de velocidad. Los mismos son termómetros similares a un sticker, los cuales se pegan en la superficie exterior de la caja reductora, en un sector de fácil visibilidad para cualquier encargado de mantenimiento que pase caminando cerca del mismo. Este último realiza un control visual y gracias a dicho termómetro puede saber la temperatura actual del equipo sin la necesidad de llevar su propio termómetro. Si bien esta es una forma simple y económica de medir la temperatura de los equipos, se necesita acceso visual al termómetro para su uso, ya que el mismo no cuenta con la posibilidad de enviar la información a un centro de control de forma remota.

Además de lo recién mencionado, este dispositivo brinda facilidad para la supervisión de solamente una de las variables que se precisa conocer para asegurar el correcto

funcionamiento de la caja reductora, pero no permite conocer las vibraciones del equipo ni el estado del aceite.

Algunas grandes empresas, con importantes departamentos de investigación y desarrollo han diseñado e implementado un dispositivo que se coloca en el eje de salida de la caja reductora de velocidad y que permite medir las revoluciones por minuto con las que gira el mencionado eje.

Con este dispositivo los usuarios o encargados de mantenimiento pueden calcular el torque de salida que está transmitiendo el equipo y saber si el mismo está funcionando con la potencia que ellos necesitan o no.

Con este dispositivo, las empresas pueden saber si el torque es inferior o superior al requerido y tomar decisiones en base a esto, como aumentar las cargas de las líneas o bajar la potencia del motor para llegar al torque deseado.

Lo que no permite este equipo, que es crucial para poder decidir sobre la necesidad de la realización de tareas de mantenimiento, es saber los motivos de la desviación en el torque transmitido. Conocer los motivos de dicha desviación es lo que a un encargado de mantenimiento le permite decidir, por ejemplo, sobre el cambio de aceite, el reemplazo de algún engranaje o el cambio completo del equipo.

Estos dispositivos tampoco le permiten al usuario ir aprendiendo constantemente de los comportamientos y las fallas de los equipos. Esta imposibilidad puede derivar en fallas recurrentes y en la repetición de tareas de reparación y mantenimiento, las cuales implican sobrecostos para la empresa.

Entonces, si bien no hay desarrollados en el mundo equipos como el de monitoreo a distancia planteado, el dispositivo desarrollado por algunas empresas y la fuerte presencia de la industria 4.0 en las diferentes ramas industriales, marcan una tendencia. Esto confirma que, en un futuro no muy lejano, el control y monitoreo remoto de los equipos, y el aprendizaje sobre el comportamiento de los mismos, es el camino correcto para mejorar la productividad, eficientizar las inversiones y selección de equipos y, por sobre todas las cosas, reducir costos de mantenimiento y de fallas imprevistas en las líneas de producción.



## 4.6 Transformación Acotec

De todo lo hasta acá expuesto, este proceso de transformación y cambio no viene a ser un producto más que se agrega al portafolio de productos de la Compañía, sino que viene a cambiar la forma en la cual Acotec atiende a sus Clientes.

Hoy en día Acotec necesita *aggionarse* mucho más a los tiempos actuales, y es por esto que este desarrollo es parte fundamental de esta corriente de cambio.

El hecho de conocer de esta forma a nuestros clientes, de una manera mucho más profunda e integral, es que nos va a permitir empezar a pensar desde otra óptica la concepción de nuestro negocio. Obtener los *insights* de la utilización de los equipos de nuestros clientes, sin duda va a ser una parte fundamental de toda una planificación integral preventiva y proyectada en el armado de los planes de producción de Acotec.

Siguiendo con esta lógica, la posibilidad de conocer de manera anticipada la cercanía que tienen las máquinas “clientes” de una posible falla, rotura o inconveniente, va a disparar en nosotros una serie de acciones que nos va a permitir posicionarnos de una manera económicamente mucho más rentable y orientada al cliente. Si nosotros sabemos, por medio de los equipos, que la máquina de un cliente está próxima a fallar, podemos disparar un proceso interno de fabricación de un repuesto (cuyo tiempo de entrega oscila entre los 30 y 90 días), para que cuando al cliente le falle y pida una cotización por su reemplazo o reparación, nosotros podamos darle una solución inmediata para su problema.

Los lucros cesantes ante una falla masiva de equipos como los que Acotec fabrica o repara, son números muy altos que pueden ir desde los USD 200.000 hasta USD 1.000.000 diarios, lo cual es muy evidente que poder anticiparse ante un evento de semejantes características puede dar una ventaja competitiva sin igual.

Y lo más importante, es que esto no supone “competir contra nosotros mismos”, ya que la falla va a suceder igual, solo que esta información, va a poder lograr mejores costos, recursos y organización de la producción a la hora de hacerle llegar una solución a nuestro cliente.

Hay varias formas de poder llevar esto a cabo, una es la transparencia total, y es la de dejarle saber a nuestro cliente que un equipo de su propiedad está próximo a tener una falla grave y de esta manera arrancar un proceso de cotización y orden de pedido para reemplazar la o las piezas que sea necesario reemplazar.

Otro, le permite a Acotec ser mucho más agresivo en su gestión comercial, y es la de tener esa información de manera confidencial, y esperar a que el cliente se contacte para pedir presupuesto de esa pieza. El resto de los proveedores, si bien podrían llegar a pasarle una cotización más económica, sin duda le pasará plazos de entrega como los ya mencionados, mientras que Acotec, por toda la información que posee, puede ofrecer tiempos de espera mucho más cortos, dado que ya arrancó previamente ese proceso fabril.

De esta manera, en Acotec se abren dos líneas de negocio, la planificación de producción tradicional “reactiva”, tal como se conoce hasta ahora, que básicamente consta de todo lo referente a la reparación y fabricación de equipos solicitada por clientes que en su mayoría están en una situación crítica, dado que tienen la falta de un equipamiento clave en sus plantas, y una nueva línea de negocio, que tendrá su propia planificación de producción aparte, que va a ser compuesta por todos aquellos trabajos que seguramente se llevarán a cabo en el corto y mediano plazo producto de toda el afluente de información que tenemos.

Resumiendo, si se complementan estas dos líneas de negocio, se puede optimizar por completo la forma en la cual Acotec está organizado y ofrece sus productos. Se puede centralizar una absorción de costos fijos para ambas líneas y a la vez pensar de manera integral la planificación de ambas unidades de negocio, para efficientizar al máximo posible el insumo de horas y costos. Lo más relevante respecto de este proyecto, es que se puede hacer un aprovechamiento importante de la estructura existente, que si bien hay que hacer una fuerte inversión en el desarrollo de la plataforma de datos y sensorización, la nueva unidad de negocios se sube a la plataforma ya existente con un aumento muy leve de los costos fijos.

## 5. CONCLUSIONES

Considerando todo lo investigado y mencionado en el presente trabajo, se ha llegado a las siguientes conclusiones.

La industria en el mundo está constantemente en la búsqueda de la reducción de costos y en la mejora de la eficiencia y productividad de sus plantas.

En los últimos años se ha visto una gran utilización de nuevas tecnologías, como la automatización, la sensorización y la inteligencia artificial entre otras, las cuales forman parte de lo que se llama “La Industria 4.0”.

La mencionada búsqueda de reducción de costos y de mejora en la productividad se ha apoyado mucho en esta industria 4.0, mejorando tiempos, eficientizando procesos, pero por sobre todas las cosas generando un aprendizaje constante sobre el comportamiento de los equipos, para dar lugar al proceso de mejora continua.

Esto sin dudas va a ser un cambio radical en los procesos de medición, control y aplicación de políticas y procedimientos, pero es fundamental hacer este salto cualitativo para poder darle a la Industria Argentina otro nivel de calidad, competitividad y estar más cerca del standard mundial en materia de producción industrial.

Por otro lado, la industria argentina se ha visto muy influenciada en sus decisiones por los cambios de rumbo en las políticas tomadas por los gobiernos de turno, derivando en una industria, por lo general, poco productiva y competitiva a nivel mundial y, por sobre todo, muy dependiente de las ayudas gubernamentales.

Los cambios en las políticas referentes a la industria y al mercado laboral analizadas en el marco teórico de este trabajo llevaron a las empresas radicadas en nuestro país a invertir lo justo y necesario para funcionar, eligiendo políticas de mantenimiento por encima del recambio de equipos.

Basándose en la recién mencionada migración en la industria, de recambio de equipos a mantener y reparar los ya existentes, es que Acotec S.A. realizó, hace ya algunos años, un cambio en su negocio principal, dejando como secundario el mercado de fabricación de acoplamientos y enfocándose en la reparación y mantenimiento de cajas reductoras de velocidad.

Este nuevo rubro ayudó a Acotec a penetrar nuevos mercados, en los cuales logró contratos marco de mantenimiento.

Gracias a la alta calidad de sus trabajos, la empresa se colocó entre las principales referentes del rubro.

Uniendo las aristas del estado actual de la industria Argentina y Latinoamericana junto con la industria 4.0 y sus herramientas, es que se comienza a gestar la idea de una herramienta que ayude a los equipos de mantenimiento a predecir fallas en sus líneas productivas, eliminando costos y tiempos muertos evitables.

En base a estas aristas es que se plantea el desarrollo de SMAD, el sistema Sistema de Monitoreo a Distancia. El SMAD apunta a bajar los costos y tiempos que las empresas destinan en tareas de mantenimiento manuales. Este utiliza la sensorización y las conexiones remotas para automatizar las tareas de control y monitoreo de equipos críticos.

Es por el actual estado de la industria nacional y las mejoras sustanciales en cuanto a costos y tiempos que el SMAD le puede aportar y por el rumbo que está tomando la industria mundial, utilizando a la industria 4.0 para mejorar y aprender constantemente, es que considero que un equipo como el SMAD puede ser exitoso y ser adoptado por las grandes empresas del país.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- CEPAL. Oficina de Buenos Aires, Fundación Volkswagen. (Octubre de 1993). *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/2747-la-industria-argentina-un-proceso-reestructuracion-desarticulada>
- Cotteleer, M., & Sniderman, B. (2018). *Forces of change: Industry 4.0*. Deloitte.
- Deloitte. (s.f.). *¿Qué es la Industria 4.0?* Recuperado el 22 de Mayo de 2020, de <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/manufacturing/articles/que-es-la-industria-4.0.html>
- Deloitte, María Gracia by. (2019). *IoT - Internet Of Things*. Recuperado el 2020 de Mayo de 28, de <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/IoT-internet-of-things.html>
- El Economista. (8 de Agosto de 2011). *El período 2012-2015 se dividiría en dos etapas*. Obtenido de <https://eleconomista.com.ar/2011-08-342/>
- ISOTools. (12 de Julio de 2018). *Industria 4.0, ¿qué debemos saber?* Recuperado el 15 de Mayo de 2020, de <https://www.isotools.org/2018/07/12/industria-4-0-que-debemos-saber/>
- Kosacoff, B. (2015). *Industria Argentina. Recuperación, freno y desafíos para el desarrollo en el Siglo XXI*. ANCE.
- Kulfas, M. (2018). *Reestructuración manufacturera y política industrial en la Argentina en los comienzos del siglo XXI. Los límites del modelo industrial abierto y flexible*. Buenos Aires: Escuela de Economía y Negocios Universidad Nacional de San Martín.
- McGuinn, J. (Marzo de 2002). *Smart Couplings Remove Guesswork from Measurements in Machinery Applications*. Recuperado el 3 de Mayo de 2020, de [https://www.powertransmission.com/articles/0320/Smart\\_Couplings\\_Remove\\_Guesswork\\_from\\_Measurements\\_in\\_Machinery\\_Applications/](https://www.powertransmission.com/articles/0320/Smart_Couplings_Remove_Guesswork_from_Measurements_in_Machinery_Applications/)
- Ministerio de Producción y Trabajo. (2020). *Ministerio de Producción y Trabajo*. Recuperado el 26 de Mayo de 2020, de <https://www.argentina.gob.ar/produccion/industriaargentina4-0/que-es>
- Oracle. (2019). *¿Qué es IoT?* Recuperado el 27 de Mayo de 2020, de <https://www.oracle.com/ar/internet-of-things/what-is-iot.html>
- Quiroga, A. (22 de Febrero de 2015). *En 2015, la industria enfrenta otro año de caída en la actividad*. Obtenido de [https://www.clarin.com/economia/industria-competitividad-2015-automotriz-produccion-caida\\_0\\_BkBTbVcP7g.html](https://www.clarin.com/economia/industria-competitividad-2015-automotriz-produccion-caida_0_BkBTbVcP7g.html)
- Rexnord. (2020). *Smart Condition Monitoring System*. Recuperado el 26 de Abril de 2020, de [https://www2.rexnord.com/scms-series1000?utm\\_source=Pardot&utm\\_medium=Email&utm\\_campaign=DirRXN\\_FY21&utm\\_content=Nurture\\_April](https://www2.rexnord.com/scms-series1000?utm_source=Pardot&utm_medium=Email&utm_campaign=DirRXN_FY21&utm_content=Nurture_April)
- SAS, Software y Soluciones de Analítica. (s.f.). *Internet de las Cosas (IoT)*. Recuperado el 13 de Mayo de 2020, de *Qué es y por qué es importante:* [https://www.sas.com/es\\_ar/insights/big-data/internet-of-things.html](https://www.sas.com/es_ar/insights/big-data/internet-of-things.html)

Sniderman, B., Mahto, M., & Cotteleer, M. (2016). *Industry 4.0 and manufacturing ecosystems: Exploring the world of connected enterprises*. Deloitte University Press.

Tiempo Argentino. (21 de Junio de 2013). *En la última década crecieron sectores industriales que no lo hacían en los '90*. Obtenido de Tiempo Argentino : <http://tiempo.infonews.com/2013/06/21/argentina-104152-en-la-ultima-decada-crecieron-sectores-industriales-que-no-lo-hacian-en-los-90>

Wainer, A. G. (2018). *Economía y política en la Argentina kirchnerista (2003-2015)*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Investigaciones Sociales. Revista Mexicana de Sociología.