

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
REGIONAL MENDOZA

MAESTRIA EN ADMINISTRACION DE NEGOCIOS
Acreditada por Res 228/06 CONEAU

PROYECTO DE TESIS

**Análisis de la implementación de la Industria 4.0. Estudio
de caso: viabilidad y desarrollo en la empresa Moto
Mecánica Argentina S.A.**

Realizado por: Ingeniero en Petróleo, Manchini Diego Martin

Dirigido por: MBA, Ingeniero Industrial, Chiviló Ignacio

AÑO 2024

Agradecimientos:

A través de esta dedicatoria quiero expresar el reconocimiento a aquellas personas que han brindado su apoyo y contribución durante el proceso de investigación:

En primer lugar, quiero agradecer a Eliana, quien estuvo a mi lado durante todo el proceso, brindando apoyo emocional, comprensión y motivación. Ella fue testigo de los desafíos y sacrificios que implicó la realización de esta investigación y su dedicación merece ser resaltada.

En segundo lugar, a mi tutor de tesis Ignacio, quien desempeñó un papel fundamental en el desarrollo de este trabajo, brindando orientación, conocimientos y apoyo constante. Su guía ha sido invaluable durante el proceso de investigación, y le debo mi éxito académico en gran medida a su dedicación. Esta dedicatoria es un testimonio de mi profundo agradecimiento hacia mi tutor, quien ha sido un mentor excepcional en este recorrido académico.

Finalmente, no quiero dejar de reconocer y agradecer a la empresa Moto Mecánica Argentina, por brindarme la valiosa oportunidad de realizar mi trabajo de tesis. Fue un honor y un gran privilegio poder desarrollar mi investigación en un entorno empresarial real. Esta oportunidad me permitió adquirir una perspectiva única sobre los desafíos y oportunidades que se presentan en el campo laboral, lo cual ha enriquecido enormemente mi experiencia académica.

Resumen:

Se analiza el grado de implementación de la Industria 4.0, cual es la viabilidad y el desarrollo en la empresa Moto Mecánica Argentina S.A.

Al estudiar y analizar la bibliografía relacionada al tema, se puede notar que el análisis individual de las tecnologías desarrolladas en la industria 4.0 , no determinan la aplicabilidad de la Industria 4.0 en una empresa, sino que esta aplicabilidad esta más vinculada a la repercusión y transformación aparejada al uso y/o desarrollo de estas tecnologías.

La mayoría de los estudios científicos se enfocan en los aspectos técnicos de la Industria 4.0, lo que deriva en un análisis incompleto de su implementación para una empresa. Una visión relacionada con el triple balance o TBL (Triple Bottom Line), en la que se integran los aspectos económico, ambiental y social permitió lograr un análisis mucho más completo e integral de la compañía en relación a la Industria 4.0.

El análisis de la manera en que se vincula a la empresa con la Industria 4.0 y cómo las tecnologías innovadoras desarrolladas afectan a los principales aspectos de la sustentabilidad, son los puntos principales de este trabajo. En base a la revisión de un listado de las principales necesidades, requerimientos y posibles soluciones que se esperan de la Industria 4.0 para el aspecto económico, ambiental y social, se analiza internamente, el grado de avance al respecto por parte de la empresa Moto Mecánica Argentina. Para este análisis, me apoyo en el trabajo científico denominado “Sustainable Enterprise Design 4.0: - Addressing Industry 4.0 Technologies from the Perspective of Sustainability”, donde se listan genéricamente algunas necesidades o requerimientos a resolver para cada aspecto de la sustentabilidad aplicando las soluciones o innovaciones de la Industria 4.0.

Luego de analizar para la empresa Moto Mecánica Argentina, todos los puntos para los cuales la Industria 4.0 debería tener un aporte significativo y relevante en materia de sustentabilidad, concluyo el nivel de aplicabilidad de la Industria 4.0 para cada aspecto de la TBL. Este análisis permite focalizar los recursos, iniciativas y esfuerzos en el complemento de los aspectos menos desarrollados.

Tabla de contenido

1.	Introducción	1
1.1	Objetivos del trabajo de tesis:	6
1.1.1	Objetivo general:	6
1.1.2	Objetivos específicos:	6
2.	Marco Teórico	7
2.1	Revoluciones Industriales.....	7
2.1.1	Primer Revolución Industrial	7
2.1.2	Segunda Revolución Industrial	9
2.1.3	Tercera Revolución Industrial.....	11
2.1.4	La Cuarta Revolución Industrial	12
2.2	Tecnologías Presentes en la Industria 4.0	14
2.2.1	Internet de las Cosas	14
2.2.2	Sistemas Ciberfísicos (CPS)	17
2.2.3	Ciberseguridad	17
2.2.4	Computación en la Nube (Cloud Computing) & Edge Computing 19	
2.2.5	Edge Computing	24
2.2.6	Blockchain	25
2.2.7	Inteligencia artificial	26
2.2.8	Big Data	30
2.3	Implementación de Industria 4.0 en el mundo	33
2.3.1	Iniciativas de los países líderes en la implementación de la Industria 4.0	33

2.3.2	Perspectiva latinoamericana para la implementación de la Industria 4.0.	41
2.3.3	Perspectiva Argentina para la implementación de la Industria 4.0.	48
2.4	Aplicabilidad de la I 4.0	53
2.4.1	Triple Balance	55
3.	Implementación de Industria 4.0 en Moto Mecánica Argentina	65
3.1	Introducción.....	65
3.2	Marco Teórico – Adaptación y desarrollo en el tiempo.....	69
3.3	Tecnologías de innovación aplicadas a diferentes industrias	76
3.3.1	Petróleo y Gas	76
3.3.2	Minería.....	98
3.3.3	Energías Renovables	100
3.3.4	Agro	100
3.3.5	Monitoreo y control	102
3.3.6	Business Intelligence (BI) - Implementación de sistemas digitales para optimizar los procesos administrativos de la industria.	103
3.4	Análisis FODA:.....	106
3.4.1	Fortalezas:	107
3.4.2	Debilidades:	108
3.4.3	Oportunidades:	109
3.4.4	Amenazas:	110
3.4.5	Fortalezas-Oportunidades:	110
3.4.6	Debilidades – Oportunidades:	111
3.4.7	Fortalezas y Amenazas:	112
3.4.8	Debilidades y Amenazas:.....	112
3.5	Marco para el diseño de una empresa sustentable y el estado de este aspecto en MMA	113

3.5.1	Sustentabilidad Económica en MMA:	118
3.5.2	Sustentabilidad Ambiental en MMA:	128
3.5.3	Sustentabilidad Social en MMA:	135
4.	Recomendaciones y proyección	142
5.	Conclusiones.....	151
6.	Bibliografía	162

Lista de Figuras

Figura 1 Dispositivos Conectados a IOT a Nivel Mundial de 2015 a 2027	14
Figura 2 Modelos de Arquitectura IoT Basados en Capas	16
Figura 3 Mapa de Calor con el Compromiso de los Países del Mundo en Ciberseguridad	18
Figura 4 Diferentes Modelos Asociados a Computación en la Nube	19
Figura 5 Servicio de Computación en la Nube - Software Como Servicio	21
Figura 6 Servicio de Computación en la Nube - Plataforma Como Servicio ..	22
Figura 7 Servicio de Computación en la Nube - Infraestructura Como Servicio	22
Figura 8 Variación de los Servicios en la Nube.....	23
Figura 9 Variación en el Tiempo de Respuesta vs el Valor de Respuesta.....	24
Figura 10 Tecnología Blockchain en la Cadena de Suministro y Logística	26
Figura 11 Red Neuronal Convencional vs Red Neuronal Profunda	28
Figura 12 Variación de la Performance de una Empresa en función de la Cantidad de Información Procesada con Aprendizaje Profundo y el método tradicional.....	29
Figura 13 Cadena de Valor de la Analítica de los Datos basada en el Big Data.	31
Figura 14 Pilares de la Tecnología para la Industria 4.0.....	32
Figura 15 Velocidad de Internet en Diferentes Regiones del Mundo (Mbps) .	41
Figura 16 PBI Por País.....	43
Figura 17 Gasto de I+D Como Porcentaje del PBI - Argentina, Brasil y México	44
Figura 18 Solicitud de Patentes por Residentes en Argentina, Brasil y México	45
Figura 19 Investigadores Dedicados a I+D por Millón de Habitantes en Argentina, Brasil y México.	45
Figura 20 Diseño de Empresa Sustentable 4.0.....	57
Figura 21 Producción en Masa con Personalización versus Impresoras 3-D. .	61
Figura 22 Características de la Manufactura 3-D.	62
Figura 23 Unidades de Negocio de MMA en LATAM.....	65
Figura 24 Cabeza de Pozo y Armadura de Surgencia MMA.....	68

Figura 25 Síntesis de las Etapas de la Automatización.....	73
Figura 26 Organigrama de MMi	74
Figura 27 Línea de Tiempo y los Principales Hitos de MMA. (1929-1976) - Parte 1	74
Figura 28 Línea de Tiempo y los Principales Hitos de MMA. (1978-2020) - Parte 2	75
Figura 29 Esquema y Fotografía del Cabezal RTO-3.....	77
Figura 30 Imagen de Equipos RTO-3 Listos Para Despachar	77
Figura 31 Cabezal Robusto Instalado en Vaca Muerta.....	79
Figura 32 Sistema de Conexionado para Fractura, Convencional vs mLine. .	81
Figura 33 Sistema mLock utilizado Para Optimizar los Tiempos de Conexionado de Equipos Wireline para Fracturas Hidraulicas.	82
Figura 34 Sistema de Comando para la Tecnología mLock	82
Figura 35 mGrase, Sistema de Engrase de Válvulas para Stack de Fractura. .	84
Figura 36 mWatch, Equipo Instalado en Campo y Visualización en Sala de Control.	85
Figura 37 Concepto del Módulo de Comunicación Integral Utilizado en las Diferentes Tecnologías.	85
Figura 38 mSand y su Esquema de Conexionado.....	88
Figura 39 MMS Equipo y Esquema de Conexionado en Campo.	89
Figura 40 mPower - Unidad Generadora de Energía.....	90
Figura 41 mWeigh - Registra el Peso de la Arena de Fractura Producida.	92
Figura 42 CNE - Esquema de Conexionado en Pozo Productor	93
Figura 43 CNE - Variación de Presión vs Producción.	94
Figura 44 mDAQ - Equipo Instalado en Locacion.	95
Figura 45 mDAQ - Ejemplo de Fotografías Registradas en Campo. Visión Nocturna y Termográfica.	96
Figura 46 mVAP - Estación Evaporímetro Automático	99
Figura 47 mCrop - Relevamiento de Vivero en Mendoza.....	100
Figura 48 mCrop - Esquema y Layout de la Distribucion del Sistema a Instalar.....	101
Figura 49 mSuite - Sala de Control y Monitoreo en Rio Negro.	103
Figura 50 Aportes de la Industria 4.0 a la Economía.....	116
Figura 51 Aportes de la Industria 4.0 a la Ambiental.	116

Figura 52 Aportes de la Industria 4.0 a la Social.	117
Figura 53 Stack Up Para Reproducir Inyeccion de Anulares en Pozos de NOC.	123
Figura 54 Ejemplo de Invitación a Capacitación sobre Ciberseguridad - Phishing y Malware.	126
Figura 55 Sustentabilidad Económica - Aplicabilidad de la Industria 4.0 en MMA.....	127
Figura 56 Cuantificación de Consumos por Unidad de Producto.....	132
Figura 57 Los 7 Desperdicios de LEAN.....	132
Figura 58 Sustentabilidad Ambiental - Aplicabilidad de la Industria 4.0 en MMA.....	134
Figura 59 Sustentabilidad Social - Aplicabilidad de la Industria 4.0 en MMA.	140
Figura 60 Aplicación de Drones en la Industria del Petróleo.	144
Figura 61 Porcentaje del PBI Destinado a I+D Por Pais.	152
Figura 62 Gradientes de Aplicabilidad de la Industria 4.0, Social, Ambiental y Económico en MMA.....	154

Lista de Tablas

Tabla 1 Estrategias de EEUU para Posicionarse en la Manufactura Avanzada y los Acuerdos para Sostenerse.....	36
Tabla 2 Sistema de manufactura inteligente, capacidades e integración de tecnologías	37
Tabla 3 Promoción de la I4.0 en países líderes	40
Tabla 4 Países Líderes en Latino América para el Desarrollo de la Industria 4.0.....	46
Tabla 5 Políticas y Acciones Tomadas por Argentina, Brasil y México para la Implementación de la Industria 4.0.....	47
Tabla 6 Fases de Implementación de Tecnologías Digitales de la Industria 4.0.	49

1. Introducción

Hasta la fecha cada una de las revoluciones industriales trajeron consigo, beneficios y desafíos a la situación socioeconómica de los países que se han comprometido en tal transformación. La aplicación de cada revolución industrial se vio reflejada en crecimiento económico, aumento en la productividad y bienestar social (Morrar, Arman, & Mousa, 2017).

El concepto de Industria 4.0, está asociado a un nuevo modelo organizativo y de control en la cadena de valor de los productos y servicios, pero el diferencial con respecto a lo sucedido en las revoluciones industriales anteriores, es que el apoyo para llevarlo a cabo se basa en el uso de las tecnologías de la información (Del Val Román, 2016).

El término y concepto de Industria 4.0 se encuentra en constante evolución debido al alto nivel de actividades y desarrollo de nuevos enfoques, conceptos y soluciones por parte de las empresas. El precursor y fundador de la cuarta revolución industrial, Klaus Schwab, dijo: La escala, el alcance y la complejidad de cómo la revolución tecnológica influye en nuestro comportamiento y forma de vida será diferente a todo lo que la humanidad haya experimentado. (Morrar, Arman, & Mousa, 2017)

La industria ha experimentado diferentes revoluciones. En el año 1784, la primera revolución industrial utilizó la energía del vapor para aumentar la productividad humana. La segunda revolución, comenzó en los años 1870 y se la asocia a la electricidad, la producción en líneas de montaje y la producción en masa. La tercera revolución industrial dio inicio en el 1969 y ha sido relacionada con las tecnologías informáticas que forman la automatización. Por último, el avance de las tecnologías de la información y las comunicaciones, dieron inicio a la cuarta revolución industrial, en la que ha habido una implementación masiva de innovaciones industriales acumuladas y transformaciones sistémicas en la industria. (Gonzalez-Hernandez, y otros, 2021).

Cada una de ellas significó importantes procesos de transformación económica social y tecnológico, que generaron puntos de inflexión en la historia de la humanidad.

Al finalizar la tercera revolución industrial, las innovaciones tecnológicas afectaron de tal manera la industria electrónica, que generaron un mercado volátil que concluyó con la creación del internet en los años 90. La cuarta revolución industrial o era de la digitalización, que inició en el año 2011, se caracterizó por una gran velocidad de cambio que se vio reflejada en una conectividad máxima, una gran potencia informática y la automatización a gran escala. Para entender mejor cuáles fueron las principales tecnologías desarrolladas en este corto periodo de tiempo, se listan y desarrollan brevemente los principales desarrollos de la Industria 4.0:

1. Internet de las cosas (IOT)
2. Sistemas Ciberfísicos (CPS)
3. La ciberseguridad
4. Computación en la Nube o Cloud Computing
5. Edge Computing, o informática periférica
6. Blockchain
7. Inteligencia Artificial
 - Machine Learning o aprendizaje automático
 - Deep Learning o aprendizaje profundo
8. Big Data

Si bien esta lista contempla los principales aspectos de la Industria 4.0, existen muchos puntos adicionales y subtemas o desarrollos que se desprenden de los temas principales listados anteriormente.

La mención y descripción de los principales aspectos de la industria 4.0 sirven para comprender el aporte y enfoque de cada uno de ellos, sin embargo, a la hora de pensar en la aplicabilidad de la Industria 4.0, no se pueden tratar como aspectos aislados que generan repercusiones aisladas. La implementación o entendimiento de la aplicabilidad de la industria 4.0 va más allá, y requiere un análisis per se.

Al mencionar Industria 4.0, se pretende que la transformación que trae aparejada sea capaz de modificar la producción industrial y a la sociedad, logrando un equilibrio entre los resultados económicos y la ecología, con una disminución de impactos ambientales y considerando el cumplimiento de las expectativas sociales al respecto.

Al realizar la investigación sobre la industria 4.0, se observa que la mayoría de los artículos científicos que desarrollan el tema, se enfocan en los aspectos técnicos de la Industria 4.0, en lugar de una visión relacionada con el triple balance o TBL (Triple Bottom Line), que integra los aspectos económico, ambiental y social. Para considerar una aplicabilidad adecuada de la Industria 4.0, tenemos sin duda que considerar estos aspectos, cual es el alcance de la I 4.0 en cada uno de ellos y como interaccionan entre sí, es imposible pensar en el desarrollo de un aspecto en particular sin la repercusión que esto implica en los demás.

El diseño de una empresa sustentable implica cumplir y alcanzar los siguientes tres principios:

- 1- Acuerdo colectivo y compartido sobre la intención de diseño de la empresa
- 2- Convertir la complejidad en previsibilidad.
- 3- Mejorar las soluciones y el trabajo para alcanzar la intención de diseño

Es muy complejo lograr la integración de los objetivos de diseño empresarial que vinculan la sostenibilidad o TBL con las tecnologías de la industria 4.0.

Al considerar el tercer principio como el principal de los tres, se desprende la necesidad de intentar definir como punto de partida una lista de necesidades, requerimientos y soluciones de la industria 4.0, asociados al aspecto social, medio ambiental y económico.

En cuanto al aspecto económico, la lista de necesidades, requerimientos y soluciones que esperamos de la I 4.0, se busca que generen un cambio que va desde los productos tangibles a los servicios más innovadores y soluciones

digitales e inteligentes. Siempre buscando mejorar la eficiencia, logrando satisfacer al cliente, y con el menor desperdicio de materiales posible.

Falta referencia bibli

En cambio, cuando el enfoque es ambiental, las necesidades, requisitos y posibles soluciones para la sostenibilidad ambiental vinculadas a la I4.0, tienen que tener como fin común, evitar hacer daños al entorno, reduciendo los desperdicios, es decir, reduciendo los recursos en logística, transporte y materiales, sobre todo procurar la reducción de emisiones de CO₂ a la atmósfera. La posibilidad de monitorear y predecir el consumo energético mediante la implementación de sensores, torna más sencillo la toma de decisiones relacionadas a una fabricación energéticamente eficiente.

Estos requisitos y soluciones

Finalmente, las necesidades, requisitos y soluciones de la I 4.0 relacionadas al área social, se enfocan en cómo lograr la integración del ser humano con un modelo de empresa digitalizada, donde el requisito primordial se radica en proporcionar la calificación adecuada para utilizar nuevas tecnologías (maquinas, robots etc.). Un aspecto importante a considerar en esta transformación digital, es la necesidad de nuevas mentalidades para manejar los desafíos y estrategias relacionadas a la calificación y aceptación de los empleados.

El estudio realizado sobre las principales potencias mundiales en innovación (Alemania, China y Estados Unidos) y las metodologías adoptadas por cada gobierno/empresas para el desarrollo de la aplicabilidad de la Industria 4.0 en sus países, sirve para entender el desfasaje de avance tecnológico comparado con los países líderes latinoamericanos (México, Brasil, Argentina), las limitaciones y desafíos para superarlos.

Para abordar el análisis de la compañía Moto Mecánica Argentina S.A. (MMA) en términos de aplicabilidad de la Industria 4.0, es importante conocer la compañía, su rubro, ubicaciones geográficas, cantidad de empleados etc. pero sobre todo la historia a lo largo de las décadas. Desde su fundación en 1920, hasta la fecha, se puede ver una compañía con gran poder de adaptación, mostrando su último gran giro en 2020 con la creación de un área exclusivamente dedicada a la innovación, Moto Mecánica innovación (MMi).

A partir de 2020 a la fecha, se desarrollaron muchos productos tecnológicos de innovación. Las tecnologías de innovación se han aplicado a diferentes industrias y con diferentes enfoques: Petróleo y Gas, Minería, Energías renovables, Agro, Monitoreo y Control, Sistemas y procesos administrativos. Estos desarrollos se describen brevemente para dar a conocer el motivo o ventaja de su creación para el cliente.

Ver comentario sobre F

Como se mencionó anteriormente, el desarrollo de tecnologías innovadoras aisladas no forma una compañía innovadora. Por ello se analiza el FODA de la Industria 4.0, cuáles son las principales fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de aplicar la Industria 4.0 en una empresa como MMA.

El análisis de las posibilidades o maneras en las que se podría vincular a la empresa con la Industria 4.0 y cómo las tecnologías innovadoras desarrolladas afectan de alguna manera a la sustentabilidad son los puntos principales de este trabajo. El análisis no parte de las tecnologías y su aporte o vinculación a la I4.0 / Sustentabilidad, sino que, en base a las principales necesidades, requerimientos y posibles soluciones de la I 4.0 analizo, internamente, de qué manera podemos suplir estos requerimientos/necesidades con soluciones de innovación desarrolladas en la empresa Moto Mecánica Argentina. Para este análisis me apoyo en el trabajo científico denominado “Sustainable Enterprise Design 4.0: - Addressing Industry 4.0 Technologies from the Perspective of Sustainability”, donde se listan genéricamente algunas necesidades o requerimientos a resolver para cada aspecto de la sustentabilidad aplicando las soluciones o innovaciones de la Industria 4.0.

Quién es el autor del trabajo

1.1 Objetivos del trabajo de tesis:

1.1.1 Objetivo general:

Analizar la implementación de la Industria 4.0, estudiar los avances de esta implementación en Argentina y finalmente focalizar el análisis en el caso de estudio (empresa MMA).

1.1.2 Objetivos específicos:

a- Analizar la situación actual de la empresa MMA y los aspectos desarrollados para la implementación de la Industria 4.0.

b- Desarrollar propuestas y recomendaciones para un adecuado crecimiento en el área de innovación e implementación de la Industria 4.0.

2 Marco Teórico

2.1 Revoluciones Industriales

Las revoluciones industriales son procesos de transformación económica, social y tecnológica. Estos procesos de transformación siempre han estado asociados a tecnologías emergentes innovadoras que modificaron los paradigmas de las formas de producción en diferentes industrias. Las revoluciones industriales se caracterizan por implicar cambios sustanciales y a gran velocidad, marcando puntos de inflexión en la historia de la humanidad (Rozo-García F. , 2020)

A continuación, se mencionan las diferentes revoluciones industriales que precedieron a la Industria 4.0.

2.1.1 Primer Revolución Industrial

La primera revolución industrial comenzó en Inglaterra a mediados del siglo XVIII (1750-1780) y se estima que finalizó aproximadamente en 1840, el gran periodo que comprendió esta etapa industrial tiene que ver con la diferencia que marco Inglaterra versus otros países que demoraron en adoptar los avances de la primera revolución industrial (Chaves-Palacios , 2004) (Rozo-García F. , 2020).

El fenómeno de la primera revolución industrial no fue brusco y acelerado, por el contrario, fue una evolución lenta.

Como definición de primera revolución industrial podríamos citar la definición de David S. Landes:

“El término revolución industrial suele referirse al complejo de innovaciones tecnológicas que, al sustituir la habilidad humana por la maquinaria y la fuerza humana y animal por energía mecánica, provoca el paso desde la producción artesana a la fabril, dando así lugar al nacimiento de la economía moderna. (Landes, 1979)”

La industrialización fue provocada por un gran cambio tecnológico que finalizó con la dependencia de la capacidad humana para realizar una producción en masa. La energía y capacidad humana se reemplazó por energía inanimada.

El uso de maquinarias fue cada vez más habitual, desde la producción de hilaza pasando por maquinarias que facilitarían la explotación de minerales, en particular de carbón y finalmente su utilización en ferrocarriles y buques.

La utilización de maquinarias en diferentes industrias impulsó un nivel de creatividad en la adaptación de estos recursos para poder aplicarlos en distintas áreas. La inventiva se potenció y logró importantes avances y mejoras tecnológicos. La principal invención en esta etapa industrial fue la máquina de vapor, que luego de unos años se optimizó con la máquina de vapor atmosférica, que consumía menos combustible y se tornaba más eficaz. Esto se logró con la mejora de los métodos metalúrgicos que optimizaron la fabricación de cilindros.

Con la instalación de plantas y fábricas en las ciudades la mano de obra pasó de estar avocada a la agricultura a enfocarse en los trabajos industriales. Las ciudades crecieron drásticamente, aumentando el hacinamiento, la pobreza y las condiciones sanitarias desfavorables.

Se comienzan a dictar leyes en contra de la explotación infantil y de las mujeres. Con el paso del tiempo existió oposición a los avances tecnológicos y creación de nuevas maquinarias que podrían quitarles el trabajo a los obreros, se quemaron miles de telares a vapor en lo que se denominó el Luddismo, en referencia a Ned Ludd (Rule, 1990) (Mauel, Robins, & Webster, 2002) (Noble, 2000).

Inglaterra, era sin duda el país más rico de Europa, si bien la población aumentaba en todo el continente en Inglaterra la mayoría pertenecía a un nivel social que superaba la línea de la pobreza. En 1850 se producía más hierro en Inglaterra que en todo el mundo junto.

Todos los avances industriales que se iniciaron en Inglaterra se expandieron al resto del continente Europeo y América del Norte, para luego seguir

extendiéndose al resto del continente Americano y Asia (Chaves-Palacios , 2004)

La aplicación de la ciencia en la industrialización dio lugar a la resolución de nuevos problemas que fueron surgiendo.

El icono que la representa es una máquina de vapor que fue inventada por Thomas Newcomen y perfeccionado por James Watt en 1785.

2.1.2 Segunda Revolución Industrial

Es un proceso que inicia a mediados del siglo XIX (1870) y duro hasta principios del siglo XX (1914), estuvo caracterizada por la consolidación en el avance científico y tecnológico y la expansión a otros países como Francia, el Imperio Alemán, el Imperio Ruso y, sobre todo, Estados Unidos y Japón, desplazando a Inglaterra.

La gran transformación que se vivió en la segunda revolución industrial, fue una consecuencia de los desarrollos y avances que produjo la invención de la máquina de vapor. La productividad aumento considerablemente, luego devino la producción en serie y las líneas de montaje para la industria. El principal inconveniente, fue que la demanda de energía fue tan considerable, que se necesitó promover la búsqueda de diferentes alternativas energéticas, esta búsqueda y desarrollo dio comienzo a la segunda revolución industrial (Zhang, 2020).) (Gonzalez-Hernandez, y otros, 2021).

Las extensiones alcanzadas tanto por barco como ferrocarril se ampliaron considerablemente, esto contribuyo al mercado entre diferentes países y al desarrollo industrial de los mismos. Se potenció la explotación de hierro y carbón, como la fabricación de maquinarias, tornando cada vez más necesario la utilización de diferentes fuentes de energía.

Se comienza a consolidar la interrelación entre la ciencia y la innovación tecnología creando máquinas y equipos más sofisticados. Esto necesito la participación activa de científicos y personal más calificado que en la revolución industrial anterior. Las intervenciones de la segunda revolución industrial tuvieron mayor impacto en la calidad de vida y en el poder

adquisitivo de los ciudadanos. La aceleración y el progreso tecnológico se asocia a la acumulación de conocimientos brindados por el desarrollo de la ciencia. (Mokyr, 1999).

A comienzos de 1870, crece la industria del metal y se explotan elementos que hasta ese entonces no eran considerados útiles o no se tenía acceso, metales como el zinc, el aluminio, cobre y níquel. La industria petrolera y química se encontraban en desarrollo (González, 2021).

Estados Unidos y Alemania lideraron la producción mundial, las potencias mundiales intentaron dominar nuevos mercados y expandirse. El desarrollo de la ciencia fue crucial para obtener sistemas de producción más eficientes. Se dio uso a nuevas fuentes de energía que optimizaron los procesos; la electricidad, el gas natural y los derivados del petróleo fueron piezas fundamentales para esta segunda revolución industrial (Zhang, 2020).

Se crearon nuevas industrias, como la automotriz. El uso de la electricidad facilitó la creación de nuevas máquinas como las turbinas, acumuladores eléctricos y motores (Zhang, 2020).

Se instauró un mercado mundial dividido entre los países industrializados que proveían productos elaborados y los países no industrializados que proveían materias primas. La creación de los canales de Suez (1869) y el canal de Panamá (1914) facilitaron el comercio y la distribución entre océanos (Zhang, 2020).

Otros descubrimientos y desarrollos importantes fueron: el telégrafo (Samuel Morse), el teléfono (Graham Bell), la bombilla eléctrica (Thomas Alva Edison), el motor de combustión interna (Rudolf Diésel), se fabricaron los primeros aviones (hermanos Wright); el proceso de pasteurización por Luis Pasteur, etc.

La complejidad de los nuevos sistemas productivos requirió cambios organizacionales. Operacionalmente se buscó incrementar la productividad minimizando los tiempos y costos de producción; sistema impulsado por Frederick Winslow Taylor (Lozano , 2004).

La producción en masa que comenzó con la fabricación de automóviles se expandió a todos los campos industriales, logrando un gran crecimiento en diferentes industrias. La segunda revolución industrial trajo aparejada la demanda de más y nuevas materias primas que fue en aumento (INFAIMON, 2018).

2.1.3 Tercera Revolución Industrial

La tercera Revolución Industrial, tuvo su desarrollo entre los años 1960 y 1990. En esta revolución se finaliza un periodo de capitalismo tardío o fordismo, luego de la Segunda Guerra Mundial; también es relacionada a la revolución del conocimiento y del desarrollo de las tecnologías de la información (Vega Cantor, 2004).

Dentro de las principales transformaciones tecnológicas de la tercera revolución industrial se encuentra el descubrimiento de los semiconductores, que permitió el desarrollo de la microelectrónica, de los primeros chips de silicio y de las memorias basadas en circuitos integrados. La miniaturización electrónica surge de una necesidad militar más que industrial.

Si bien una de las principales consecuencias del surgimiento del chip de silicio, transistor y semiconductores fue el desarrollo de la computación, también tuvo un papel importante en el avance de las telecomunicaciones, que, combinado a la fabricación y puesta en órbita de satélites, al uso de fibra óptica y otros sistemas de transmisión electrónica, facilitaron y revolucionaron el transporte de la información.

Adicionalmente, se tomó conciencia de las consecuencias e impacto del uso de energías no renovables para el medio ambiente. Esto impulsó la incursión en el uso de otro tipo de energías como la nuclear, eólica, solar, biomasa, geotérmica, mareomotriz etc.. También se comenzaron a construir edificios capaces de generar su propia energía (Lastra, 2017) (Rozo-García F. , 2020).

Otro gran cambio en la tercera etapa de industrialización se relaciona a la automatización y al uso de las tecnologías de la información. La

automatización de los procesos productivos llevo a la actualización de maquinarias y de su personal. Los trabajadores tuvieron que adquirir nuevos conocimientos relacionados a programación para poder operar las nuevas maquinarias. Los beneficios que trajo aparejada la automatización, promovieron la tendencia de las empresas a invertir más en tecnología que en mano de obra. Con respecto al entorno económico-social, la distinción entre países desarrollados y subdesarrollados se tornó aún más marcada (Lastra, 2017).

Las innovaciones tecnológicas afectaron directamente a la industria electrónica. La demanda de productos presentó un incremento tanto en el volumen, en variedad como en el tiempo de entrega generando lo que se conoce como mercado volátil. Debido a que se empezaron a identificar algunas fallas en líneas de ensamblaje; para continuar cumpliendo con las exigencias y demandas tecnológicas de los clientes, fue necesario mejorar el desarrollo tecnológico, creando más maquinas que pudieran ser programables. Los avances que comenzaron con algunas mejoras en computadoras finalizaron con la creación del internet en los años noventa (Tinmaz, 2020).

2.1.4 La Cuarta Revolución Industrial

La cuarta revolución industrial o Industria 4.0; es conocida como la era de la digitalización que describe el conjunto de transformaciones que surgieron gracias a la combinación del gran crecimiento de la tecnología; de las TIC (Tecnologías de la Información Comunicación) y al esfuerzo sostenido de muchas industrias por adoptar y avanzar en la implementación de las mismas (Rozo-García F. , 2020).

Lo más destacable de esta industria, es que fue capaz de fusionar los sistemas físicos, digitales y biológicos; generando una red de producción inteligente en la que existe una colaboración e interacción entre los diferentes sistemas; esto modificara nuestra manera de relacionarnos con el mundo que nos rodea (Rozo-García F. , 2020).

A diferencia de las demás revoluciones industriales, la cuarta revolución industrial se caracteriza por una gran velocidad de cambio que se vio reflejada

en una conectividad máxima, una gran potencia informática y la automatización a gran escala. Las demás revoluciones industriales tomaron décadas en desarrollarse (Chaves-Palacios , 2004).

El concepto de Industria 4.0, se presentó por primera vez en el año 2011, en la Feria de Hanover en Alemania, donde se mencionó el concepto de “fábrica inteligente”. Una política económica gubernamental basada en estrategias de alta tecnología caracterizada por la automatización, la digitalización de los procesos, el uso de tecnologías electrónicas y de la información en la manufactura. La personalización de la producción, capacidades de interacción e intercambio de información entre humanos y maquinas son otros de los componentes esenciales para este nuevo concepto.

En 2013, en una nueva edición de la feria, Alemania publicó las recomendaciones para implementar la iniciativa estratégica Industria 4.0; el objetivo fue estructurar las condiciones iniciales de implementación y asegurar el desarrollo de la industria alemana. Alemania se tornaría así, como uno de los países manufactureros más competitivos del mundo.

Esta iniciativa trajo grandes incidencias en la comunidad europea, al mismo tiempo Estados Unidos centro sus esfuerzos en la fabricación inteligente y otras naciones como Japón y Corea del Sur también comenzaron a adaptar y desarrollar programas de fabricación inteligente (Mosconi, 2015).

La Industria 4.0, describe una nueva visión de fabrica inteligente que está relacionada a la digitalización de los sistemas y procesos con la integración o interconexión de las nuevas tecnologías mediante IOT (Internet of Things) o IOS (Internet of Services).

Las tecnologías de la industria 4.0 pueden ser consideradas como disruptivas, emergentes o habilitadoras. Se considera que una innovación tecnológica es disruptiva cuando el cambio que trae aparejado es revolucionario y deja en desuso o torna ineficiente a la tecnología anterior. Las tecnologías consideradas emergentes tienen un bajo nivel de madurez, sin embargo, generan expectativas a futuro. Y finalmente una tecnología es habilitadora cuando tiene la capacidad de propiciar la evolución o la transformación (Marsal, 2015).

Actualmente se están definiendo los estándares mundiales para la adopción de la Industria 4.0. Las principales arquitecturas de referencia son RAMI 4.0 (Reference Architecture Model Industrie 4.0) y el IIRA (Industrial Internet Reference Architecture). La primera desarrollada en Alemania se orienta a la fabricación y los ciclos de vida del producto y su relación con la cadena de valor. La IIRA analiza el internet de las cosas en diferentes industrias, verifica cual es la aplicabilidad en cada una de ellas y busca aspectos en común relacionados a la interoperabilidad.

Mas allá de la arquitectura que se elija desarrollar, lo fundamental y que tienen en común ambos sistemas, es la interoperabilidad (Smith, 2015).

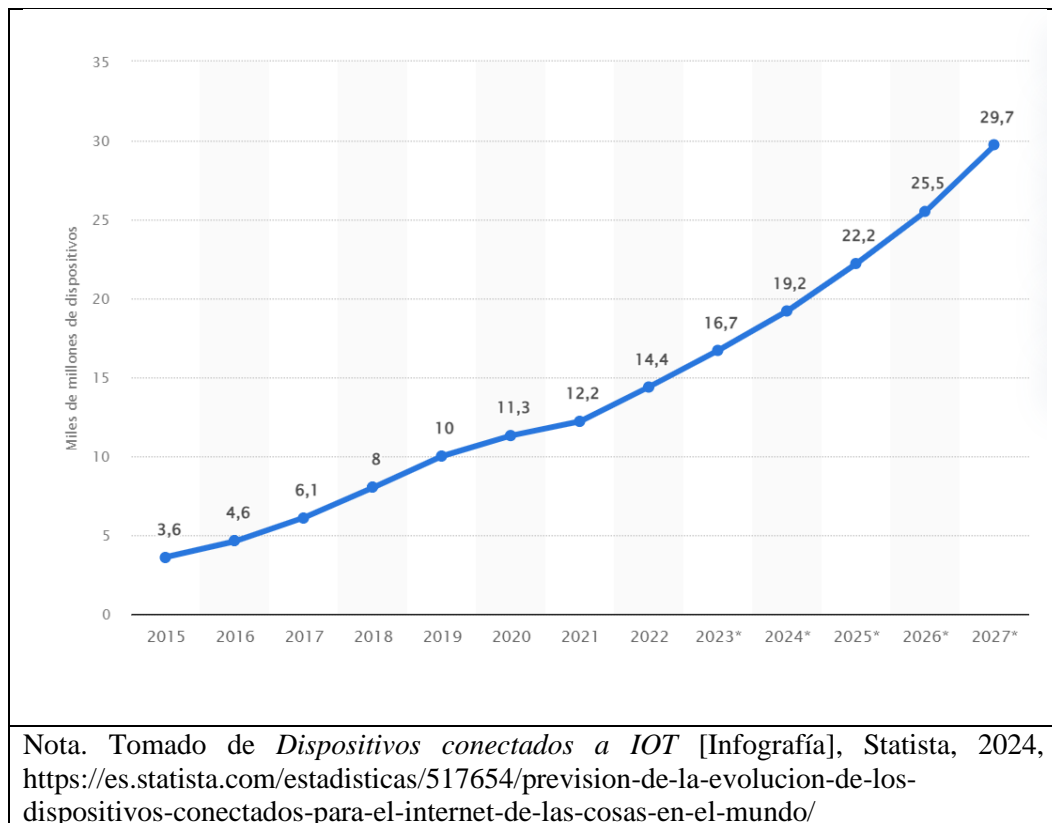
2.2 Tecnologías Presentes en la Industria 4.0

2.2.1 Internet de las Cosas

Hay diferentes definiciones sobre el IoT, pero todas concuerdan en que básicamente se trata de la conectividad de la red, extendida a objetos y artículos de uso cotidiano, de esta manera comienza a existir una interacción entre lo físico/biológico y los sistemas cibernéticos. La interconectividad genera una fabricación colaborativa que está vinculada con la recopilación y al procesamiento estos datos automatizados (Popkova, Ragulina, & Bogoviz,, 2019).

Figura 1
Dispositivos Conectados a IOT a Nivel Mundial de 2015 a 2027

Problemas con el uso de caption en las f



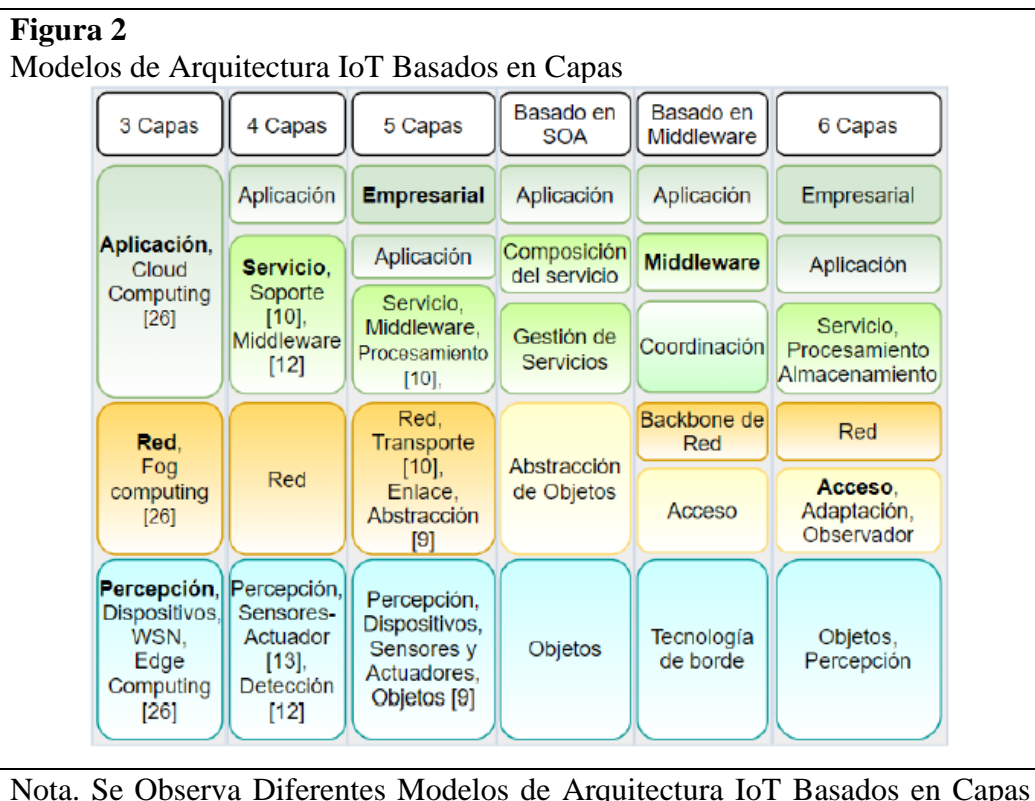
Diferentes organizaciones, sectores académicos y/o empresariales propusieron diferentes modelos o arquitecturas basados en capas. A la hora de brindar una solución en IOT, la arquitectura está compuesta por diferentes capas.

A continuación, se describen las capas más importantes encontradas en los modelos de IOT:

1. Una primera capa denominada de “Percepción”, donde utilizando sensores se adquiere la información de los objetos (temp., ubicación, propiedades, magnitudes); esta información se convierte en señales que pueden ser transmitidas a través de la red.
2. Capa de Red, utilizando redes como 3G, 4G, WiFi, Bluetooth ZigBee, etc, se transmite la información recopilada en la primera capa de percepción. Se la asocia a la capacidad de comunicación que ocurre entre los diferentes tipos de redes.

3. La capa de procesamiento tiene como meta analizar, procesar y almacenar de manera inteligente y masiva toda la información recibida desde la capa de red. Ej cloud computing, ubiquitous computing
4. Capa de Aplicación, en esta capa se generan las aplicaciones en función de los casos estudiados o de la industria sobre la que se está procesando la información.
5. Capa de negocios, en esta etapa se gestionan las aplicaciones, la seguridad de los usuarios que la adquieren y el alcance del modelo de negocio (Miao Wu, Ting-Jie Lu, Fei-Yang Ling, Jing Sun, & Hui, 2010).

Puede haber diferentes modelos con distinto número de capas según sea el requerimiento o el diseño diagramado para una cierta solución, en la siguiente figura se pueden apreciar algunos ejemplos de diseños realizados con combinaciones de capas.



Problemas de c

[Infografía], Tomado de *Internet of Things: State-of-the-art, Computing Paradigms and Reference Architectures* (p.3), por B. Mazon-Olivo, A. Pan, 2022, IEEE Latin America Transactions

2.2.2 Sistemas Ciberfísicos (CPS)

Los sistemas ciberfísicos (CPS Cyber, significa “software” y Physical significa que “interactúa con el mundo físico” y System sistemas) emplean diferentes modelos y métodos ingenieriles que se integran con modelos y métodos informáticos.

La integración de procesos físicos y computacionales no es algo nuevo, han sido utilizados y denominados anteriormente como sistemas integrados (embedded systems) sin embargo una gran diferencia con los sistemas ciberfísicos es que los sistemas integrados son cajas cerradas que no exponen el potencial computacional al exterior, integrándolo con el mundo físico. Otra gran diferencia se da con la incorporación y el potencial de las redes (Lee, 2006).

La complejidad que alcanzaron los sistemas ciber físicos es tal, que actualmente constituyen una nueva rama de la ingeniería en sí.

Los sistemas ciberfísicos (CPS), son contribuciones importantes para abordar algunos desafíos sociales. Dentro de sus principales virtudes, está el hecho de que brindan soluciones para hacer frente al cambio climático y para mejorar algunos problemas de salud, seguridad pública y movilidad. Algunos ejemplos de sistemas ciberfísicos son los robots colaborativos, las ciudades inteligentes y los vehículos autónomos (Didem Gürdür , 2022).

2.2.3 Ciberseguridad

La ciberseguridad está vinculada a la tecnología de la información que vela por la seguridad de los sistemas informáticos y la protección de datos.

Las capacidades y ventajas digitales que ofrece la Industria 4.0 son infinitas, sin embargo, con las oportunidades y apertura que trajo la Industria 4.0, vinieron aparejados nuevos riesgos cibernéticos para los cuales la industria

aún esta con un bajo nivel de preparación. La ciberseguridad debería ser un punto fundamental a tener en cuenta al momento de planificar o plantear estrategias organizativas que estén asociadas a la implementación de la industria 4.0; y este aspecto tiene que ser considerado a lo largo de todo el proyecto que se pretenda ejecutar bajo esta nueva era.

El Índice Global de Seguridad Cibernética (Global Cybersecurity Index) es el organismo que mide los avances y el trabajo que realizan diferentes países alrededor del mundo en términos de ciberseguridad. El organismo está apoyado por la unión internacional de telecomunicaciones ITU y por ABI Research.

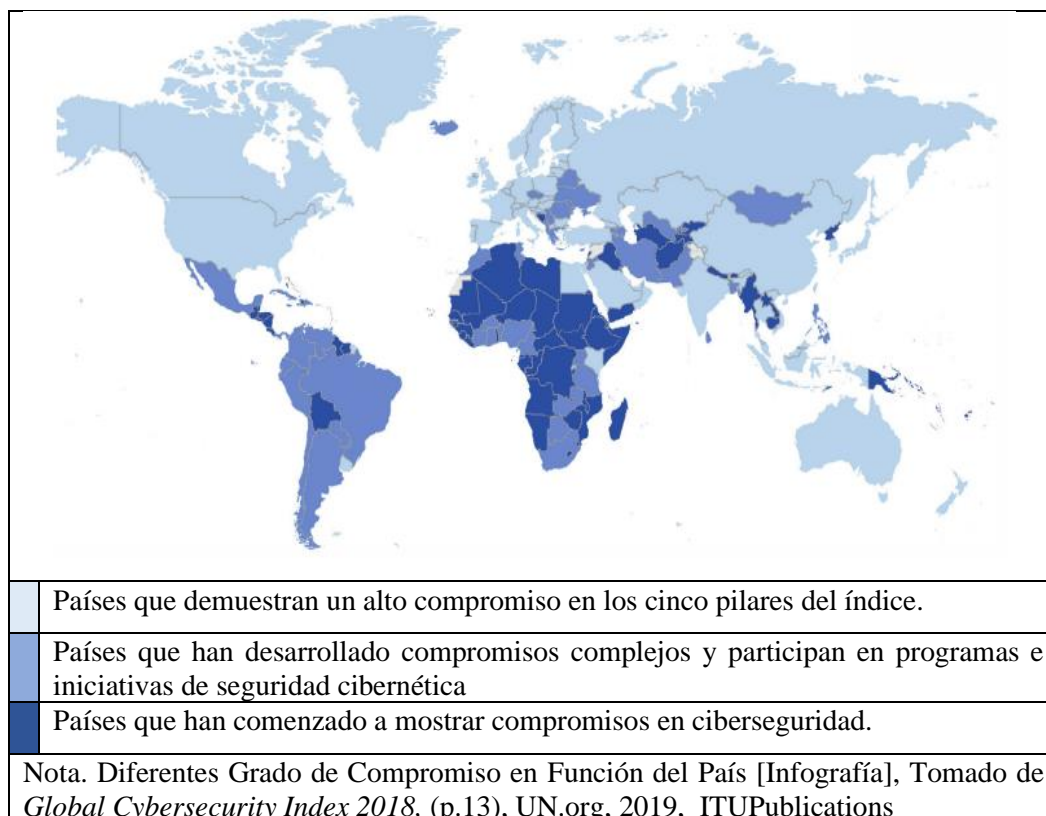
El siguiente mapa de calor muestra el compromiso de los países en cuanto a ciberseguridad. (Global Cybersecurity Index). Los 5 pilares en los que se desarrolla el estudio y el análisis de cada país son los siguientes:

- Legal: Medición de las leyes y reglamentos sobre ciberdelincuencia y ciberseguridad.
- Técnica: Medición de la implementación de capacidades técnicas a través de agencias nacionales y sectoriales.
- Organizacional: Medición de las estrategias y organizaciones nacionales que implementan la ciberseguridad.
- Capacidad de Desarrollo: Medición de campañas de concientización, capacitación, educación e incentivos para el desarrollo de capacidades en seguridad cibernética.
- Cooperación: Medición de alianzas entre agencias, empresas y países

Figura 3

Mapa de Calor con el Compromiso de los Países del Mundo en Ciberseguridad

Problemas de caption



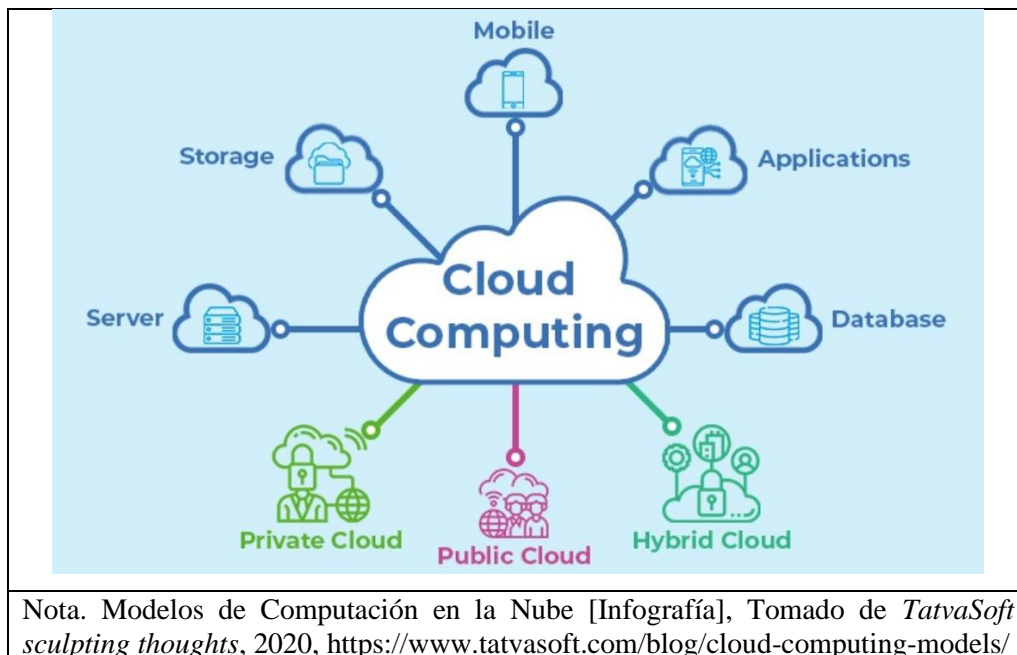
2.2.4 Computación en la Nube (Cloud Computing) & Edge Computing

El Instituto Nacional de Estándares y Tecnología NIST, define el Cloud Computing o la Computación en la Nube de la siguiente manera:

“La computación en la nube es un modelo para permitir el acceso ubicuo, conveniente y bajo demanda a un conjunto compartido de recursos informáticos configurables (por ejemplo, redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) que pueden aprovisionarse y liberarse rápidamente con un mínimo esfuerzo de administración o interacción con los proveedores de servicios” (Mell & Grance, 2011).

En la siguiente imagen se ven los principales modelos asociados a la computación en la nube.

Figura 4
Diferentes Modelos Asociados a Computación en la Nube



Los sistemas de servicios de computación en la nube más comunes pueden clasificarse en tres tipos:

- a- Software as a Service (SaaS) - Software como Servicio. Esta es la opción más completa en cuanto a servicios en la nube. Se puede acceder a una cuenta desde cualquier computadora y en cualquier lugar. Ofrece una sola aplicación a través de un navegador web o una interfaz de programa a varios usuarios. Es el nivel más lejano del hardware, el proveedor vende una aplicación en función de una licencia, se abstrae de la típica plataforma (sistema operativo + software), para proporcionar sólo un servicio. Todo el modelo se ejecuta en la nube eliminando la necesidad de instalar y ejecutar aplicaciones en los equipos locales. Algunos ejemplos de servicios SaaS: Office 365, Dropbox, Google Apps.

Figura 5

Servicio de Computación en la Nube - Software Como Servicio



Nota. Software como Servicio [Infografía], Tomado de *TatvaSoft sculpting thoughts*, 2020, <https://www.tatvasoft.com/blog/cloud-computing-models/>

- b- Platform as a Service (PaaS) – Plataforma como Servicio. Es una plataforma en la nube que permite la construcción y puesta en marcha de aplicaciones y servicios web completamente accesibles en Internet. El proveedor aloja el hardware y software en su propia infraestructura. El uso de la plataforma permite gestionar las aplicaciones allí alojadas con la posibilidad de adaptar su entorno, codificar, implementar y probar las aplicaciones y el sistema operativo de manera rápida y eficiente. Los principales ejemplos incluyen Force.com de Salesforce.com, Azure de Microsoft y Google App Engine.

Figura 6

Servicio de Computación en la Nube - Plataforma Como Servicio



Nota. Plataforma como Servicio [Infografía], Tomado de *TatvaSoft sculpting thoughts*, 2020, <https://www.tatvasoft.com/blog/cloud-computing-models/>

- c- Infrastructure as a Service (IaaS) - Infraestructura como servicio. En este modelo, se obtiene una gran flexibilidad para que el usuario elija si desea utilizar PCs de escritorio, servidores o directamente un sistema de red bajo demanda. Cada usuario personaliza los recursos que requiere en cuanto a espacio de almacenamiento de datos, sistemas operativos, ancho de banda, etc. El usuario es responsable del sistema operativo, las aplicaciones y el proveedor brinda el acceso a la red, servidores, el almacenamiento que se necesite. Es una buena opción para eliminar IT CAPEX y OPEX permitiendo gestionar de forma remota los centros de datos. IaaS contiene subcategorías: Pública, Privada y Combinada. La principal desventaja es la seguridad en los sistemas multiempresa donde el proveedor comparte recursos de infraestructura con diferentes clientes. Los proveedores de servicios más populares para esta categoría son: Amazon Web Services, Microsoft Azure, and Google Compute Engine.

Figura 7

Servicio de Computación en la Nube - Infraestructura Como Servicio



Nota. Infraestructura como Servicio [Infografía], Tomado de *TatvaSoft sculpting thoughts*, 2020, <https://www.tatvasoft.com/blog/cloud-computing-models/>

En la siguiente imagen se puede ver como varia la gestión de mantenimiento y manejo en función del tipo de servicio de computación en la nube seleccionado, desde un sistema completamente dependiente a otro absolutamente manejado desde la nube.

Figura 8

Variación de los Servicios en la Nube

On-site	IaaS	PaaS	SaaS
Applications	Applications	Applications	Applications
Data	Data	Data	Data
Runtime	Runtime	Runtime	Runtime
Middleware	Middleware	Middleware	Middleware
O/S	O/S	O/S	O/S
Virtualization	Virtualization	Virtualization	Virtualization
Servers	Servers	Servers	Servers
Storage	Storage	Storage	Storage
Networking	Networking	Networking	Networking

■ You manage
■ Service provider manages

Nota. Comparación de los Servicios en la Nube, cada uno tiene sus Beneficios e Inconvenientes [Infografía], Tomado de *Comparativa Cloud*, 2019, <https://comparacloud.com/servicios-clouds/iaas-paas-saas/>

2.2.5 Edge Computing

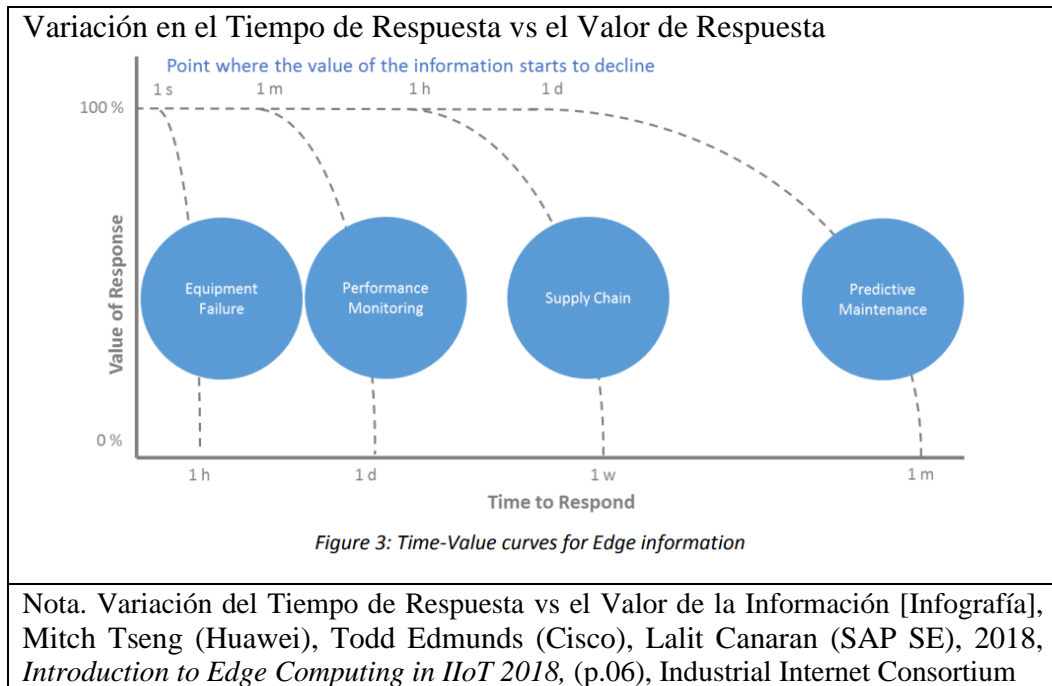
Edge Computing, o informática periférica, tiene la ventaja de no depender de los centros de dato o de la nube, está diseñada con el objetivo de ubicar las aplicaciones y los datos lo más cerca posible a los usuarios, de esta manera ofrece los recursos de forma rápida y los datos se utilizan más cerca del lugar donde se originan (Mitch, Todd, & Lalit , 2918).

Algunos beneficios son los siguientes:

- Latencia reducida y mejora en el rendimiento: Al trabajar en tiempo real, las aplicaciones funcionan mejor y más rápido, el Edge computing procesa, analiza y actúa sobre los datos recopilados en milisegundos, provocando una gran mejora en la eficiencia. Cuando se requiere transmitir gran cantidad de datos desde un lugar remoto en manera rentable, se recomienda utilizar el sistema de informática periférica, ya que la implementación de esta inteligencia optimiza el rendimiento.
- Reducción de gastos operativos: Esta tecnología, combinada con IIOT, reduce el uso y la necesidad de ancho de banda, optimizando de esta manera el recurso.
Al eliminarse el viaje de ida y vuelta a la nube para tener una respuesta a los eventos presentados, se evita incurrir en costos adicionales de ancho de banda, ya que no es necesaria la transmisión de datos. Además, se protege la información ya que se analiza en una red privada.
- Seguridad de datos: la privacidad es más sencilla de implementar. Se analizan los dispositivos previos a enviarlos a la nube.

Problemas de Caption

Figura 9



2.2.6 Blockchain

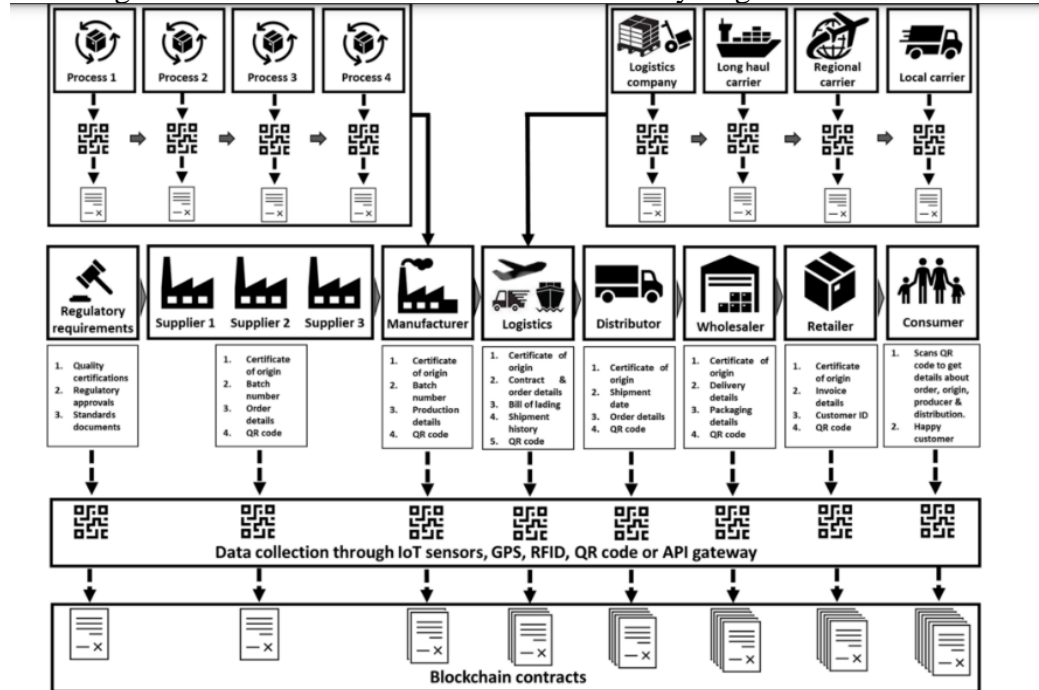
Blockchain es una tecnología, que surgió cuando la criptomoneda Bitcoin se lanzó por primera vez en 2009; se podría decir que es la tecnología subyacente a este tipo de criptomoneda. Sirve para que las transacciones comerciales sean más seguras, eficientes y rentables, también permite el almacenamiento de información de manera muy segura para todas las partes. La tecnología blockchain es aplicable a todo aquello que virtualmente tenga o presente valor (Nordgren, Weckström, Martikainen , & Lehner , 2019).

Blockchain tiene como principal característica, la posibilidad de brindar confianza, transparencia y trazabilidad para las transacciones involucradas. Esta tecnología inicio su aplicabilidad en los sectores financieros, sin embargo, actualmente se utiliza en sectores de comercio minorista, servicios gubernamentales, en medicina o sectores vinculados a la salud, y particularmente se le está dando un gran uso en sectores relacionados a la cadena de suministro y logística.

En el área de la manufactura, el blockchain tiene la ventaja de brindar información relacionada a la procedencia y la trazabilidad de productos críticos (Raja Santhi & Muthuswamy, 2022).

Figura 10

Tecnología Blockchain en la Cadena de Suministro y Logística



Nota. Esquema del uso y aplicabilidad de Blockchain para la cadena de suministro y logística de una planta de manufactura. [Infografía], Raja Santhi, A.; Muthuswamy, 2022, *Influence of Blockchain Technology in Manufacturing Supply Chain and Logistics*, (p.10), Robert Handfield

Aunque la mayoría de las organizaciones han “digitalizado” sus cadenas de suministro y logística, actualmente existe la necesidad de prácticas "basadas en datos".

La tecnología blockchain puede proporcionar beneficios significativos a la cadena de suministro y a la logística de red de empresas manufactureras en términos de confianza, transparencia, trazabilidad, seguridad, y flexibilidad, para ello las empresas deben actualizar sus bases de datos tradicional con blockchain.

2.2.7 Inteligencia artificial

La inteligencia Artificial, es la capacidad de las máquinas para usar algoritmos, aprender de los datos registrados y luego utilizar esta información

para tomar decisiones como lo haría un humano. Es una rama del conocimiento que involucra diferentes disciplinas como la lógica, matemática, ciencia de la computación, estadística, etc.

Haciendo uso de tecnologías avanzadas, la inteligencia artificial busca que los dispositivos tecnológicos realicen tareas que comúnmente realizaría un humano, como la resolución de problemas, percepción visual, toma de decisiones, etc.

El matemático Alan Turing, propuso en 1950 un método para evaluar el nivel de inteligencia de una máquina (Copeland, 2004), y John McCarthy fue quien utilizó el término de Inteligencia Artificial por primera vez en 1956 cuando presentó un trabajo en la conferencia de Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence llamado la ciencia y la ingeniería de hacer máquinas inteligentes (Rajaraman & McCarthy, 2014).

Algunas de las principales técnicas que comprende la inteligencia Artificial están asociadas a las Redes Neuronales Artificiales, el Procesamiento de Lenguaje Natural, el aprendizaje automático (Machine Learning); el aprendizaje profundo (Deep Learning) y la Inteligencia Artificial Industrial. A continuación, se desarrollará brevemente un par de las técnicas mencionadas:

2.2.7.1 Machine Learning o aprendizaje automático

Arthur Samuel, uno de los pioneros en la materia, definió el aprendizaje automático como un “campo de estudio que le da a las computadoras la capacidad de aprender sin ser programado explícitamente, utilizando algoritmos para poder predecir, clasificar y generar conocimiento” (Wiederhold & McCarthy, 1992) .

Hay una gran variedad de campos en los que se puede aplicar el aprendizaje automático, algunos ejemplos son predicciones en mercados bursátiles, controles de seguridad en aeropuertos, detección de fraudes con tarjetas de crédito, diagnósticos médicos, vehículos inteligentes capaces de aprender no solo de su propietario sino también del entorno en que circulan.

El aprendizaje automático sirve como una solución muy eficiente en el manejo de un gran volumen de datos en diferentes industrias, funcionando como supercomputadoras o “Humanoides” como se los conoce habitualmente.

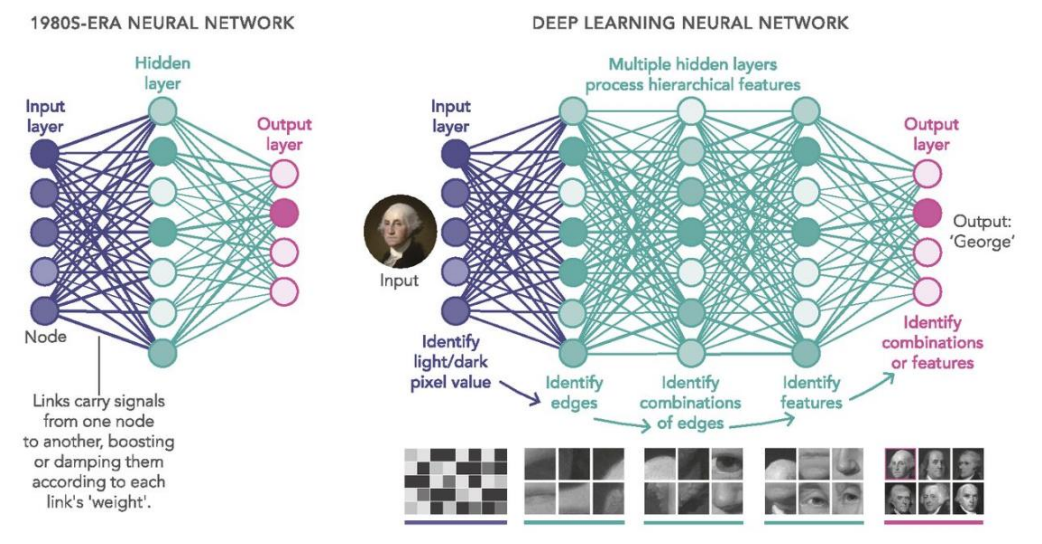
Estos robots/máquinas pueden hablar, responder preguntas complejas y realizar múltiples trabajos a la vez (Rupali & Amit, 2017).

2.2.7.2 Deep Learning o aprendizaje profundo.

Se trata de un subconjunto del aprendizaje automático, en general utiliza redes neuronales artificiales. Dependiendo del número de capas del modelo es la profundidad del mismo. En un modelo neuronal profundo, cada capa utiliza el resultado o la salida de la capa anterior como entrada. En la siguiente figura se observa la comparación entre la estructura convencional de una red neuronal y la estructura de una red neuronal profunda, donde la arquitectura y complejidad es mucho mayor (Waldrop & Mitchell, 2019).

Figura 11

Red Neuronal Convencional vs Red Neuronal Profunda



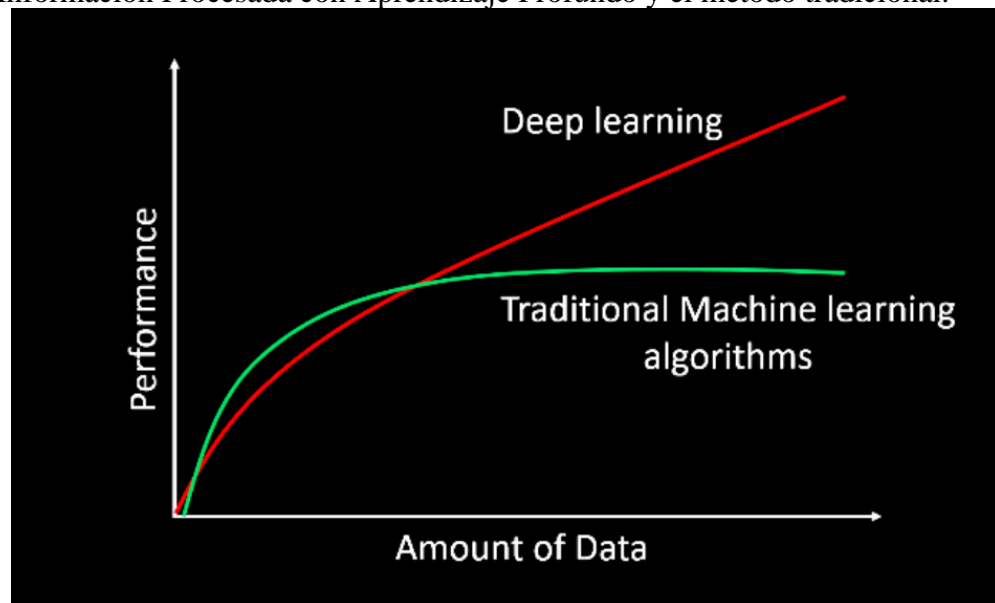
Nota. Red Neuronal Convencional y Red Neuronal Profunda [Infografía], Tomado de, What are the limits of deep learning?, 2019, <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1821594116>

Geoffrey Hinton desarrolló este modelo de entrenamiento para Deep Learning que utiliza el modelo de capas y que aporta resultados superiores a los modelos previos (Hinton, Osindero, & Teh, 2006).

Tal como podemos ver en la siguiente figura, los algoritmos más antiguos relacionados al aprendizaje de modo automático, tienen un estado de saturación asociado a la cantidad de datos que procesan, es decir existe un límite máximo para extraer información, sin embargo en el caso de Deep learning vemos que su modelo y diseño es alimentado por datos y no representa una limitante.

Figura 12

Variación de la Performance de una Empresa en función de la Cantidad de Información Procesada con Aprendizaje Profundo y el método tradicional.



Nota. La diferencia entre ambas curvas se puede extrapolar a la diferencia entre empresas gigantes con aplicación de IA y las pequeñas y medianas empresas tradicionales . [Infografía], *Decoding the dichotomy: Traditional Image Processing vs. Deep Learning*, (p.02), www.hcltech.com

Empresas tecnológicas están utilizando Deep Learning , por ejemplo, el reconocimiento de voz de Siri, Cortana, Google Now, los sistemas de recomendación que utilizan las diferentes plataformas de contenido como Netflix, Twitter, You Tube, y los vehículos autónomos de Tesla, o Google.

La aplicabilidad del conocimiento profundo puede extrapolarse al área industrial, por ejemplo, las técnicas y modelos para el reconocimiento de voz podrían adaptarse para el análisis de las vibraciones en el diagnostico de motores para diferentes industrias.

La cantidad de datos generada recientemente aumenta de manera exponencial y la extracción de esos datos para su posterior utilización da una gran ventaja comparativa con respecto a sectores que no lo utilizan. A partir de estos datos se puede mejorar la comprensión de los procesos industriales para lograr una optimización y consecuente reducción de costos, que genera una mayor productividad y mucho más efectiva.

2.2.8 Big Data

Big Data es la tecnología que permite el tratamiento y procesamiento de una gran cantidad de datos, esto facilita la creación de estrategias comerciales y la toma de decisiones en diferentes aspectos. Los medios tradicionales de procesamiento de datos ya han quedado limitados para el manejo de tanta información. El Big Data se relaciona a las diferentes soluciones de hardware y software que permiten el almacenamiento y la organización de grandes conjuntos de datos. Actualmente el inconveniente dejó de ser la capacidad para recopilar la información, es decir ya no son sólo los volúmenes de información, sino que también el número de transacciones y el número de fuentes de datos (Wang, Zhang, Shi, & Duan, 2018).

Una forma o manera de caracterizar el Big Data, es a través de las conocidas 5 Vs:

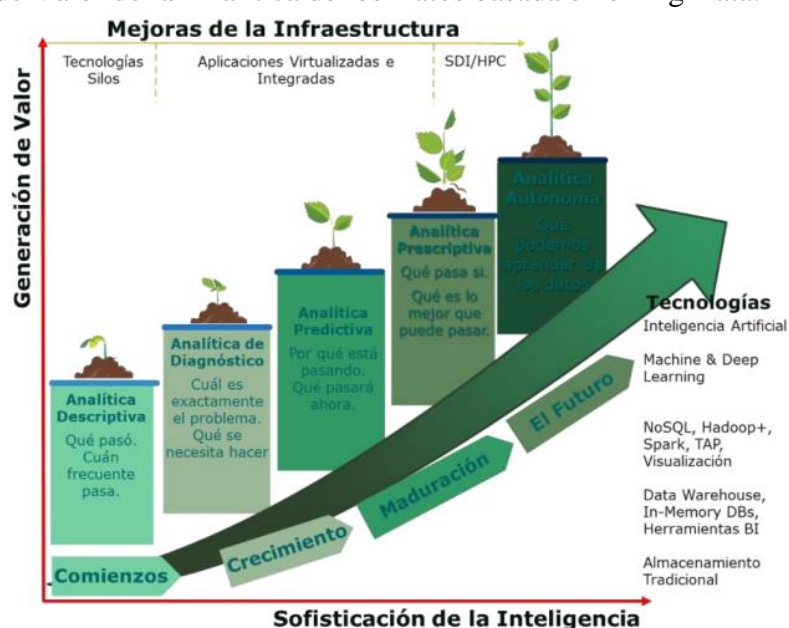
- 1- Volumen: Se relaciona a un gran volumen de información que suele ser muy difícil de procesar si utilizamos otros métodos tradicionales.
- 2- Variabilidad: La variabilidad está asociada a los cambios constantes que sufre el significado de cada dato. Para lidiar con este complejo escenario se suelen crear algoritmos cada vez más sofisticados que permiten comprender el contexto y lograr así decodificar lo que quieren decir los datos.
- 3- Veracidad: Las diferentes organizaciones tienen la compleja tarea de asegurar que la información recopilada se encuentre completa y que sea correcta.
- 4- Velocidad: No existen precedentes de la velocidad en que se están generando y almacenando los datos.

5- Variedad: la providencia de los datos puede tener diversas y múltiples fuentes, dispositivos, herramientas, bases de dato, plataformas etc.

Actualmente se evalúan las 17 V's, la evolución y contenido para estas variables que definen el Big Data, se encuentran en el paper: The 17 V's Of Big Data (Panimalar, Shree, & Veneshia, 2017).

Figura 13

Cadena de Valor de la Analítica de los Datos basada en el Big Data.



Nota: (DBs) es bases de datos; (BI) es inteligencia de negocios; (SDI) es infraestructura definida por software y (HPC) es Informática de alto rendimiento, por sus acrónimos en inglés, [Infografía], Tomado de, Ciencia de Datos en la Gestión Publica en base a INTEL (2017: 2) y Attaram y Attaram (2018: 24), Antonio Arciénaga Morales, Alejo Daniel Tolosa, Ariel Notta y Jorgelina Ema Capitanich, 2022, : Tramas Revista de Política Sociedad y Economía.

El Big Data ofrece una visión precisa de los rendimientos de diferentes tipos de recursos, como así también el conocimiento de diferentes impactos en tiempo real relacionado a diferentes procesos. También permite un mejor conocimiento de la demanda de productos y servicios que facilitan una segmentación adecuada de las ofertas para cada consumidor (Mayer-Schönberger & Cukier, 2018); (Llaneza, 2019).

Las empresas hacen uso del big data para la toma de decisiones importantes, como por ejemplo la contratación de personal o los cambios/ampliaciones de infraestructura (Benjamins & Salazar García, 2020).

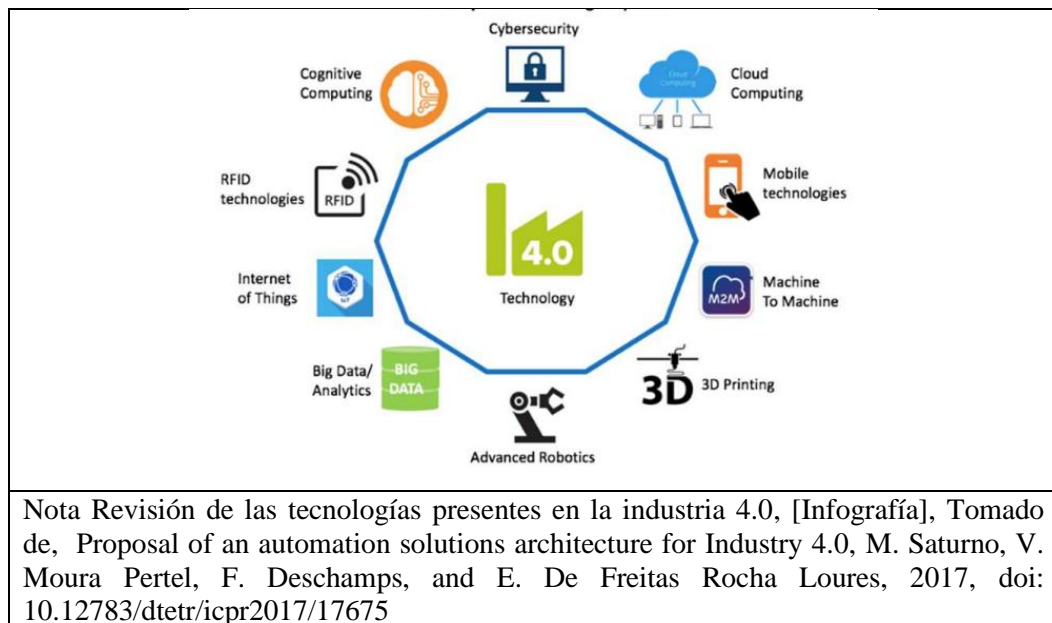
Los beneficios del tratamiento de datos son muy grandes, sin embargo, la mayor parte de la información está protegida por normas legislativas que impiden su utilización (Ramge & Mayer-Schönberger, 2018); (Fernández,, 2021).

Los principales aspectos en los que interviene el Big Data sobre las organizaciones, están relacionados a la reducción de gastos, la mejora de eficiencia y la mejora en el servicio de atención al cliente (Evans & Kitchin, 2018). El uso de sensores permite realizar un seguimiento detallado del rendimiento en los procesos, de esta manera se pueden mejorar la eficiencia de los mismos y actuar con antelación o gran rapidez ante la posibilidad de alguna falla que interfiera en el proceso (Xu, He, & Li, 2014).

Gracias a la posibilidad de compartir los datos de las actividades rutinarias de una empresa en tiempo real, se pueden detectar y corregir problemas antes que los clientes (Saura García, 2022).

Estas son algunas de las principales tecnologías encontradas en la Industria 4.0, sin embargo, existen muchas otras como Robótica Colaborativa, Fabricación Aditiva, Sistemas Autónomos, Fábricas y Máquinas Inteligentes etc. En la siguiente imagen se hace mención de las mismas:

Figura 14
Pilares de la Tecnología para la Industria 4.0



2.3 Implementación de Industria 4.0 en el mundo

2.3.1 Iniciativas de los países líderes en la implementación de la Industria 4.0

Los países líderes en carácter de revolución industrial, Alemania y Estados Unidos, han logrado alcanzar un alto grado de madurez en la implementación de la Industria 4.0 ya que además de disponer de sistemas tecnológicos de vanguardia y haber tomado la delantera en cuanto a integración y convergencia de tecnologías 4.0 para la industria, han implementado programas en sectores productivos estratégicos. Estos programas fueron impulsados por sectores públicos y privados.

En paralelo, el estado Chino promulgo la transformación de la matriz productiva, enfatizando un alto contenido innovador. China adquirió empresas de alta tecnología, tanto europeas como estadounidenses para adquirir conocimiento sobre tecnologías emergentes. Sumado a esto, fomento la formación del capital humano en el exterior en materia de innovación y su inversión en I+D ha ido en aumento desde que se impulsaron todas estas medidas.

En algunas regiones de Alemania, como Baviera, la economía se encuentra en continua expansión, la pirámide demográfica envejece continuamente y los

trabajadores que se jubilan son difícilmente reemplazados. Esto que parece algo menor es algo que se torna muy agudo en Alemania (Carbajosa A. , 2017).

Los principales desafíos de Alemania para procurar un entorno favorable en la digitalización de PYMES son:

- i) Lograr la implementación e integración de las pymes al nuevo modelo de industrialización. La mayoría de las PYMEs alemanas, son empresas que pertenecen al Mittelstand, empresas con pocos empleados, hiperespecializadas, y que destinan la mayoría de su producción a la exportación. El objetivo es asegurar el liderazgo de los desarrollos que impulsan en el mercado, y para ello invierten gran parte de sus beneficios en I+D.
- ii) Integración, comunicación y adecuación de las mejores prácticas entre pymes. Con el fin de promover esta manera de trabajo se creó “Compass” (solo aplicable en Alemania), una guía introductoria al modelo 4.0 aplicada a las empresas Alemanas y que proporciona un gran soporte a las empresas que quieran innovar.
- iii) Adicionalmente se utilizan eventos específicos para difusión de las innovaciones productivas, comunidades donde se comparten soluciones, casos exitosos, recomendaciones y se promocionan las mejores prácticas relacionadas a la implementación de la digitalización
- iv) La transferencia del conocimiento y la colaboración con diferentes universidades, e institutos tecnológicos es un plus a la hora de promover la implementación de la Industria 4.0 en Alemania. (Casalet, 2018)

En Estados Unidos, la estrategia se focalizo en la fabricación o manufactura de avanzada, que consiste en hacer uso de la revolución de la tecnología informática (automatización, sensores, software, funcionamiento en red etc.), en combinación con las diferentes ciencias físicas, biotecnología, nanotecnología, y ciencias cognitivas. La Oficina para la Implementación del Programa de Manufactura Avanzada, cumplió un papel fundamental para lograr orientar tanto la investigación e

infraestructura en una economía de red. Las metas propuestas e implementadas fueron:

- i) El fortalecimiento de incentivos financieros para lograr mejorar la inversión y la manufactura existente.
- ii) Lograr que las empresas puedan expandirse en el territorio con la generación de nuevas sucursales e incluso que puedan invertir en diferentes estados gracias a estos incentivos financieros.
- iii) Apoyar a las pymes para que se transformen en partícipes de proyectos donde se requiera manufactura de avanzada para industrias aeroespacial, automotriz y maquinaria de alto nivel tecnológico.

Algo que se identificó en el análisis, fue que las empresas no tienen capacidades formales de I+D, por lo que la falta de contactos con universidades, y la escases de investigación aplicada a ingeniería dificultaría el desarrollo de innovaciones tecnológicas (Executive Office of the President, 2011).

La resolución del inconveniente por la escases de investigación aplicada en PYMES, se resolvió en gran medida con el Programa Federal de Asociación para la Manufactura (MEP), un programa fundado entre el gobierno federal con la colaboración de los diferentes estados. Se generaron más de 580 centros MEP, distribuidos en diferentes estados. Cada MEP cuenta con expertos técnicos y asesores comerciales que contribuyen con el desarrollo de las pymes. Otra iniciativa realizada en paralelo fue la creación de un portal sobre la manufactura avanzada, este portal informa sobre los fondos para la investigación, y las investigaciones colaborativas que están en curso y que contribuyen a los avances de innovación, diseño y desarrollo de nuevos productos y servicios.

La creación de la Red Nacional para la Innovación en la Manufactura (NNMI, por sus siglas en inglés) se trata de una red de centros que aceleran el desarrollo y la innovación, adicionalmente contribuyen a la adopción de la manufactura de avanzada y aditiva en el país.

En complemento a la manufactura de avanzada, el desarrollo del conocimiento que incluye la biotecnología y la nanotecnología son disciplinas que logran complementar esta dinámica de investigación colaborativa.

El lanzamiento del programa Manufacturing USA en 2014, es una organización de apoyo público-privado que realizar el tránsito entre una manufactura avanzada a una manufactura inteligente, es decir aquella fabricación que utilice tecnologías de investigación en todas las fases del proceso de producción. Dentro de los principales inconvenientes de la aplicabilidad de la manufactura inteligente, surgió el problema de la escases de trabajadores que puedan aprovechar al máximo las tecnologías implementadas.

Para superar estos problemas se generaron estándares nacionales para el diseño industrial, se mejoró el financiamiento de colegios en el área industrial, programas de apoyo para universidades con el fin de promover la investigación de desarrollos y sistemas ciberfísicos .

Tabla 1 Estrategias de EEUU para Posicionarse en la Manufactura Avanzada y los
--

Acuerdos para Sostenerse.

Estrategias para posicionarse en la manufactura digital	Acuerdos de colaboración interinstitucional para reforzar la vinculación y transferencia de conocimientos	Principales actividades emprendidas
<p>Creación del Programa Nacional de Manufactura Avanzada.</p> <p>Principales medidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> o Aumento del volumen y calidad del gasto en I+D con planes a largo plazo. o Apoyos específicos para tecnologías emergentes. o Difusión de clústeres tecnológicos, con capacidad de investigación conjunta. o Cambio de estrategia comercial frente a los países asiáticos. o Aumentar la capacidad de la fuerza de trabajo en ingeniería, matemáticas y ciencias. o Política de expansión de la reserva federal para inyectar liquidez a la economía. 	<p>Creación de la oficina para implementación del Programa de Manufactura Avanzada con estrecha vinculación con la industria y la academia.</p> <p>El programa federal de Asociación para la Manufactura (MEP) provee asistencia técnica a las pymes para incorporarse a las cadenas.</p> <p>Creación de nuevos programas a nivel de las universidades para asegurar el liderazgo en manufactura avanzada.</p> <p>Creación de un fondo nacional a nivel gubernamental para Manufacturing Fellowship and Veterans.</p> <p>La industria se compromete a incluir jóvenes graduados en programas conjuntos con la universidad.</p> <p>Organizaciones intermedias que desarrollan un trabajo colaborativo por sector.</p> <p>Creación de la Red Nacional de Institutos para la Innovación en Manufactura.</p> <p>Red Nacional para la Innovación de Manufactura (NNMI) en 2014 se transformó en Manufacturing USA.</p>	<p>Elaborar pronósticos sobre diferentes áreas: defensa, energía, salud, seguridad, mercados globales.</p> <p>Construcción de mapas de rutas críticas para la obtener objetivos específicos, con plazos y fondos estables.</p> <p>Creación de un Portal Nacional sobre Manufactura Avanzada.</p> <p>Mejoras en la política comercial y en el clima de negocios.</p> <p>Actualización de la política energética.</p> <p>Red de Manufacturing USA creación de 8 institutos de enlace e investigación avanzada.</p> <p>Creación de FabLAB.</p>

Nota. Manufacturing USA: el ecosistema de la industria inteligente, Tomado de, La digitalización industrial: un camino hacia la gobernanza colaborativa. Estudios de casos, Mónica Casalet, 2018, Documentos de Proyectos (LC/TS.2018/95), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Tabla 2

Sistema de manufactura inteligente, capacidades e integración de tecnologías

	Descripción	Flujo de información	Capacidades clave
PLM	Product Life Cycle (gestión de la vida del producto). Es el proceso de gestión del ciclo completo de un producto desde su inicio, mediante el diseño de ingeniería y la fabricación, hasta el servicio y la eliminación.	Flujo bidireccional de información entre el producto y el ciclo de vida del sistema de producción.	Calidad, agilidad y sustentabilidad
SCM	Supplying Chain Management (gestión de la cadena de suministro). La gestión de los flujos de valor agregado —ascendente y descendente— de materiales, productos finales e información relacionada entre proveedores, empresas, revendedores y consumidores finales.	Flujo bidireccional de información entre actores de la cadena de suministro, es decir, fabricantes, clientes, proveedores y distribuidores.	Agilidad, calidad y productividad
DFSCM	Design for Supply Chain Management (diseño para la gestión de la cadena de suministro). Diseño de productos para aprovechar y fortalecer la cadena de suministro.	Flujo bidireccional de información entre actividades de gestión de la cadena de suministro y actividades de diseño de ingeniería.	Calidad y agilidad
CPI	Continuous Process Improvement (proceso continuo de mejora). Es el conjunto de actividades continuas de ingeniería y gestión de sistemas utilizados para seleccionar, adaptar, implementar y evaluar los procesos utilizados para producir productos.	La información fluye desde el sistema de fabricación en tiempo de ejecución hasta el proceso de las actividades de diseño.	Calidad, sustentabilidad, productividad
CCX	Contact Centers Express. Proceso continuo de diagnóstico, pronóstico y mejora del rendimiento de sistemas de producción.	Información bidireccional entre actividades de ingeniería de producción y actividades de operación de producción.	Productividad, agilidad, sustentabilidad y calidad.
DFMA	Design for Manufacturing and Assembly (diseño para manufactura y ensamblaje). El diseño para facilitar la fabricación de las piezas y el diseño del producto para facilitar el ensamblaje.	La información fluye de ingeniería de producción y actividades de operación a las actividades de diseño de producto.	Productividad y agilidad.
FMS/RMS	Flexible Manufacturing System/Reconfigurable Manufacturing System (sistema flexible de manufactura/sistema de manufactura reconfigurable). Las máquinas son flexibles y pueden ser configuradas para cambiar el volumen de producción o nuevos tipos de producto con o sin un cambio en los procesos.	La información fluye desde las actividades de ingeniería de productos a la producción de estas.	Agilidad.
Pirámide de manufactura	La naturaleza jerárquica de los sistemas existentes de manufactura ilustrados en una pirámide de tres niveles que incluyen ERP, MoM y shop floor.	Flujo bidireccional entre ERP, actividades MoM y sistemas de control.	Calidad, agilidad, productividad y sustentabilidad
Ciclo rápido de innovación	Para mejorar el ciclo de introducción de nuevos productos se anticipan tendencias a través de la recolección de datos del uso del producto y generando retroalimentación al área de ideación del producto.	La información fluye del uso del producto al diseño de éste.	Calidad y agilidad

Nota. Sistemas de fabricación inteligente y sus beneficios, Tomado de, La digitalización industrial: un camino hacia la gobernanza colaborativa. Estudios de casos, Mónica Casalet, 2018, Documentos de Proyectos (LC/TS.2018/95), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

En China, se promovió el programa “Going Global” en el que se promovía la inversión en el exterior para aprovechar la globalización. Esto llevó a un crecimiento y expansión de nuevos mercados que permitieron adquirir nuevas tecnologías de avanzada.

A partir del 2016 China adquirió un gran número de compañías en Europa, principalmente en Alemania y Reino Unido, lo mismo sucedió en Estados Unidos. China estima que para el 2050 debe convertirse en el país líder de industrialización, y esto se pretende lograr mediante una gran inversión en automatización y digitalización.

El apoyo del estado es integral y cubre prácticamente todas las ramas de la industria, siempre priorizando la rama aeroespacial, la fabricación de máquinas para la industria y manufactura automotriz.

La capacidad de la industria china para innovar no es sólida, la mayoría de las exportaciones chinas de alta tecnología son de empresas extranjeras, mientras que las empresas chinas tienen los más bajos costos en ensamble y fabricación de piezas. Uno de los inconvenientes radica en la calidad de los productos.

Para construir una competitividad global respecto a Estados Unidos y Alemania; China, tomo acciones concretas para promover este crecimiento. Aumentó significativamente el PBI en I+D, realizó un programa de formación de capital humano en el exterior (Casalet, 2018).

La siguiente tabla resume las principales características en la aplicabilidad de la I 4.0 en los países considerados líderes en el desarrollo de la I 4.0.

Tabla 3
Promoción de la I4.0 en países líderes

Caso / Año	Marco regulatorio / Iniciativas	Lineamientos de la política pública en función de los marcos regulatorios e iniciativas	Orientación general
Alemania 2010	High Tech Strategy (2006) Plan de Acción para la Estrategia de Alta Tecnología 2020 (2010) <i>Smart Factory</i> <i>KL Technology</i> <i>Platform Industry 4.0</i>	Fábrica público-privada de proveedores para la aplicación industrial de TIC. Redes de I+D entre industria y academia. Redes abiertas de transferencia tecnológica. Creación de modelo uniforme de referencia para la I4.0. Instrumentos de cooperación Internacional. Creación de una plataforma de I4.0 entre organizaciones del sector público y privado, liderada por el Estado.	Integración de sistemas ciberfísicos en manufactura y logística, utilización de IoT e incorporación de servicios en procesos industriales con impacto en toda la cadena de valor en el ciclo de vida del producto. Consolidar a Alemania como líder de la producción industrial y como proveedor mundial de soluciones para la I4.0.
EEUU 2014	Programa Nacional de Manufactura Avanzada <i>Manufacturing USA</i> <i>American Makes</i>	Red público-privada que aglutina empresas, instituciones de gobierno e institutos de investigación activos en innovación en manufactura. <i>Manufacturing Extension Partnership</i> (MEP): capacitación y asistencia técnica a fábricas inteligentes en los 50 Estados. Consortios de colaboración entre empresas, agencias estatales, organizaciones sin fines de lucro e instituciones académicas. Aumento de la I+D pública y privada en áreas estratégicas de la I4.0.	Creación de una estructura organizativa de apoyo público-privado para la digitalización de la industria, el fomento de la investigación aplicada y el diseño de nuevas redes institucionales.
China 2015	Plan General de China 2025 <i>Made in China 2025</i> <i>Nueva Ruta de la Seda Digital</i>	Incremento de la inversión pública y privada en I+D en áreas estratégicas de la I4.0. Patrocinio estatal integral que cubre casi todas las ramas de la industria (prioriza la aeroespacial, fabricación de máquinas para industria y manufactura de automóviles). Política de formación de talentos en el exterior. Apoyo al desarrollo de clústeres y empresas multinacionales con competitividad internacional (Alibaba, Baidu, Tencent, etc.). Colaboración con grandes compañías como ABB, Cisco, IBM, GE. Instrumentos de cooperación internacional.	Creación de grupos con actividades intensivas en conocimiento y cadenas de valor internacional. Fortalecer al sector manufacturero con el objetivo de ser líder en 2050, entre los países industrializados. Incrementar la productividad entre un 25% y 30% por medio de la automatización y digitalización de la producción.

Nota. En la Tabla se Observan las Diferentes Políticas Aplicadas por los Países Líderes en la Implementación de la Industria 4.0, Tomado de, La Industria 4.0 en perspectiva latinoamericana: limitaciones, oportunidades y desafíos para su desarrollo, Patricio Julián Feldman, Ulises Girolimo, 2021, DOI: 10.18294/rppp.2021.3645, Revista Perspectivas de Políticas Públicas Vol. 10 N°20 (enero-junio 2021) ISSN 1853-9254

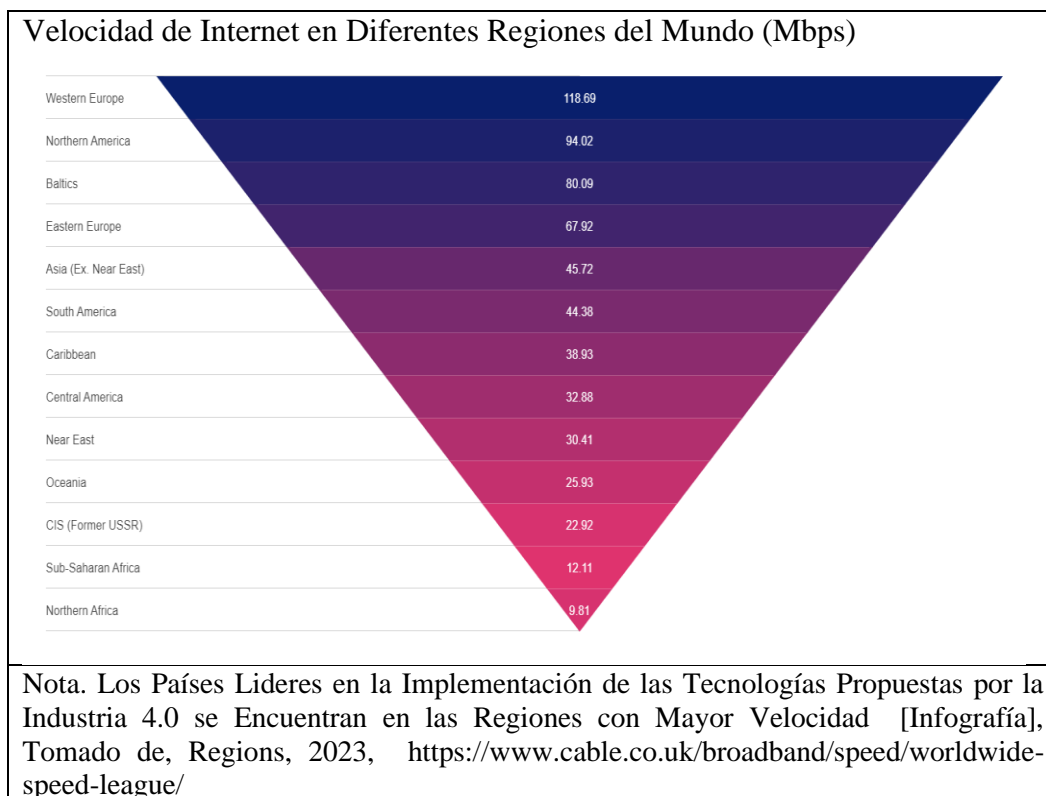
En este resumen se ve la fuerte intervención estatal para impulsar este desarrollo, destinando recursos, promoviendo políticas de promoción de la I4.0, y generando un marco regulatorio para la promoción de la industria científico-tecnológica. Otro aspecto destacado fue la generación de redes de colaboración científico-tecnológica para áreas industriales específicas, en las que participaron universidades, PYMES, el estado, empresas y centros de investigación.

De los tres países desarrollados podemos concluir que cada uno de ellos diseñó un modelo a seguir para alcanzar sus objetivos. El modelo alemán busca mantener su hegemonía de país innovador, el estadounidense la de recuperar el liderazgo relacionado a la producción manufacturera, y en china se intenta alcanzar la hegemonía en la economía internacional mediante la transformación productiva y el tipo de exportaciones (Feldman & Girolimo, 2020) .

2.3.2 Perspectiva latinoamericana para la implementación de la Industria 4.0.

Al analizar la perspectiva latinoamericana para la implementación de la I 4.0, lo primero que se puede identificar es que el punto de partida difiere del de los países líderes en innovación. Las principales dificultades a las que los países latinoamericanos se enfrentan son las siguientes:

- 1- Dependencia tecnológica, al tener la necesidad de importar la mayoría de las tecnologías necesarias para hacer desarrollos tecnológicos (Castillo, Gligo, & Rovira, 2020).
- 2- Atraso y dificultad para la adopción de las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación) en las organizaciones, en parte asociado a las capacidades tecnológicas existentes.
- 3- Déficit en la transferencia de tecnologías entre los sectores de ciencia y tecnología y los sectores productivos (Casas-Guerrero & Luna-Ledesma, 2011).
- 4- Déficit en infraestructura tecnológica y conectividad, la cantidad de sensores y robots está por debajo del promedio mundial (66 robots/10.000 trabajadores manufactureros). La velocidad de conectividad suele ser la mitad de la que se puede adquirir en países desarrollados.



Adicionalmente a los puntos mencionados anteriormente, hay que considerar que el contexto mundial en el que se están desarrollando las economías se ve afectado por tres puntos en común:

- 1- A partir de la I 4.0, existe una re locación de las cadenas productivas, la mano de obra barata pasa a ser algo secundario, y se prioriza el desarrollo tecnológico, el capital humano, costo energético etc.
- 2- Se busca producir cerca del cliente y de forma personalizada, eliminando la centralización productiva. Esta forma de llevar a cabo negocios permite adicionalmente al producto, incorporar nuevos servicios.
- 3- La formación del capital humano es fundamental, ya no son suficientes las habilidades duras, sino que se requieren habilidades híbridas (blandas y duras), es decir un sólido conocimiento tecnológico e ingenieril combinado con pensamiento crítico y creatividad.

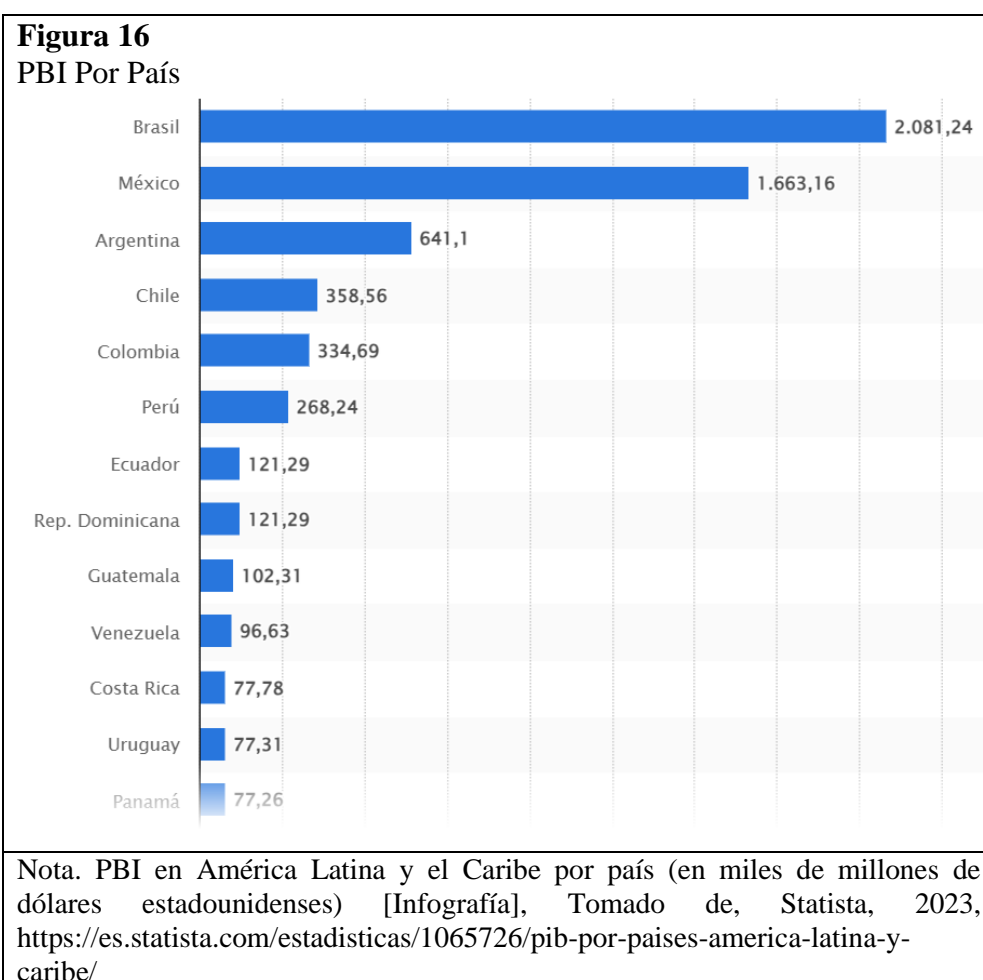
De la comparación entre países líderes en la implementación de la I 4.0 vs los países en desarrollo, se observa que los primeros tienen la característica de ser capaces de incorporar como de desarrollar tecnologías, en Latinoamérica, el

primer paso debería ser la adopción de tecnológicas para luego avanzar con los desarrollos.

Los países latinoamericanos con mejores perspectivas de adaptabilidad serán aquellos que sean capaces de incorporar, desarrollar y producir tecnologías.

Los países con mayor posibilidad de aplicar las tecnologías de la Industria 4.0 en América Latina, son Argentina, México y Brasil y los principales diferenciales por lo que se estudian estos tres países son:

- 1- La suma de sus tres economías representa más del 60% del PBI regional.



- 2- Son los países que aportan mayor valor agregado a sus productos.
- 3- Según el gasto realizado en I + D en proporción al PBI y las cantidades de patentes por cápita, se desprende que son los países con mayor

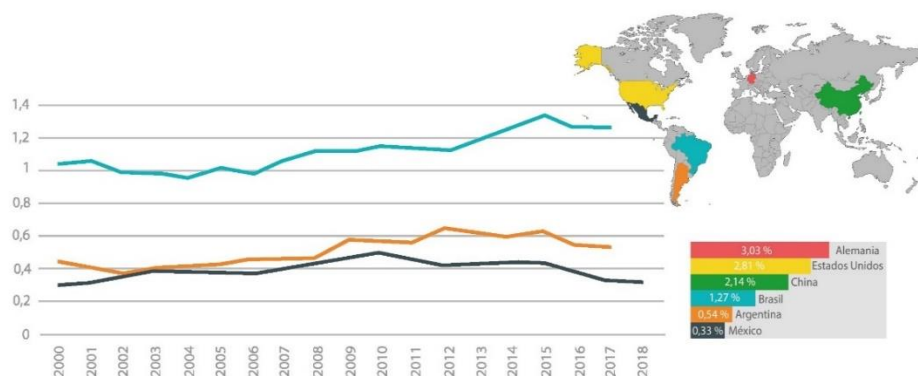
porcentaje de exportaciones de media y alta tecnología con respecto a otros países de la región.

4- Iniciaron políticas públicas para su implementación.

En los siguientes gráficos se muestran indicadores concretos relacionados al gasto de I+D en función del PBI (#01), al número de patentes solicitadas por residentes de cada uno de los países (#02) y finalmente el número de investigadores destinados a I+D por millón de habitantes (#03).

Figura 17

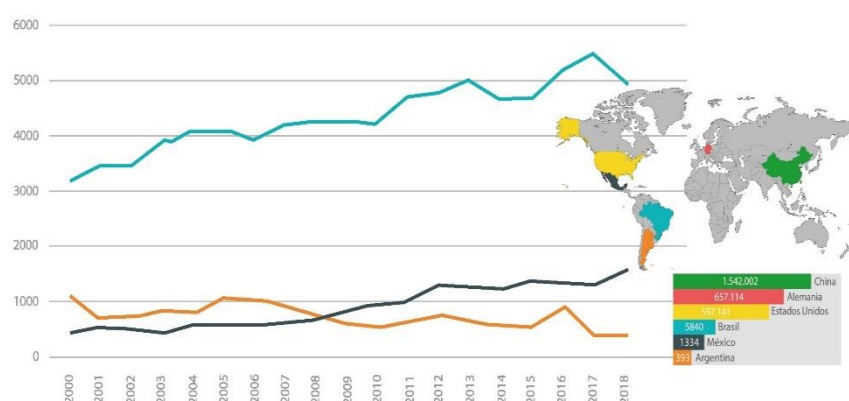
Gasto de I+D Como Porcentaje del PBI - Argentina, Brasil y México



Nota. Gasto en I+D Como Porcentaje del PBI para Argentina, Brasil y México. Comparación con Alemania, Estados Unidos y China para 2017 [Infografía], Gráfico adaptado de, La Industria 4.0 en perspectiva latinoamericana: limitaciones, oportunidades y desafíos para su desarrollo, Patricio Julián Feldman, Ulises Girolimo, 2021, DOI: 10.18294/rppp.2021.3645, Revista Perspectivas de Políticas Públicas Vol. 10 N°20 (enero-junio 2021) ISSN 1853-9254

Figura 18

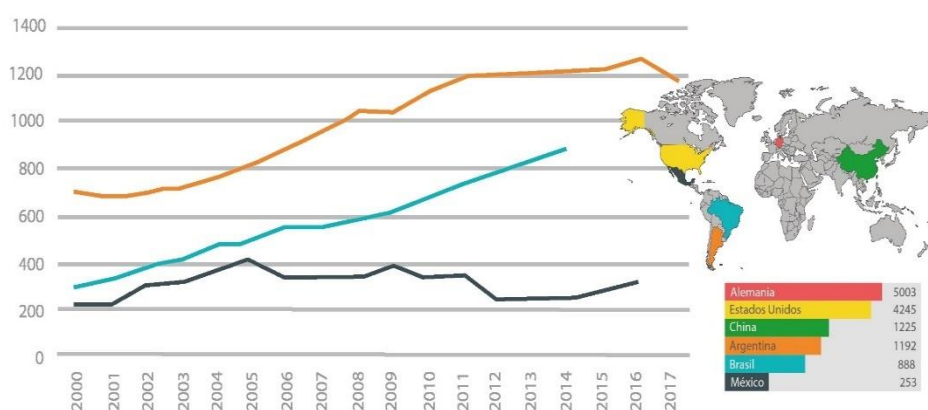
Solicitud de Patentes por Residentes en Argentina, Brasil y México



Nota. Solicitud de Patentes por Residentes en Argentina, Brasil y México. Comparación con Alemania, Estados Unidos y China para 2017 [Infografía], Gráfico adaptado de, La Industria 4.0 en perspectiva latinoamericana: limitaciones, oportunidades y desafíos para su desarrollo, Patricio Julián Feldman, Ulises Girolimo, 2021, DOI: 10.18294/rppp.2021.3645, Revista Perspectivas de Políticas Públicas Vol. 10 N°20 (enero-junio 2021) ISSN 1853-9254

Figura 19

Investigadores Dedicados a I+D por Millón de Habitantes en Argentina, Brasil y México.



Nota. Investigadores Dedicados a I+D por Millón de Habitantes en Argentina, Brasil y México. Comparación con Alemania (2017), Estados Unidos (2016) y China (2017) [Infografía], Gráfico adaptado de, La Industria 4.0 en perspectiva latinoamericana: limitaciones, oportunidades y desafíos para su desarrollo, Patricio Julián Feldman, Ulises Girolimo, 2021, DOI: 10.18294/rppp.2021.3645, Revista Perspectivas de Políticas Públicas Vol. 10 N°20 (enero-junio 2021) ISSN 1853-9254

Brasil se destaca en el aspecto científico-tecnológico, ya que la proporción de I+D en función del PBI y el número de solicitudes de patentes por residentes, supera a los demás países de la región; mientras que al analizar el número de investigadores en I+D por millón de habitantes Argentina muestra una ventaja respecto a México y Brasil (Feldman & Girolimo, 2020).

Según el análisis de Schteingart, et al. (2019), México puede considerarse dentro del grupo de países ensambladores, exportando productos de media-alta tecnología a pesar de tener capacidades tecnológicas bajas. Brasil está en la clasificación de países ensambladores y no innovadores primarizados, puede clasificarse como un país con capacidades científico-tecnológicas, es decir que la mayoría de los productos exportables de Brasil tienen bajo contenido tecnológico y productos primarios. Finalmente, Argentina, forma parte del grupo de los países no innovadores primarizados, es decir tienen capacidad tecnológica baja y exportan en su mayoría productos derivados de recursos naturales, es decir productos primarios.

La visión resumida de estos tres países se puede ver en el siguiente cuadro:

Tabla 4

Países Líderes en Latino América para el Desarrollo de la Industria 4.0.

País	Nichos sectoriales	Potencial de implementación	Limitaciones	Capacidades científico-tecnológicas (último año disponible)	Tipo de inserción en la división internacional del trabajo
México	-Automotriz -Aeroespacial -Biotecnología	Clústeres tecnológicos locales	-Déficit de personal especializado - Déficit de infraestructura y conectividad	-Gasto en I+D/PBI: 0,49% -Solicitud de patentes por residentes: 1.310 -Investigadores por millón de habitantes: 252 (2013)	Ensamblador
Brasil	-Aeroespacial -Automotriz, -Alimento -Agropecuaria -Químicos	Firmas locales especializadas en servicios tecnológicos y startups	-Déficit de personal especializado - Déficit de infraestructura y conectividad	-Gasto en I+D/PBI: 1,27% -Solicitud de patentes por residentes: 5.200 -Investigadores por millón de habitantes: 888 (2014)	Intermedio
Argentina	-Automotriz -Alimentos -Maquinaria agrícola -Químicos -Petroquímico -Energía	Pymes locales con capacidad de desarrollar baja/media complejidad tecnológica	-Déficit de personal especializado - Déficit de infraestructura y conectividad -Contexto macroeconómico	-Gasto en I+D/PBI: 0,53% -Solicitud de patentes por residentes: 884 -Investigadores por millón de habitantes: 1.192 (2017)	No innovador primarizado

Nota. En La Tabla se Observan los Países Potencialmente Líderes en el Desarrollo de la I 4.0 para América Latina. Tomado de, La Industria 4.0 en perspectiva latinoamericana: limitaciones, oportunidades y desafíos para su desarrollo, Patricio Julián Feldman, Ulises Girolimo, 2021, DOI: 10.18294/rppp.2021.3645, Revista Perspectivas de Políticas Públicas Vol. 10 N°20 (enero-junio 2021) ISSN 1853-9254

En la siguiente tabla se observan las principales políticas y acciones tomadas por estos países para el desarrollo de la Industria 4.0.

Tabla 5
Políticas y Acciones Tomadas por Argentina, Brasil y México para la Implementación de la Industria 4.0

País Año	Principales iniciativas	Orientación general	Acciones
México 2016	Mapa de ruta Industria 4.0 PROSOFT e Innovación	<ul style="list-style-type: none"> - Transformar a México en líder regional en soluciones digitales y Big Data. - Fomentar el desarrollo tecnológico y la adopción de tecnologías que promuevan la generación y transferencia de conocimientos. - Promover la generación de capital humano especializado. - Promoción de <i>clústeres</i> sobre las capacidades territoriales existentes. - Formación de redes de innovación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Creación del Consejo Consultivo de Industria 4.0. - Financiamiento de proyectos mediante aportes no reembolsables. - Creación y fortalecimiento de Centros de Innovación Industrial.
Argentina 2019	Plan Nacional Industria Argentina 4.0 (Resolución Conjunta 1/2019 - RESFC-2019-APN-MPYT) Régimen de Economía del Conocimiento (Ley 27.506)	<ul style="list-style-type: none"> - Favorecer la competitividad de la industria nacional mediante la incorporación de tecnologías digitales. - Beneficios impositivos y acceso a crédito fiscal para empresas del rubro I4.0. - Instrumentos de política pública para incrementar el empleo en la industria 4.0. 	<ul style="list-style-type: none"> - Creación del Consejo Asesor Industria 4.0 - Creación del Comité Ejecutivo 4.0. - Plataforma digital Industria Argentina 4.0. - Creación de la Dirección de la Industria 4.0 (INTI) - Régimen de Promoción de la Economía del Conocimiento
Brasil 2019	Agenda Brasileira para la Industria 4.0 Estrategia Brasileña para la Transformación Digital Plan Nacional de IoT Programa Ruta 2030	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de la I4.0 en el marco de una estrategia nacional de innovación. - Alianza público-privada para el desarrollo de la I4.0. - Adopción de tecnologías 4.0 en sectores productivos con potencial de desarrollo. - Promoción de la innovación tecnológica en el sector PyME industrial. - Financiamiento a <i>startups</i> de tecnología. - Mejora de la infraestructura de telecomunicaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cámara Brasileña de Industria 4.0 - Creación del Fondo de Promoción de la Investigación y financiamiento de <i>startups</i> en tecnologías 4.0 (FINEP) - Créditos para equipamiento e I+D para Pymes industriales a través del BNDES

Nota. En La Tabla se Observan las Principales Iniciativas, Orientaciones y Acciones para Implementar la Industria 4.0 en Argentina, Brasil y México, Tomado de, La Industria 4.0 en perspectiva latinoamericana: limitaciones, oportunidades y desafíos para su desarrollo, Patricio Julián Feldman, Ulises Girolimo, 2021, DOI: 10.18294/rppp.2021.3645, Revista Perspectivas de Políticas Públicas Vol. 10 N°20 (enero-junio 2021) ISSN 1853-9254

2.3.3 Perspectiva Argentina para la implementación de la Industria 4.0.

En función de lo expuesto anteriormente se concluir que la implementación Argentina de las tecnologías de innovación en PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas), estará condicionada en parte al posible financiamiento que puedan adquirir, a la cultura organizacional de las empresas, al conocimiento sobre las nuevas oportunidades tecnológicas a aplicar, a las inversiones en I+D.

Para Argentina el grado de difusión de estas tecnologías es aún muy escaso, y no se ha logrado un desarrollo sostenido en el tiempo.

De acuerdo al estudio realizado por Jorge Motta, Hernán Morero y Rubén Ascúa sobre la Industria 4.0 en mipymes manufactureras en la

Argentina (Motta, Moreno, & Ascúa, 2019), se logran identificar varios aspectos importantes para determinar la aplicabilidad de la Industria 4.0 en diferentes compañías Argentinas.

En primer lugar, la implementación de las tecnologías de la Industria 4.0 no pueden definirse como una condición binaria, adopto o no adopto, es más, en todos los casos analizados la adopción registrada es parcial, y se registran diferentes gradientes de adopción.

La adopción de la industria 4.0, se considera limitada, porque se aplica en una o pocas áreas o procesos; lo que sucede es que en general se utilizan algunas de las funciones o ventajas que ofrecen estas tecnologías, pero por diferentes motivos, que van desde la conectividad, necesidad inversiones adicionales o competencias del personal contratado, solo se pueden aprovechar pocas funciones. La mayoría de las empresas, realizo como proyecto la incorporación de algún software asociado a maquinarias que les permitió recopilar información, la información se utiliza para generar indicadores o mejorar la toma de decisiones, que suele ser humana. Prácticamente no se encontraron empresas que utilicen el machine learning, inteligencia artificial o data science, para que la maquina sea quien tome las decisiones o aprenda.

Una manera de analizar el grado de aplicabilidad es pensando en el estado de cada empresa en función de diferentes fases de aplicación de nuevas tecnologías:

Tabla 6 Fases de Implementación de Tecnologías Digitales de la Industria 4.0.

Fases	Descripción	Implementaciones características
Fase inicial	Establecimiento de la infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación de hardware para automatización de procesos, conectividad y almacenamiento de datos (Sensores, PLCs, pantallas HMI, routers wifi, etc.) • Instalación de software de gestión tradicional (ERP, GMAO, CRM, MRP, etc.)
Fase de implementación	Digitalización y extracción de la información	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación de sistemas de recopilación de datos • Generación de Indicadores • Control Centralizado de la Información • Integración de Robots
Fase de expansión	Fabricación inteligente	<ul style="list-style-type: none"> • Software de Big Data y Análítica Predictiva • Internet de las Cosas • Impresión Aditiva • Realidad virtual y realidad aumentada

Nota. Industria 4.0 en mipymes manufactureras de la Argentina, Tomado de, La digitalización industrial: un camino hacia la gobernanza colaborativa. Estudios de casos, Mónica Casalet, 2018, Documentos de Proyectos (LC/TS.2018/95), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

La fase inicial de implementación está vinculada en particular a generar una estructura física adecuada, es decir, instalación de hardware, sensores, pantallas , contar con buena conectividad. Luego se complementa con la instalación de software de gestión.

La siguiente fase corresponde a la digitalización y al manejo de la información recopilada para su posterior análisis con el fin de plantear mejoras y mejorar el control de los procesos de forma automática. Para esto se requiere la incorporación de robots, instalación de sistemas capaces de generar diferentes indicadores en tiempo real.

Finalmente, está la etapa o fase de expansión, donde se aplican técnicas de inteligencia predictiva a diferentes sectores de la compañía. Para esto se requieren sistemas autónomos. IoT, tecnologías de realidad virtual etc.

De acuerdo con la tabla anterior, la implementación de una tecnología sigue una lógica secuencial, en primer lugar se realizan inversiones de base, software de gestión, sensores con conectividad etc. fase inicial; luego en la etapa de implementación se recolectan los datos, finalmente se logra la fase de expansión donde se involucra la creación de sistemas autónomos capaces de interactuar con el entorno y lograr una retroalimentación al respecto.

En esta fase también es conveniente considerar

2.3.3.1 Principales obstáculos y limitaciones de mipymes argentinas para adoptar la Industria 4.0.

El grado de implementación de las tecnologías de innovación en la industria argentina, se debe a una serie de obstáculos y limitaciones que tienen las empresas argentinas a la hora de intentar mejorar sus procesos. Algunos de estos inconvenientes pueden ser intrínsecos de la organización y otros externos están asociados a políticas nacionales.

A continuación, se mencionan los principales puntos de análisis y se realiza un breve comentario de cada uno de ellos:

- Desconocimiento de las tecnologías

La mayoría de los proveedores de robótica, impresión digital, IoT etc. tienen como barrera principal que no se logra mostrar el sentido de aplicar estas tecnologías a las empresas. Adicionalmente, pensar en aplicación de estas tecnologías implica modificar el modelo de negocio de la empresa, lo que lleva a terminar realizando adopciones parciales de tecnologías para resolver un problema específico.

- Necesidad de un departamento de sistemas apto para la implementación.

Las empresas que estén decididas a realizar implementaciones de tecnologías, necesitan básicamente contar con un departamento de sistemas apto para afrontar este reto, en caso de no contar con esta condición deben considerar realizar capacitaciones específicas, contratar gente especializada o un área o sector netamente abocado esta función.

Desde el punto de vista de los proveedores, el hecho que las empresas no cuenten con una contraparte especializada en innovación, suelen ser un problema, y demora el proceso significativamente. Si se implementan las tecnologías, sin antes contar con personal calificado para procesarlos se produce un desaprovechamiento de la información.

- Resistencia al cambio.

Las empresas que deciden realizar implementaciones tecnológicas, fuerzan de alguna manera a la organización a cambiar la metodología de hacer las cosas, incluso quienes deben garantizar la implementación suelen tener al comienzo una sobrecarga laboral para lograrlo.

También suelen haber inconvenientes de índole gremial, ya que para los mismos trabajadores pueden aparecer nuevas funciones que no estaban originalmente contempladas en los convenios colectivos de trabajo.

- Inversión y financiamiento.

La inversión de las tecnologías para procesos internos de una compañía debe ser analizadas detenidamente, ya que no siempre se cuenta con el poder de financiamiento necesario para afrontar diferentes implementaciones.

Impresoras industriales 3D pueden rondar los USD 80.000 mientras que una estación de realidad virtual USD 50.000. Es por ello que el volumen de actividad y uso que se le pretenda dar debe ser elevado para justificar la inversión. En general las inversiones de impresoras 3D industriales suelen ser desalentadas por la baja demanda de prototipos.

Una oportunidad de mejora relacionada a inversiones, es la de realizar actualizaciones a las maquinarias actuales para transformarlas en tecnologías de innovación. Este podría ser un camino intermedio a la transformación final de muchas empresas que están esperando la oportunidad de dar el paso a la industria 4.0.

Otro aspecto que fue identificado como limitante a la hora de pensar en inversiones de este tipo, es que las empresas argentinas, a diferencia de las europeas, tienen un alto grado de diversificación de productos. Esto que localmente es una necesidad para poder ampliar un abanico de oportunidades de oferta, puede ser una complicación a la hora de intentar actualizar las maquinarias a una tecnología de avanzada.

- Conectividad

Mas allá de las adecuaciones organizaciones internas que puede significar adecuar las instalaciones para operar con tecnologías 4.0, el principal

desafío es superar las limitaciones de infraestructura pública en las que en ocasiones no se alcanza a contar con 4G.

Las empresas que no han realizado ningún tipo de incorporación de tecnologías 4.0, encuentran la limitante del financiamiento y la disponibilidad de recursos humanos para poder implementar los cambios; sin embargo, la mayoría de las compañías que realizaron sus primeros pasos en la transformación digital tienen como principal barrera la cultura empresarial y el desconocimiento de la tecnología.

2.4 Aplicabilidad de la I 4.0

La aplicación de la Industria 4.0 en las empresas tiene numerosos beneficios, dan la posibilidad de depurar los procesos existentes sin cometer errores o alteraciones en el proceso. Además, permite lograr una producción ininterrumpida mejorando la calidad, la eficiencia y los niveles de automatización (Schwab, 2016). Gran parte de estos beneficios, están vinculados directamente al reemplazo de mano de obra humana por sistemas robóticos autosuficientes (Delgado, 2018). En cuanto al flujo de información, gracias a la industria 4.0, este es mucho más eficiente, permitiendo de alguna manera disminuir el tiempo de reacción y consecuentemente la toma de decisiones, beneficiando la eficiencia de los procesos, que pueden ser controlados constantemente.

Al combinar las innovaciones ocasionadas por la hiperconectividad, la conexión entre personas, objetos y máquinas, el big data y el internet de las cosas, generan un crecimiento exponencial del espacio de interconexión y la hiperconectividad (Rozo-García F. , 2020).

Con la aplicación del Big Data y el IoT, las diferentes industrias y sus cadenas de producción, aprovechan la sensorización, robótica, comunicación máquina a máquina (M2M) y la inteligencia artificial; para realizar un autodiagnóstico y tomar las decisiones necesarias para autogestionar su reparación o cambio en la operatividad. Esta autogestión permite a las diferentes máquinas de la cadena productiva, minimizar la dependencia

humana al punto que solo precisan una intervención para las tareas de mantenimiento (Saura García, 2022).

La generación de valor industrial que surge de la integración de internet de las cosas y la tecnología de los servicios, torna a la industria 4.0 cada vez más interesante (Arnold, Kiel, & Voigt, 2016). Las fábricas logran funcionar de manera inteligente y autónoma, la conectividad es tanto horizontal como vertical, logrando la conexión entre maquinas, personas y objetos; de igual manera, las mejoras en la comunicación y en las tecnologías de la información facilitan la gestión dinámica de los negocios complejos (Bauer, Hämmerle, Schlund, & Vocke, 2015).

Asociado a la flexibilidad de la Industria 4.0, se espera resolver situaciones complejas como la competencia global, los mercados y demandas volátiles, la necesidad de personalizar productos y la disminución de los ciclos de vida de un producto (Arnold, Kiel, & Voigt, 2016) ; (Kiel, Arnold, Müller, & Voigt, 2017).

A pesar de los beneficios que trae consigo la Industria 4.0, se genera mucha incertidumbre relacionada a las implicancias que tiene aparejada. Por un lado, su aplicación implica contar con fabricas modelo de gran rentabilidad, mayor eficiencia y calidad, con condiciones laborales más favorables, y por otra parte, expone a los fabricantes a la necesidad de aumentar la competencia y desafiar la gestión del cambio (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013). En general el cambio es lento y medido, y tiene que ver con la falta de percepción de las oportunidades que se pueden soslayar mediante la implementación de la Industria 4.0.

La evaluación de los beneficios económicos relacionados a esta industria han sido un pilar fundamental para su aplicación.

Lo que se espera de la Industria 4.0, es que sea capaz de transformar la producción industrial y a la sociedad, logrando un equilibrio entre los resultados económicos y la ecología, con una disminución de impactos ambientales y el cumplimiento de las expectativas sociales al respecto (Müller, Kiel, & Voigt, 2018).

El fuerte del desarrollo de los estudios realizados sobre la Industria 4.0, tienen un enfoque o perspectiva técnica en lugar de una visión asociada al triple balance o (Triple Bottom Line) que integra el aspecto económico, ambiental y social. La integración de las tres dimensiones, es fundamental para lograr el éxito en la implementación tecnológica y la difusión de su adopción con respecto a los beneficios sustentables que ella implica. A continuación, se desarrolla brevemente los tres aspectos fundamentales del triple balance relacionado a la industria 4.0.

La digitalización y la sustentabilidad son aspectos o temas transversales que afectan a todas las partes de la cadena de producción como por ejemplo el diseño de montaje/desmontaje, la remanufactura, la gestión del reciclaje aplicado al ciclo de vida del producto; la reducción de partes tóxicas en la fabricación de productos para reducir los riesgos de seguridad en los trabajadores y consumidores (Gonçalves Machado, Winroth, & Dener Ribeiro da Silva, 2019).

2.4.1 Triple Balance

En general, cuando se habla de una implementación sustentable de la Industria 4.0 se esperan mejoras en la productividad, flexibilidad y eficiencia de los recursos, por ejemplo la implementación de Big Data para poder realizar un mantenimiento predictivo y reconfiguración rápida de los sistemas productivos, reducción de residuos, disminución del consumo energético, evitar la sobreproducción, sistemas de producción de circuito cerrado que conecten máquinas, sistemas informáticos, productos y personas en una misma red; oportunidades de trabajo relacionadas a competencias en Tecnologías de la Información (IT); mejora en la calidad y entornos de trabajo, disminuyendo los trabajos rutinarios etc. (Hermann, Pentek, & Otto, 2015); (Kiel, Arnold, Müller, & Voigt, 2017); (Waibela, Steenkampa, Molokoa, & Oosthuizen, 2017).

La sustentabilidad en la ejecución de negocios es fundamental y para ello es necesario que las empresas sean diseñadas de tal forma que esta ejecución sea fácilmente llevada a cabo. Al generar o crear una empresa, se debe

considerar la mentalidad, el pensamiento, la estructura etc., todo dentro de un cambio estructural en la empresa.

La sustentabilidad de una empresa a largo plazo, requiere un proceso de pensamiento que se enfoque en satisfacer las necesidades de todos los constituyentes que están involucrados en la empresa. Un ejemplo claro es la determinación que tomó TESLA al redefinir su misión en 2017, ahora la misión de tesla es “acelerar la transición del mundo a energía sostenible”, para alinearse con la nueva misión, TESLA cambio su nombre de TESLA Motors a simplemente TESLA. Al hablar de aceleramiento en esta transición, TESLA se comprometió a promulgar un cambio rápido en los diseños e ingeniería, es decir, el enfoque ya no es concentrarse en reducir y optimizar los costos de cada tarea individual, sino en como promover la energía sostenible. La aplicabilidad de esta misión implicó un estado de resultados negativo que duro un año. La mentalidad de esta revolución representa en parte la mentalidad de la cuarta revolución industrial (Tesla, 2020); (Cochran & Rauch, 2021).

Una empresa sostenible, es una consecuencia y resultado del diseño empresarial sostenible. Para aplicar un diseño empresarial sostenible, es necesario aplicar los siguientes tres principios (Cochran & Rauch, 2021):

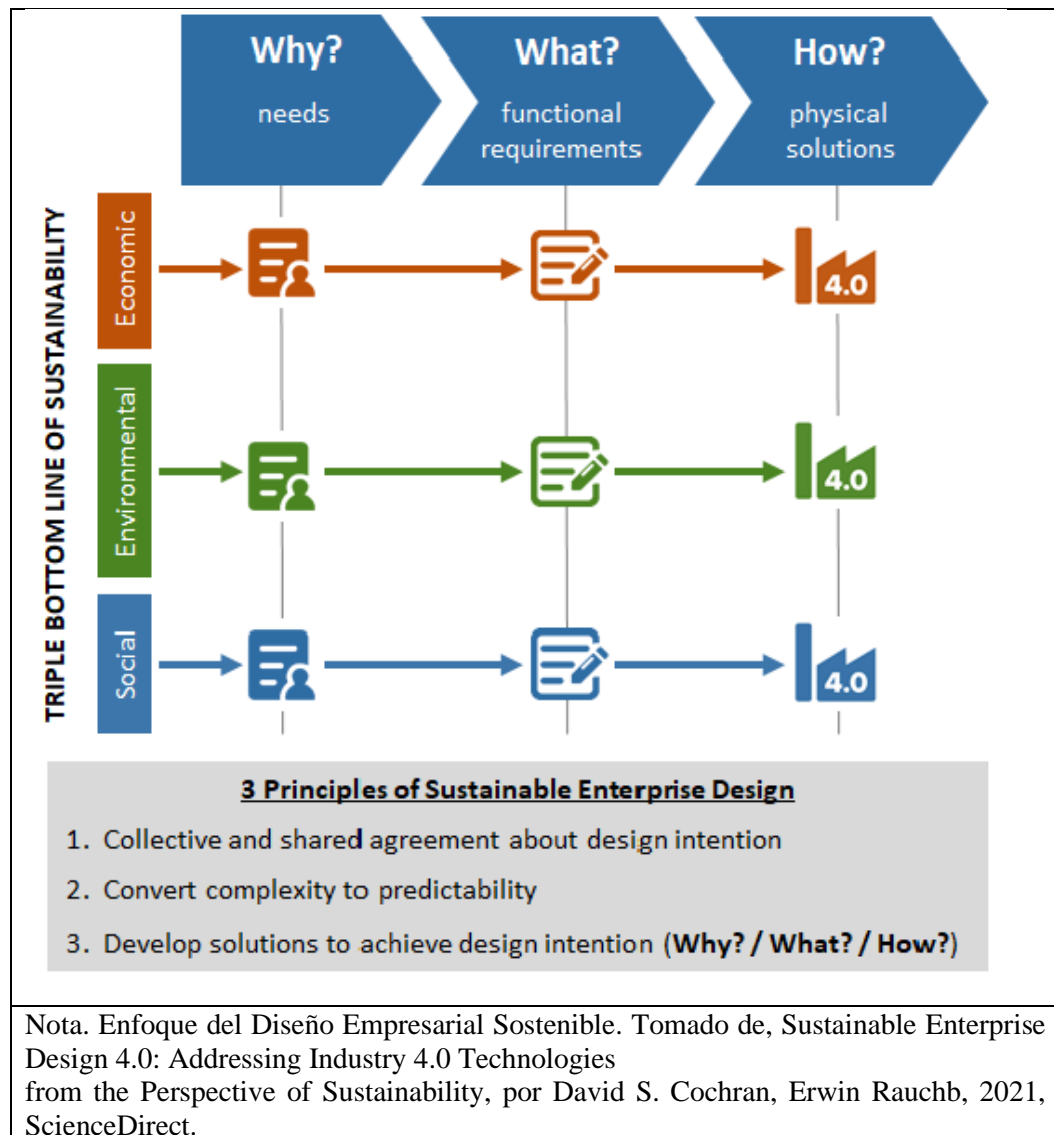
- 1- Acuerdo colectivo y compartido sobre la intención de diseño de la empresa: Cuando los integrantes o constituyentes de una empresa comparten un fin común, el propósito o trabajo se transforma en el cómo lograr ese propósito.
- 2- Convertir la complejidad en previsibilidad. En general, cuando nos enfrentamos a sistemas complejos, no se puede esperar resultados predeterminados, ya que la toma de decisiones suele ser inconsistente. Este principio se basa en buscar un patrón de decisión que termine en resultados predecibles, incluso cuando las entradas son variables.
- 3- Mejorar las soluciones y el trabajo para alcanzar la intención de diseño. Este principio amplía el primero, en sentido de expresar las intenciones del diseño. Los miembros de la empresa deben entender el POR QUE, QUE y el COMO.

El Por que expresa la necesidad o el propósito del sistema. El Que, expresa un compromiso compartido por el equipo para lograr un propósito definido y finalmente el cómo, define la solución física propuesta para lograr los objetivos colectivos.

En muchas ocasiones se dificulta lograr una integración entre los objetivos del diseño empresarial que vincula la sostenibilidad o triplebottom line, con las tecnologías de la industria 4.0. Según diversas investigaciones, hay muchas dificultades a la hora de encontrar herramientas que permitan realizar esta integración (Rauch, Vickery, Brown, & Matt, 2020).

Desarrollando con mayor detalle el tercer principio del diseño de una empresa sustentable, podemos ver un resumen de cómo funciona el sistema en la siguiente figura:

Figura 20
Diseño de Empresa Sustentable 4.0.



En la figura podemos ver que se utiliza el concepto de triple bottom line para describir las múltiples perspectivas de sostenibilidad (Willard, 2012). Además, se ve el marco ontológico propuesto para el diseño 4.0 de una empresa sustentable.

En base a este marco, se intentará definir como punto de partida una lista de necesidades, requerimientos y soluciones, asociados al aspecto social, medio ambiental y económico.

2.4.1.1 Aspecto Económico

Si consideramos el punto de vista económico, la implementación de la Industria 4.0 tiene como objetivo lograr la digitalización con el fin de conectar

productos con máquinas, trabajadores y el entorno empresarial fuera de la fábrica. Otro aspecto importante que la Industria 4.0 tiene que desarrollar, es la mejora de procesos de fabricación automatizados para poder lograr la producción de tamaños de lotes pequeños, pero sin perder la eficiencia de una empresa de producción grande, es decir, producción en masa personalizada (Modrak, 2017).

La interconexión de los procesos permite la optimización de la Industria 4.0 aumentando la eficiencia. Las tecnologías de fabricación inteligente aumentan la competitividad de una empresa; de igual manera, se pueden mejorar los procesos en la logística entre diferentes empresas y dentro de una misma empresa, reduciendo los costos relacionados a la logística. Adicionalmente, surgen modelos de negocios vinculados a los productos basados en datos y servicios con una mayor orientación al cliente.

A pesar de las ventajas numeradas anteriormente, la implementación de la industria 4.0, provoca una incertidumbre sobre las grandes inversiones que en algunos casos se requiere y la rentabilidad incierta que podría generar (Erol, Jäger, Hold, Ott, & Sihn, 2016). Muchos comerciantes consideran la implementación como un desafío que requiere la estandarización de procesos, tanto dentro como fuera de la empresa, es decir, requiere plantear un modelo de transformación (Müller & Voigt, 2017).

Para el aspecto económico de la sustentabilidad surge un gran número de necesidades, requerimientos y posibles soluciones con la industria 4.0. Estratégicamente, se está buscando realizar cambios que van desde los productos tangibles a servicios innovadores y soluciones digitales e inteligentes. Los negocios disruptivos, marcan otra gran diferencia entre las empresas tradicionales y las empresas innovadoras, mientras que para las primeras implican un riesgo, para las empresas innovadoras representan una gran oportunidad. Por otro lado, los diseñadores de sistemas empresariales requieren una hoja de ruta con las posibilidades de acceder a diferentes conceptos y tecnologías aplicables en la industria 4.0. Los productos ya no se desarrollan exclusivamente por los departamentos de investigación y desarrollo, ahora existe la necesidad del desarrollo colaborativo y de la

innovación abierta, en la que tanto clientes como proveedores trabajan en conjunto para lograr los objetivos establecidos (Prause, 2015). Aumentar la eficiencia siempre es un objetivo o meta importante para cualquier empresa, lo que se busca es satisfacer las necesidades del cliente con el menor desperdicio de materiales posible, en este sentido, las tecnologías de fabricación colaborativas van a permitir optimizar las producciones.

La calidad siempre es fundamental para todo cambio empresarial, a medida que se realizan diferentes cambios en cuanto a los conceptos tecnológicos y aprendizaje automático, es posible mejorar los niveles de detección de desvíos y garantizar una mejor calidad de fabricación. Finalmente, la digitalización trae aparejado un riesgo asociado a los ataques cibernéticos, para esto se requieren mayores medidas de mitigación (Müller, Kiel, & Voigt, 2018).

2.4.1.2 Aspecto Ambiental

Siguiendo con las necesidades, requisitos y posibles soluciones para la sostenibilidad ambiental, lo primero que se puede identificar es que lo primordial radica en evitar hacer daños al entorno y en ese sentido la industria 4.0 permite muchos beneficios (Arnold, Kiel, & Voigt, 2016); (Kiel, Arnold, Müller, & Voigt, 2017). La fabricación aditiva (3D) por ejemplo, contribuye a la sostenibilidad con la reducción de procesos de producción y logística, reduciendo los transportes de materia prima y productos terminados, se elimina la necesidad de tener grandes volúmenes de productos fabricados, y se logra customizar los productos que requiere el cliente con una simple configuración de la impresora (Nyman & Sarlin, 2014). Por otro lado, el uso de tecnologías como el internet de las cosas, la conectividad en tiempo real y los sensores inteligentes dan la posibilidad de monitorear y predecir el consumo de energía, haciendo más sencillo tomar decisiones relacionadas a una fabricación energéticamente eficiente. Los procesos optimizados permiten la reducción del consumo energético a través de sistemas inteligentes de energía (Weinert, Chiotellis, & Seliger, 2011). Otra ventaja es que gracias a las predicciones del consumo de energía, se puede mejorar el ciclo de vida del producto incluyendo el reciclaje.

Las tecnologías de la Industria 4.0, sirven de alguna manera como facilitadoras de una economía circular, reduciendo la cantidad de residuos y facilitando la reutilización de materiales. Otra ventaja importante es la posibilidad de crear maquetas virtuales para la creación de prototipos y pruebas. Una necesidad recurrente y que implica un gran aporte al medio ambiente, es la optimización de la movilización y logística para el movimiento de materiales o productos, la Industria 4.0 intenta ayudar a la producción bajo demanda utilizando la fabricación aditiva o 3D (Fratocchi, 2018). Existen diferentes modelos de redes logísticas que permiten hacer más eficientes los sistemas económicos y ecológicos. Por otro lado, el análisis y uso del Big Data, IoT, permite realizar una base de datos que sirve para generar indicadores de rendimiento y hacer mediciones de la sustentabilidad ambiental. Finalmente, algo sumamente importante como necesidad y que aporta considerablemente al aspecto medioambiental, es minimizar la utilización de papel en las empresas, en muchas ocasiones se puede lograr su sustitución por dispositivos digitales y tecnologías de visualización.

Podemos decir que, en resumen, la utilización de la industria 4.0 ayuda a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, mejora la reducción de desperdicios y la reducción de recursos en logística, transporte y materiales (Berman, 2012).

Figura 21
Producción en Masa con Personalización versus Impresoras 3-D.

<u>Characteristic</u>	<u>Mass Customization</u>	<u>3-D Printing</u>
Manufacturing Technology	Based on pre-assembled modular parts in different combinations or delayed differentiation.	Automated manufacturing based on CAD software and additive manufacturing.
Supply Chain Integration Requirements	Need for highly-integrated supply-chain management to ensure right goods at right times from multiple supplies.	Uses readily available supplies available from multiple vendors.
Economic Benefits	Ability to produce custom products at relatively low prices. Low inventory risk. Improved working capital management.	Ability to produce custom products at relatively low prices. Low inventory risk. Improved working capital management.
Range of Products	Computers; watches; windows; shoes; jeans.	Prototypes; mockups; replacement parts; dental crowns; artificial limbs.

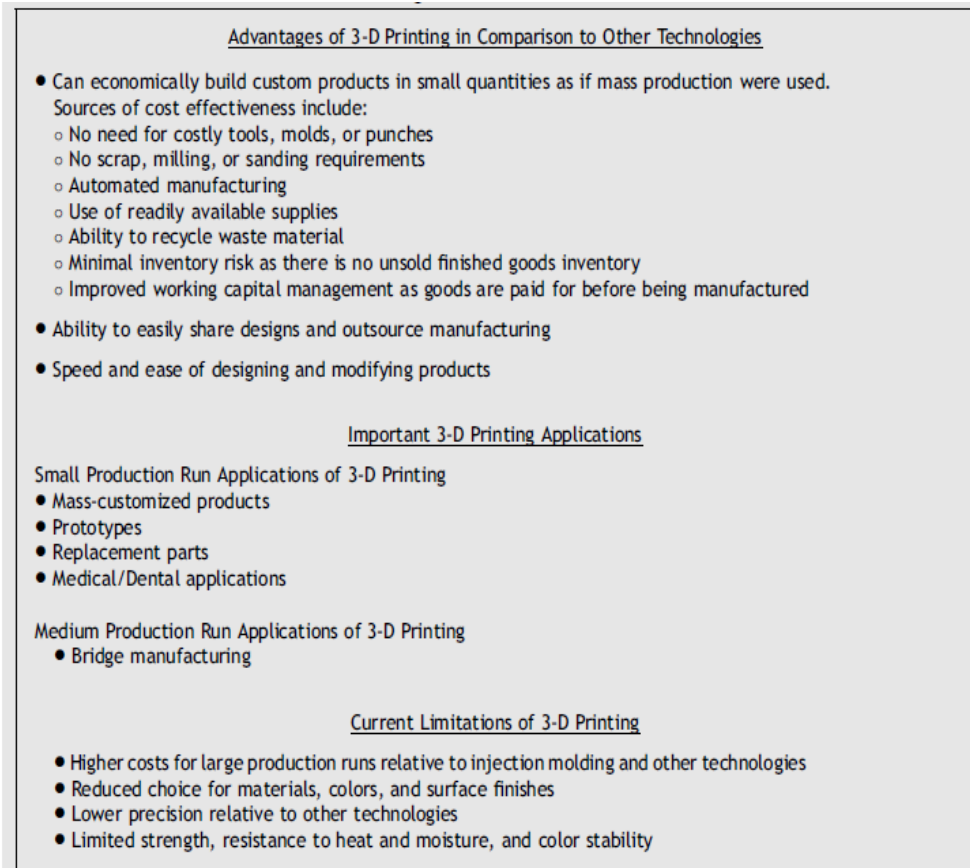
Nota. Personalización Masiva, es decir producción en masa y modificación según los deseos específicos de los clientes versus impresiones 3D. Tomado de, 3-D printing:

The new industrial revolution, por Barry Berman, 2012, Kelley School of Business, Indiana University.

Ídem anterior

Figura 22

Características de la Manufactura 3-D.



Nota. Principales ventajas, aplicaciones y limitaciones del uso de impresiones 3D. Tomado de, 3-D printing: The new industrial revolution, por Barry Berman, 2012, Kelley School of Business, Indiana University.

2.4.1.3 Aspecto Social

Finalmente, la integración del ser humano con la empresa digitalizada, donde el requisito primordial se radica en proporcionar la calificación adecuada para utilizar nuevas tecnologías (maquinas, robots etc.). En relación a las necesidades, requisitos y posibles soluciones relacionadas al aspecto social, podemos ver que las tecnologías de la Industria 4.0 ayudan a aumentar la seguridad de los trabajadores y a reducir la carga de trabajo físico, por ejemplo, con la implementación de la automatización y uso de sensores; la Industria 4.0 también contribuye a la disminución del estrés debido a la posibilidad de contar

con información efectiva en el momento adecuado y con el contenido adecuado.

Si bien la automatización de tareas rutinarias reduce los trabajos elementales o básicos de una empresa, en paralelo se deben generar nuevos puestos de trabajo relacionados a la administración de datos, programadores de robots, y desarrolladores de aplicaciones (MDS, 2019). Los puestos de trabajo tendrán un atractivo mayor para quienes busquen oportunidades en cuanto al diseño empresarial sostenible.

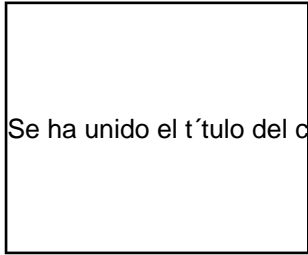
Estos cambios en el papel de las personas para diferentes puestos de trabajo, también genera nuevas vacantes y oportunidades, para las cuales se requerirá una cualificación con habilidades digitales, habrán cambios en la comunicación, y una mejor combinación entre trabajo y vida privada o familiar ya que se abre la posibilidad de realizar en muchos casos trabajos de manera remota en lugar de presencial. Las tecnologías digitales también contribuyen de alguna manera a garantizar un trabajo con condiciones justas, por ejemplo sin trabajo infantil, en las redes de proveedores.

Se espera un aprendizaje humano mejorado a través de asistencia inteligente, las interfases hombre-máquina que dan una mayor satisfacción a los empleados etc. (Peukert, y otros, 2015). Un punto de gran debate, es cómo será la variación del núcleo de empleados con la implementación de la industria 4.0. En general se espera una sustitución de tareas simples y un aumento de tareas en las que se requiere monitoreo y mayor capacitación del empleado. Se espera que surjan nuevos requisitos para nuevos trabajos con una disminución de requerimiento en cuanto a habilidades manuales y un incremento de vacantes con requerimiento de habilidades informáticas (Römer & Bruder, 2015). Un aspecto importante a considerar en esta transformación digital, es la necesidad de nuevas mentalidades para manejar los desafíos y estrategias relacionadas a la calificación y aceptación de los empleados (Dombrowski & Wagner, 2014).

Considerando las soluciones brindadas por la Industria 4.0 en términos de la sostenibilidad, se puede inferir que cada una de las dimensiones del triple

bottom line, representa un sistema específico que va evolucionando en torno a una solución de creación de valor.

Para respaldar los efectos de una solución en las dimensiones de sostenibilidad, Stark et al. (2014) afirma que cada dimensión de sostenibilidad representa un sistema específico que evoluciona en torno a una solución de creación de valor digital, por lo que una solución adoptada puede crear impactos en el sistema de una dimensión, pero también tienen efectos indirectos en los otros sistemas de dimensión de la sostenibilidad. Las interacciones entre los sistemas de sostenibilidad pueden ocurrir en tres tipos diferentes: relaciones causales (efectos entre una solución y sus impactos directos e indirectos); impulsor de magnitud y escala (el impacto directo e indirecto está determinado por la magnitud y escala de difusión de una solución); y dependencias de latencia y duración temporal (entre efectos e impactos). Para análisis de los efectos, sólo se considerarán las relaciones causales.



3 Implementación de Industria 4.0 en Moto Mecánica

ArgentinaIntroducción

Moto Mecánica Argentina S.A. , es una empresa argentina familiar fundada en 1929 que busca brindar soluciones a sus clientes mediante la oferta de productos y servicios de alto contenido tecnológico. Actualmente la empresa es uno de los líderes del mercado en la provisión de cabezales y armaduras de pozo para la industria del petróleo y gas con un 40 % de participación en el mercado argentino, particularmente en yacimientos no convencionales (NOC).

La empresa ha expandido su negocio a diferentes países de Latinoamérica como Chile, Bolivia, Perú, Uruguay, Brasil, Colombia y recientemente Estados Unidos.

En Argentina la empresa cuenta con una planta de manufactura en Loma Hermosa, Pcia. de BA y seis bases servicio para la instalación de los productos manufacturados:

- i. API Cipolletti – Rio Negro
- ii. Fractura Cipolletti – Rio Negro
- iii. API Mendoza – Mendoza
- iv. API Comodoro Rivadavia – Chubut
- v. API Rio Gallegos – Santa Cruz
- vi. MMi - Minería - Salta

En LATAM, MMA emplea a más de 500 colaboradores, de los cuales 10 % son ingenieros dedicados a la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías y a la optimización de las ya existentes.

Figura 23
Unidades de Negocio de MMA en LATAM



Haciendo un breve resumen, las principales etapas en la vida de un pozo las componen la perforación, la terminación y la producción.

En la perforación, el pozo es perforado y revestido con una cañería o comúnmente denominado casing. El control de la presión del pozo, la salida de los fluidos de perforación, la instalación de los casing intermedios y la posibilidad de conectar un sistema preventor de surgencia (BOP), se realiza mediante la utilización de una cabeza de pozo.

Luego en la etapa de terminación, el pozo ya perforado es hidráulicamente fracturado, logrando la vinculación entre el pozo y el reservorio para habilitar la producción de petróleo y/o gas. La fractura del pozo se realiza a través de los denominados stack de fractura, un conjunto de válvulas ordenadas que permiten controlar las diferentes etapas de fractura y el control de presiones de bombeo de hasta 15.000 psi, estos stack de fractura se instalan encima del cabezal del pozo.

Finalizada la etapa de fractura, el pozo se suele controlar y ensayar, para esto se utiliza una serie de piletas y tanques para tal fin.

Finalmente, el pozo normaliza su condición de producción y queda en régimen a líneas de producción o tanques destinados a tal fin. El pozo suele producir por sus propios medios a través de una armadura de surgencia, que es un arreglo de válvulas similar al stack de fractura, pero de especificaciones apropiadas para el manejo de una presión menor.

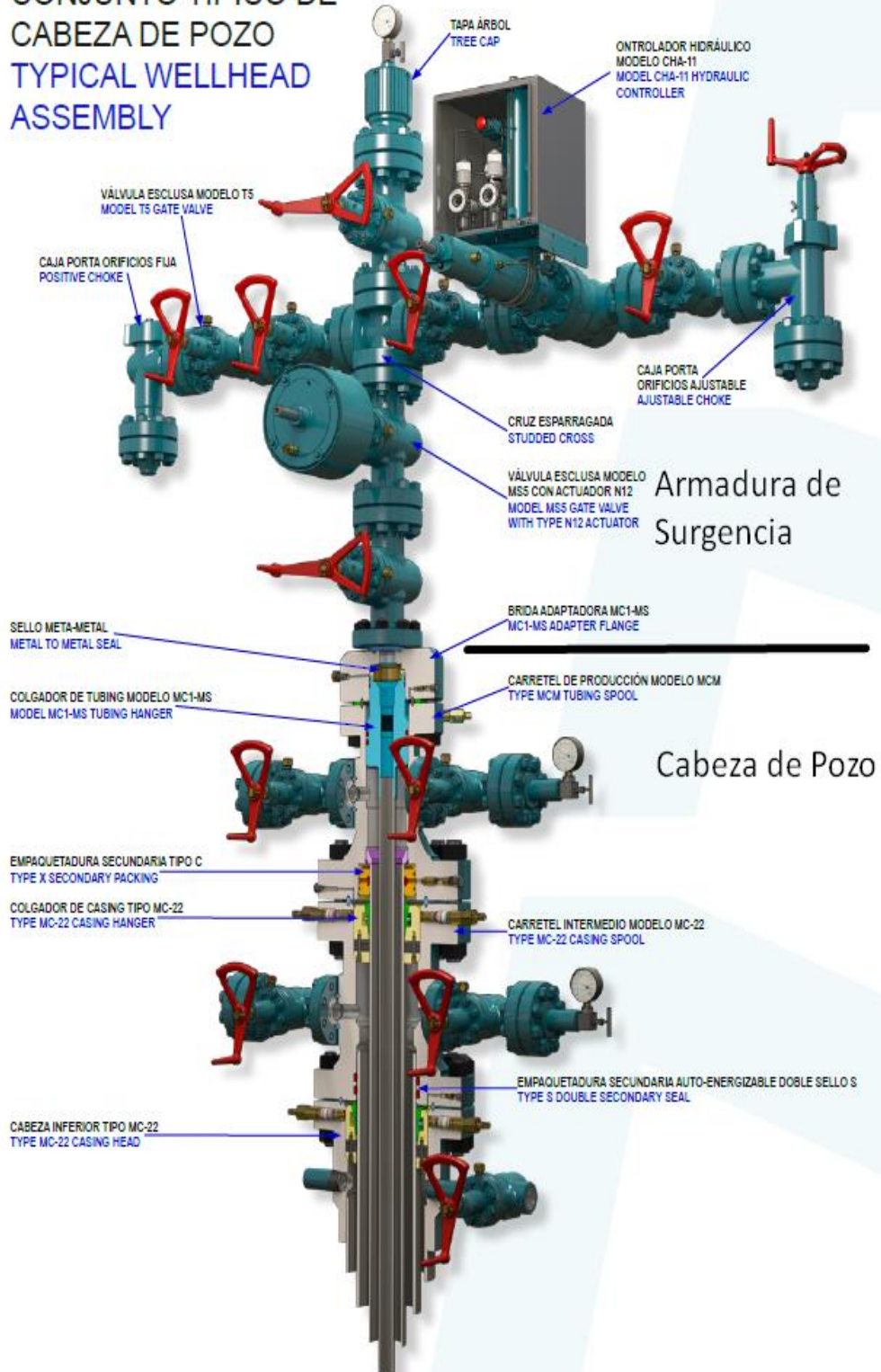
Con el paso del tiempo, el pozo suele ir perdiendo su presión original dejando de producir de manera surgente, llegada esta instancia, la armadura de surgencia se reemplaza por sistemas de extracción artificial que permiten continuar con la producción del pozo.

A continuación, se puede ver un esquema de cabezal de pozo con su armadura de surgencia.

Figura 24

Cabeza de Pozo y Armadura de Surgencia MMA

CONJUNTO TÍPICO DE
CABEZA DE POZO
TYPICAL WELLHEAD
ASSEMBLY



Nota. La Imagen Muestra un Esquema de Cabezal y Armadura a Modo Ilustrativo, cada Pozo Puede Necesitar Configuraciones y Arreglos Diferentes. Adaptado de, Catálogo General MMA, 2018.

Durante muchos años Moto Mecánica Argentina S.A. se dedicó a perfeccionar y mejorar los productos relacionados al cabezal de pozo y válvulas que componen los stacks de fractura o armaduras de surgencia, sin embargo, desde hace cuatro años, Moto Mecánica Argentina, se encuentra en un proceso continuo para adaptar, diseñar y redefinir procesos mediante la implementación de la Industria 4.0.

La implementación de diseños que contemplan el uso de la industria 4.0, van desde mejoras puntuales a productos ya existentes a desarrollos completamente innovadores que permiten optimizar diferentes etapas del proceso de la vida de un pozo.

Actualmente MMA interviene en todas las etapas de la vida de un pozo:

- a) Perforación: suministro de cabezales y válvulas, con mecanizado de alta calidad capaz de soportar presiones de hasta 15.000 psi.
- b) Terminación: servicios de fractura, en los que se provee stacks de fracturas y el equipamiento adecuado para poder ejecutar la fractura de pozos.
- c) Producción: provisión de armaduras de surgencia y servicios de instalación de equipos para la optimización de la producción de pozos, monitoreo y tele-operación (operación remota).
- d) Post-venta: Servicios de mantenimiento en campo y reciclado de válvulas, cabezales y equipos en general, para evitar la re-fabricación de los mismos y procurar una industria más sustentable.

Al ampliar el soporte y acompañamiento de la empresa a diferentes ámbitos y etapas de la vida de un pozo, fueron surgiendo diferentes oportunidades para optimizar los procesos.

3.2 Marco Teórico – Adaptación y desarrollo en el tiempo.

La familia Chiaraviglio, proveniente de Italia, arriban al país en 1929 creando la empresa Chiaraviglio Hermanos S.R.L. empresa antecesora a la actual Moto Mecánica Argentina S.A.. La primera línea importante de manufactura se focalizo en la fabricación de grandes cortinas metálicas, al

comienzo importándolas desde Italia y luego como consecuencia de las restricciones cambiarias y dificultades de importación, se comenzaron a fabricar en Argentina.

La empresa realizó incursión en diferentes áreas con la intención de diversificar su producción, parte de los productos desarrollados en la búsqueda de nuevos negocios incluyó la fabricación de morsas, máquinas agujereadoras, tornos y motores a combustión. En esta búsqueda de desarrollar nuevos productos, se llegó al desarrollo del producto que sería clave en el crecimiento de la compañía: las válvulas.

Las exigencias y complejidad en la fabricación de válvulas, implicó la necesidad de buscar un lugar acorde a las nuevas necesidades, más espacioso y con nuevas maquinarias. La mudanza se realizó en 1934, y a los pocos años se logró realizar el proceso de producción integral, desde el arrabio y la chatarra hasta la válvula terminada.

En la década de 1930 y 1940, los países habían cerrado sus fronteras como consecuencia de la crisis mundial, Obras Sanitarias de la Nación tenía una gran demanda de válvulas para suplir las importaciones de Europa. Con la segunda Guerra Mundial, el agravante de la falta de productos importados se intensificó. Fue allí cuando la empresa Chiaraviglio Hermanos S.R.L. logró afianzarse como uno de los principales proveedores de válvulas y compuertas de hierro fundido. Debido a la alta demanda y exigencia en la calidad de materia prima, la empresa creó su propia fundición en Capital Federal. La diversidad de válvulas fabricadas fue muy variada, se proveyeron válvulas para diferentes industrias, hasta finalmente hacerlo para la industria del petróleo.

Debido al crecimiento del negocio, fue necesario pasar de una S.R.L. a una S.A., fue allí cuando se traspasaron los activos y productos de Chiaraviglio Hermanos S.R.L. para la fundación de Moto Mecánica Argentina S.A..

En 1949 comenzó a edificarse la actual planta de manufactura en la localidad de Loma Hermosa provincia de Buenos Aires; la mudanza finalizó entre los años 1954 y 1955. La fábrica estaba concebida bajo la estrategia de fábrica de integración vertical, es decir se integran nuevos sectores para favorecer la competitividad de los productos comercializados. El objetivo de

este tipo de organización es generar valor, diferenciándose de sus competidores por la calidad. Además de ser una organización que facilita la planificación, estas mejoras se vieron reflejadas en la reducción de costos. En este caso, los nuevos sectores incorporados contemplaban su propia fundición de hierro y acero, un laboratorio para análisis físicos y químicos, maquinaria de última generación y una usina propia para garantizar el trabajo continuo.

Hasta el año 1964, la empresa fue dirigida por el menor de los hermanos Chiaraviglio quien falleció a la edad de 55 años. Si bien durante la última década la empresa había mostrado un crecimiento importante, la mala administración del último periodo de Sergio Chiaraviglio la dejó en una posición de extrema vulnerabilidad económica, la empresa estaba quebrada.

En 1964 asume la dirección de la empresa Julio Rolandi, yerno de Chiaraviglio, quien había arribado al país en 1947 a la edad de 25 años y había tenido sus primeras experiencias gerenciales en FIAT. Julio Rolandi, luego de negociar con los acreedores, renegociar contratos con Obras Sanitarias y aplicar un duro plan de control de gastos, logro reflotar la compañía.

El modelo de negocio introducido por Julio Rolandi fue muy productivo por 25 años. En este tiempo se adquirieron licencias para fabricar grandes válvulas mariposa, utilizadas en diques, se desarrollaron válvulas-nucleares e incluso válvulas de seguridad para la Central de Embalse Rio Tercero y Atucha II.

Entre los años 1990 y 1993 la empresa sufrió grandes pérdidas debido a la hiperinflación y luego a la apertura de la economía. Los principales clientes pasaron a manos privadas y las exigencias de productos con mayor calidad y precios más competitivos se hicieron recurrentes.

Junto con esta crisis comienza la nueva conducción familiar liderada por los hijos de Julio Rolandi, Francisco y Lucas. Para revertir la situación de la empresa, se decidió en primera instancia aplicar un plan de reingeniería, cerrando la gran variedad de líneas de productos a las cuales se dedicaba la empresa, para redireccionar el foco en las cabezas de pozo y armaduras de surgencia. Los recursos de Ingeniería, Manufactura y Compras se focalizaron en la reducción de costos y hacer esta línea más eficiente.

El otro cambio importante fue el abandono de la integración vertical por la terciarización. Se cierra la fundición y se adquieren los productos a proveedores externos. El tercer punto importante fue la apertura al mundo, no solo se importaban piezas y partes de proveedores extranjeros, sino que aumento la exportación de productos elaborados.

Se abrieron unidades de negocio en Bolivia, Chile, Perú, México y Brasil; además de diferentes bases de servicio para la instalación de cabezales en Argentina.

La empresa logro consolidarse en Latinoamérica y ser reconocida por las operadoras de petróleo como uno de los proveedores de cabezales de pozo más importantes del mercado. En Brasil se incursiono con éxito en el offshore y en Argentina está muy bien posicionada en la provisión de servicios para campos con explotación no convencional (90 Años MMA, 2020).

A partir del año 2020 nace MMi, la división de Moto Mecánica Argentina dedicada al área de innovación.

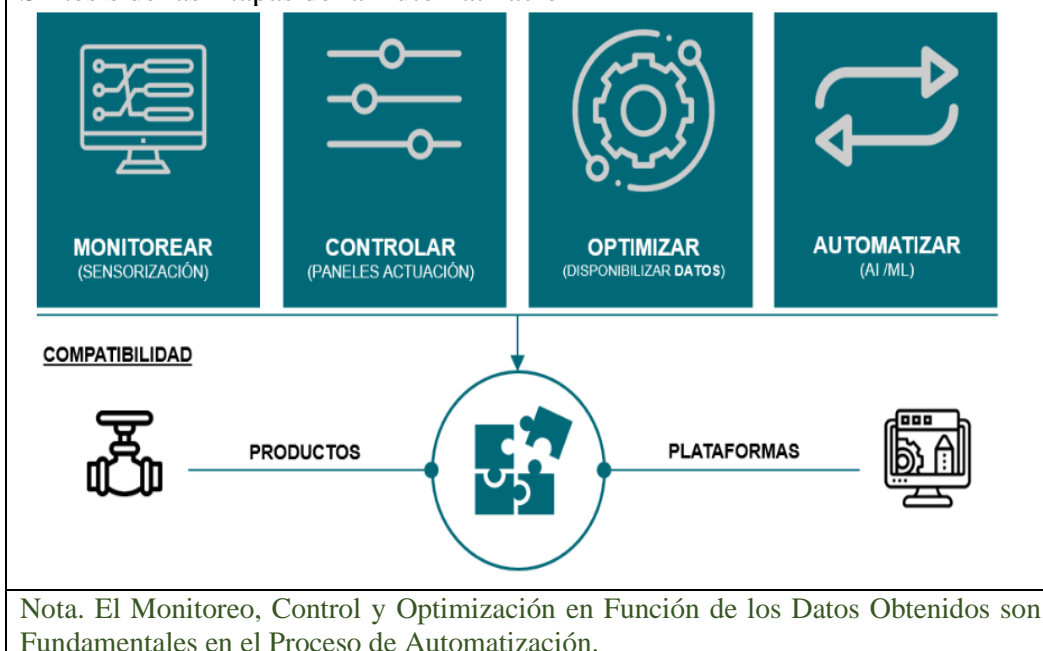
La Industria 4.0 fue desarrollada para mantener la competitividad industrial en el país. El constante avance y desarrollo del Internet de las Cosas (IOT), Internet de los Servicios, Internet Industrial, Fabricación Avanzada y Smart Factory obligaron a desarrollar nuevos sistemas de desarrollo que involucren un nivel tecnológico más avanzado. Lo que surgió en Alemania como una medida gubernamental relacionada a la conservación del sistema industrial de una nación se ve reflejado en las políticas que adoptan diferentes fábricas de manufactura y empresas de servicio. Moto Mecánica Argentina no fue la excepción y desde la creación de MMi está atravesando un proceso de adaptación en la industria 4.0. que como en etapas anteriores de su historia, está marcando un punto de inflexión en la manera de brindar servicios, buscar oportunidades de negocio y desarrollar soluciones para los clientes.

La estrategia determinante para la implementación de sistemas de innovación dentro de las compañías operadoras, se focalizó en demostrar (entre otras), las ventajas obtenibles en la reducción de OPEX.

MMA tiene el conocimiento de los productos instalados en campo, a los cuales se le pueden adaptar tecnologías de innovación que permitan a través de sensores monitorear su funcionamiento y respuesta operativa. En muchos casos se puede ir un paso más allá y utilizar esta modificación y aplicación de sensores para controlar el equipo mediante paneles de actuación. La implementación de estas tecnologías genera la posibilidad de adquirir datos muy útiles para generar una base de datos, analizarlos y tomar decisiones sobre los programas de mantenimiento u optimización operativa.

Figura 25

Síntesis de las Etapas de la Automatización

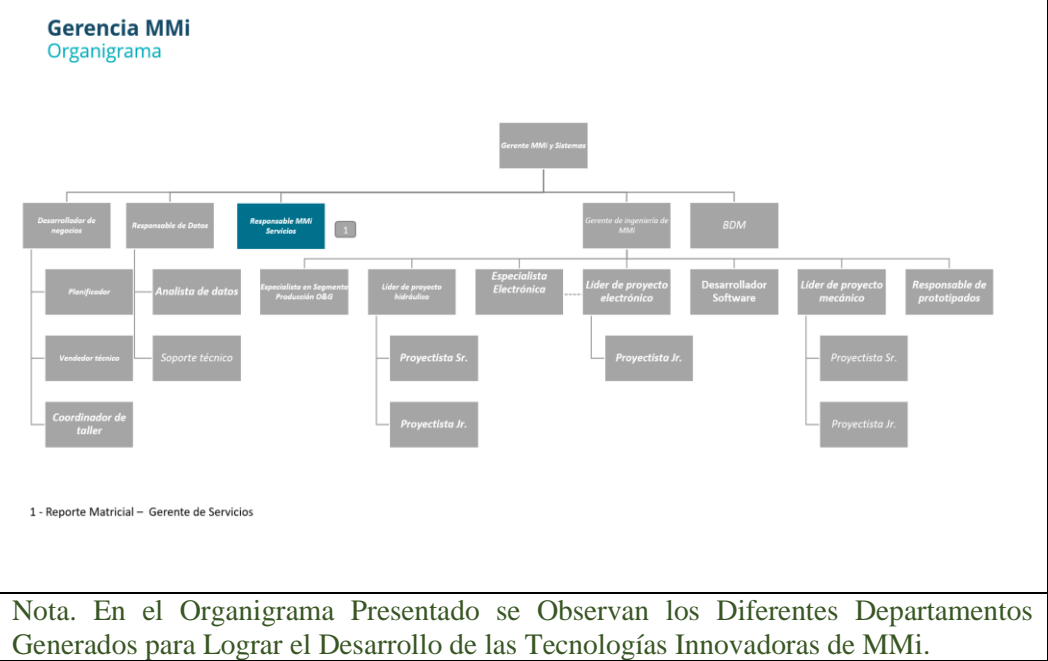


Finalmente, el objetivo ideal para algunos casos es lograr la automatización de los sistemas, mediante el uso de inteligencia artificial o logrando machine learning.

Todo esto que comienza con la adaptación de tecnología a productos instalados se ve reflejada y operada bajo diferentes tipos de plataformas digitales (tablets, celulares, laptops etc.).

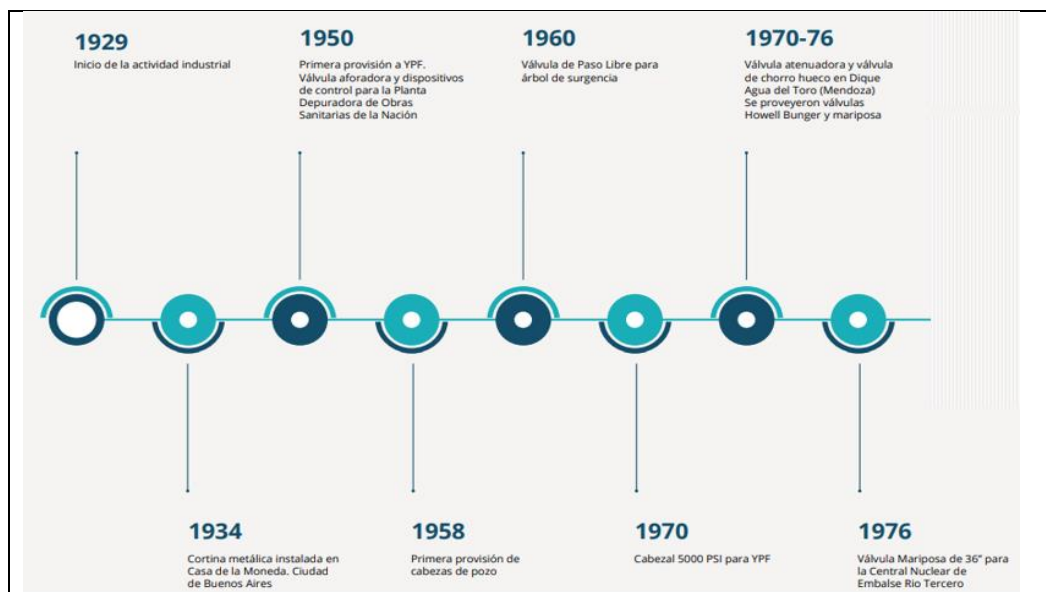
A continuación, en el organigrama presentado debajo se puede ver el crecimiento alcanzado en estos años y la organización de los departamentos de innovación.

Figura 26
Organigrama de MMi



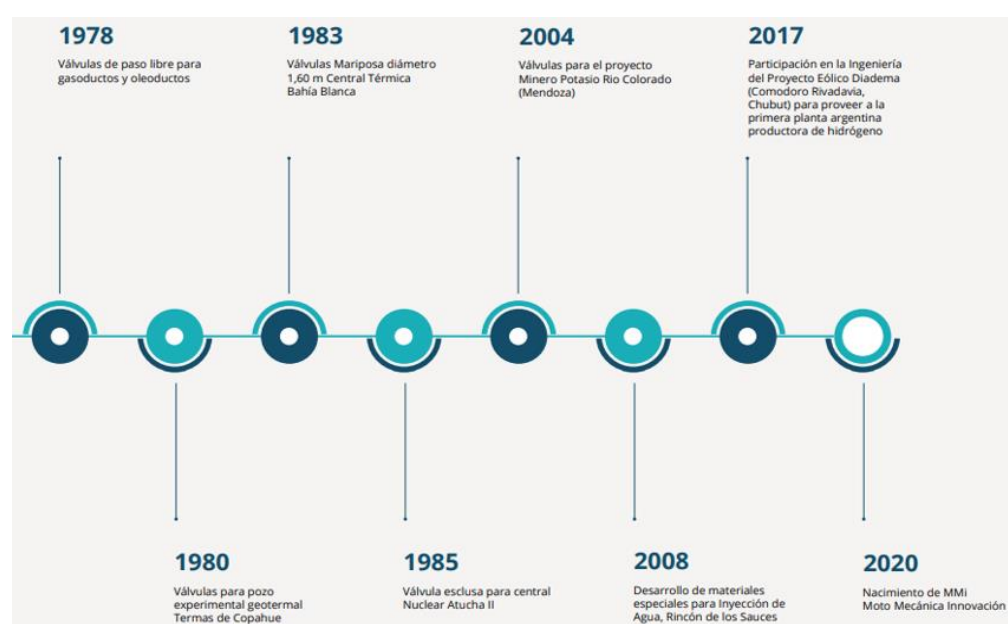
En la siguiente tabla se puede ver resumida la historia de MMA, con los principales hitos que marcaron la diferencia con el paso de los años.

Figura 27
Línea de Tiempo y los Principales Hitos de MMA. (1929-1976) - Parte 1



Nota. En la Imagen se Puede Observar la Evolución de MMA, Desde el Inicio de la Actividad Industrial en 1929 hasta la Fabricación de la Válvula mariposa de 36 " Para la Central Nuclear del Embalse Rio Tercero.

Figura 28
Línea de Tiempo y los Principales Hitos de MMA. (1978-2020) - Parte 2



Nota. En el Periodo Seleccionado se Muestran los Hitos desde 1978, Cuando se creó la Válvula de paso Libre para Gasoductos y Oleoductos hasta el Nacimiento de MMi en 2020, Moto Mecánica Innovación.

Actualmente MMA participa brindando servicios en todas las etapas de la vida de un pozo, no todos los servicios ofertados para cada etapa son aplicables a las diferentes bases operativas, esto dependerá de las características de los

pozos para cada cuenca y región geográfica. La principal zona operativa para MMA es Neuquen y sus yacimientos.

Los cuatro pilares de la vida de un pozo en las que participa MMA son los siguientes:

- a) Perforación
- b) Terminación (Fractura y manejo de arena)
- c) Producción
- d) Post-venta

A continuación, se mencionará las tecnologías de innovación y las propuestas con aporte sustentable que se aplica para cada segmento.

Si bien la mayor parte del negocio se ve representada por la industria del petróleo y gas, la compañía toma participación en nuevos mercados como la minería y la industria del agro.

3.3 Tecnologías de innovación aplicadas a diferentes industrias

3.3.1 Petróleo y Gas

La industria del petróleo y gas, es la principal industria en la que MMA se está enfocando actualmente, y como se mencionó anteriormente, la empresa participa en todas las etapas de la vida de un pozo.

3.3.1.1 – Perforación:

MMA se especializa en proveer cabezales para la perforación de pozos. Los distintos modelos y tipos que se han fabricado en el transcurso del tiempo, tienen la ventaja y particularidad de orientar su búsqueda a la reducción de tiempos operativos para el cliente y aumentar la confiabilidad de la operación. Así es como surgieron algunas tecnologías específicas que han sido hitos dentro de MMA y que aportaron al desarrollo de la confiabilidad y prestigio de esta compañía.

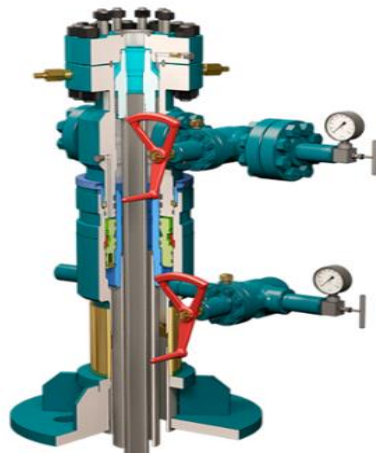
- **RTO3-Versátil (Reductor de Tiempo Operativo – Versátil):**

El diseño de este cabezal, fue la solución a un requerimiento de un cliente en Chile, luego se siguieron comercializando en Argentina, donde se tuvo una gran aceptación en la cuenca del golfo (Comodoro Rivadavia) y la cuenca austral (Rio Gallegos).

El Equipo RTO3-Versatil es, un equipo API-6A que reduce los tiempos operativos hasta un 60% respecto de cabezales convencionales. Elimina los tiempos de espera de fragüe gracias a la utilización de colgadores mandrel, admitiendo también los nuevos desarrollos de MMA, como colgadores de casing Rotadores y Reciprocadores, además es compatible con toda la línea de colgadores de tubing MMA incluyendo los modelos BES y tensionadores con cinta calefactora (MMA, 2024).

Figura 29

Esquema y Fotografía del Cabezal RTO-3



Nota. A la izquierda Esquema de Cabezal RTO-3, a la Derecha una Foto del Cabezal RTO-3 Instalado en Campo. Tomado de <https://www.motomecanica.com/>

Figura 30

Imagen de Equipos RTO-3 Listos Para Despachar



Nota. Se fabricaron e instalaron más de 160 Equipos en Tierra del Fuego. Tomado de <https://www.motomecanica.com/>

- Cabeza Compacta Integral Robusta

El diseño de estos cabezales surgió a medida que fue transcurriendo la producción de los pozos de Vaca Muerta y se fue conociendo el potencial de producción de la zona. Para 2017, debido a problemas inherentes a la formación, la configuración de los pozos debió pasar de 3 a 4 cañerías (13-3/8", 9-5/8", 7" y 5") y el departamento de Ingeniería de MMA realizó las adaptaciones necesarias para poder utilizar los equipos existentes en el stock de nuestro cliente (para 3 cañerías) y adaptarlo a este nuevo requisito. Esta adaptación permitió que el cliente continuara con su campaña de perforación y pudiera realizar la perforación de los pozos planificados.

Para 2018, se había creado una nueva solución a este requerimiento, un cabezal compacto con la máxima reducción de altura posible para darle mayor flexibilidad a los equipos de perforación utilizados en la zona. El nuevo equipo requiere menos materia prima, lo que consecuentemente significa un menor peso, aproximadamente un 56 % menor, el cabezal tradicional pesa 3159 Kg y el nuevo cabezal sólo 1400 Kg.

Su nombre robusto deriva de las condiciones operativas a las cuales será sometido el cabezal (10.000 psi) es un cabezal muy bajo de paredes gruesas, diseñado para soportar grandes presiones.

Las cabezas compactas integrales robustas poseen un cuerpo de una sola pieza que permite minimizar la altura, el peso y aumentar la seguridad al eliminar la unión bridada. Poseen anillos de retención para trabar los colgadores, eliminando múltiples perforaciones y minimizando puntos de fuga. Al utilizar colgadores tipo mandrel permite suprimir los tiempos de espera de fragüe. Admiten, también, colgadores integrales aptos para la cementación offline y colgadores tipo rotadores. Las cabezas robustas son de fácil instalación y de mayor seguridad. Pueden alojar distintas configuraciones de programas de cañería con un solo equipo admitiendo casing de 13-3/8", 9-5/8", 7-5/8", 7", 5-1/2", 5" y 4-1/2" (MMA, 2024).

Permiten un ahorro de tiempo operativo entre 25 a 35 horas respecto de la utilización de un cabezal convencional. Se han comenzado a instalar desde 2019 y se encuentran operativos en yacimientos shale de Neuquén (MMA, 2024).

Figura 31
Cabezal Robusto Instalado en Vaca Muerta.



Nota. Cabezal Robusto de 4 Cañerías para Instalar en Vaca Muerta. Tomado de <https://www.motomecanica.com/>

3.3.1.2 – Terminación

3.3.1.2.1 Fractura

- **mLine: Sistema de conexión integral para Fracturamiento hidráulico**

El sistema mLine, es un sistema que se diseñó para optimizar el diseño de las líneas utilizadas en las fracturas de pozos No Convencionales de Vaca Muerta. Este nuevo diseño considera la presión y caudal manejados en fracturas hidráulicas. La realización de fracturas hidráulicas es muy riesgosa para el entorno donde se llevan a cabo, hay que considerar que se manejan elevados caudales de inyección o producción de fluidos con arena que ponen en riesgo la integridad de las tuberías y herramientas por procesos erosivos.

El desarrollo del mLine no solo se enfoca en la durabilidad del equipo para manejar operaciones de fractura más intensas, sino que además mejoran la simplicidad de su montaje, reduciendo los tiempos de montaje y desmontaje en más del 50% con respecto a las instalaciones tradicionales y eliminando más de 80% conexiones tipo Weco.

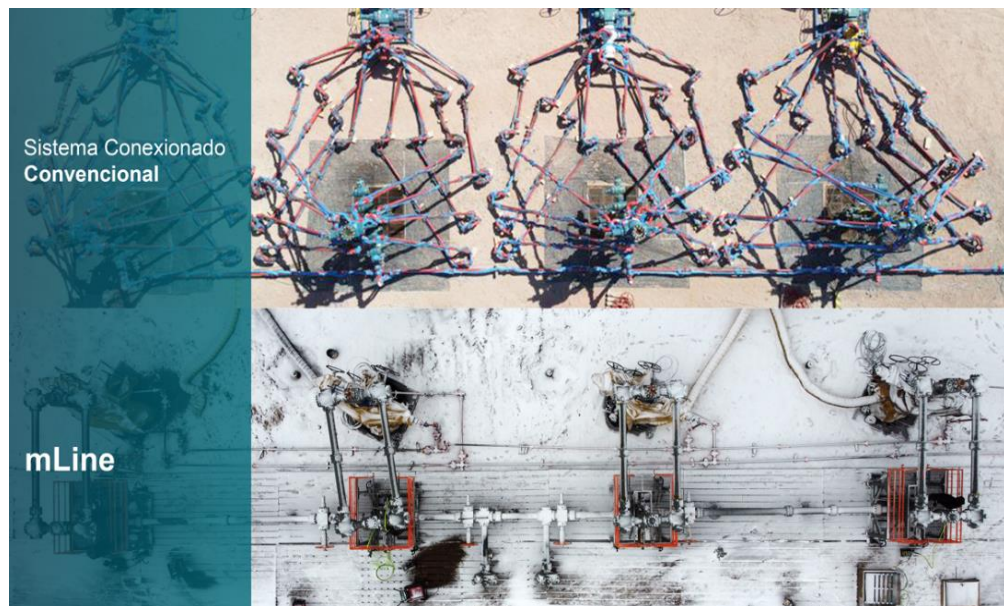
Reduce drásticamente la cantidad de equipos involucrados en el montaje (footprint), (autoelevadores, generadores para equipos de torqueo, hidrogrúas, transporte pesado para movilización etc.) (MMA, 2024).

A continuación, se describen alguna de sus principales ventajas:

- Simplicidad y durabilidad.
- Mayor confiabilidad.
- Reduce la exposición a líneas de alta presión.
- Minimiza los posibles puntos de fuga en una operación.
- Mejora la integridad estructural de la cabeza de pozo / árbol y Zipper.
- Absorbe posibles desalineamientos entre pozos.
- Diseño robusto, simple y flexible para cualquier requisito de diseño en campo.

Figura 32

Sistema de Conexionado para Fractura, Convencional vs mLine.



Nota. En la Imagen se Puede Observar la Comparativa entre un sistema Convencional de Conexionado de Líneas para una Fractura de pozos en NOC, y el sistema de Conexionado Utilizando la Tecnología mLine. Tomado de, <https://mmitec.com/index.php/soluciones/oil-gas.html>

Dentro de los principales beneficios se pueden enumerar:

- 80% de reducción en la erosión de los materiales utilizados.
- 50% en mejora de los tiempos de rig-up
- 75% de reducción de tuberías.
- 80% de reducción de puntos de conexión.
- Caudal máximo 120 BBL min.

Al tener la posibilidad de extender la durabilidad del equipo, se reduce notablemente el consumo de materia prima y la disposición de materiales defectuosos. Esto sin duda lo torna un producto mucho más sustentable que los demás métodos de disposición de líneas disponibles en el mercado.

- **mLock – Conector hidráulico remoto para operaciones de Wireline.**

El sistema mLock, es un conector hidráulico que permite conectar un wireline al pozo de manera rápida y segura. Dentro de las ventajas operativas que ofrece podemos destacar los siguientes aspectos:

- Mayor eficiencia: aumenta la eficiencia de la operación acelerando los trabajos de conexión y desconexión de los equipos de wireline al menos en 15 minutos por cada etapa de fractura en cada pozo.
- Fácil operación: es una operación rápida simple y segura.
- Mayor seguridad operativa: se puede realizar una operación hidráulica remota que mantiene al personal afectado fuera del área o zona peligrosa, evitando posibles lesiones por colisión o aplastamiento.

Figura 33

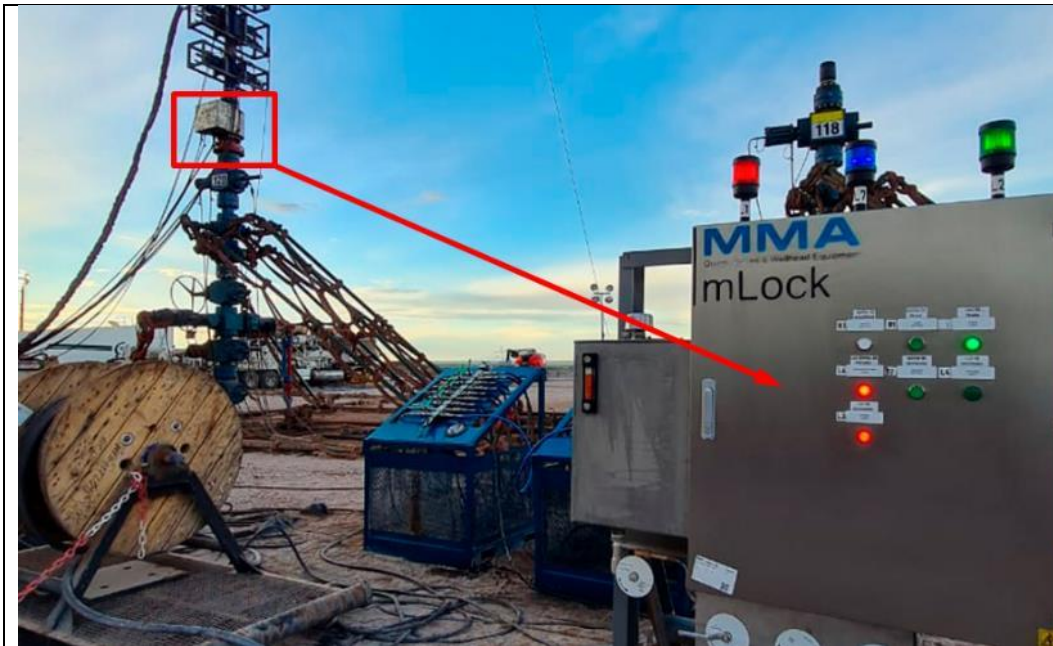
Sistema mLock utilizado Para Optimizar los Tiempos de Conexión de Equipos Wireline para Fracturas Hidráulicas.



Nota. En la Izquierda se ve el Sistema mLock, en la Derecha se Puede Observar una Instalación en Campo. Tomado de, <https://mmitec.com/index.php/soluciones/oil-gas.html>

Figura 34

Sistema de Comando para la Tecnología mLock



Nota. Sistema de Conexionado Hidráulico con Manejo Remoto. Eliminando la probabilidad de riesgo por aplastamiento. Tomado de, <https://mmitec.com/index.php/soluciones/oil-gas.html>

Dentro de los principales beneficios se pueden enumerar:

1. 15 minutos en ahorro de tiempo en pads multipozo.
 2. Aumento de 2 etapas de fractura diarias.
 3. Optimización de personal.
- - **mGrease: Sistema de optimización de engrase de válvulas.**

El sistema de engrase optimizado mGrease, permite a través de un solo manifold, realizar de manera controlada el engrase de varias válvulas a la vez, realizando una distribución de grasa controlada y a cada punto por separado.

Habitualmente, el engrase de válvulas demanda una gran cantidad de tiempo, la tarea de conectar la manguera y sistema de bombeo de grasa a cada válvula cada vez que se requiere engrasar la misma, y hacer la posterior desconexión para instalar la grasera en otra válvula diferente, más allá del tiempo operativo que es muy elevado, implica una exposición de personal a los riesgos de caída, presión, fatiga etc.. Este sistema requiere la instalación del

sistema de mangueras por única vez al iniciar el montaje del stack de fractura, y luego se comanda el engrase a distancia por un operador calificado para tal tarea (MMA, 2024).

Figura 35

mGrase, Sistema de Engrase de Válvulas para Stack de Fractura.



Nota. En la Imagen se Puede Observar a la Izquierda el Conexionado del Sistema de Engrase mGrease. A la Derecha una Foto Ampliada del Manifold de Control Para el Engrase de Válvulas. Tomado de, <https://mmitec.com/index.php/soluciones/oil-gas.html>

- **mWatch: Sistema de monitoreo en tiempo real.**

El mWatch monitorea en tiempo real el estado de apertura de cada válvula de cada stack de fractura conectado. Esta valiosa herramienta permite generar reportes de operación para aportar más información al estudio de métodos y tiempos de los servicios.

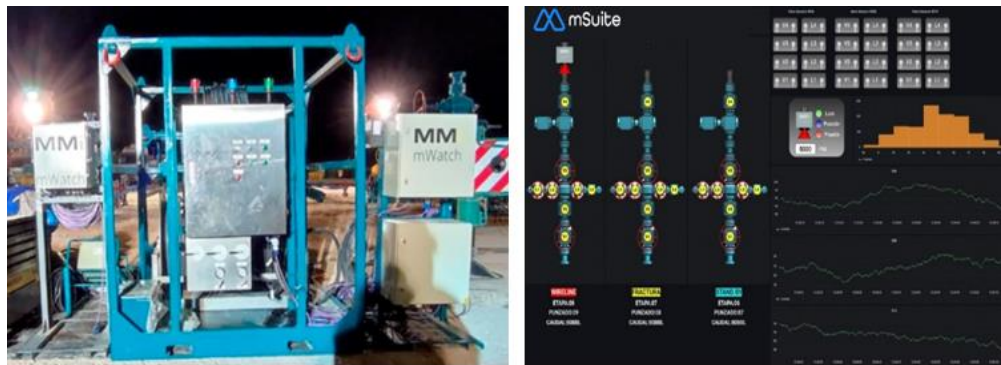
Sus principales características son:

- Permite conocer el estado de todas las válvulas y el valor de todas las presiones medidas en tiempo real, desde una sola pantalla.
- Mejora el control sobre el estado del pad en general.
- Genera un registro de cada movimiento de válvula realizado.

- Posee un editor de armadura que permite configurar el pad en el software Scada para que represente al 100% el pad donde está instalado.
- Es modular y expandible para hasta 8 pozos.
- Generación de reportes en tiempo real.

Figura 36

mWatch, Equipo Instalado en Campo y Visualización en Sala de Control.



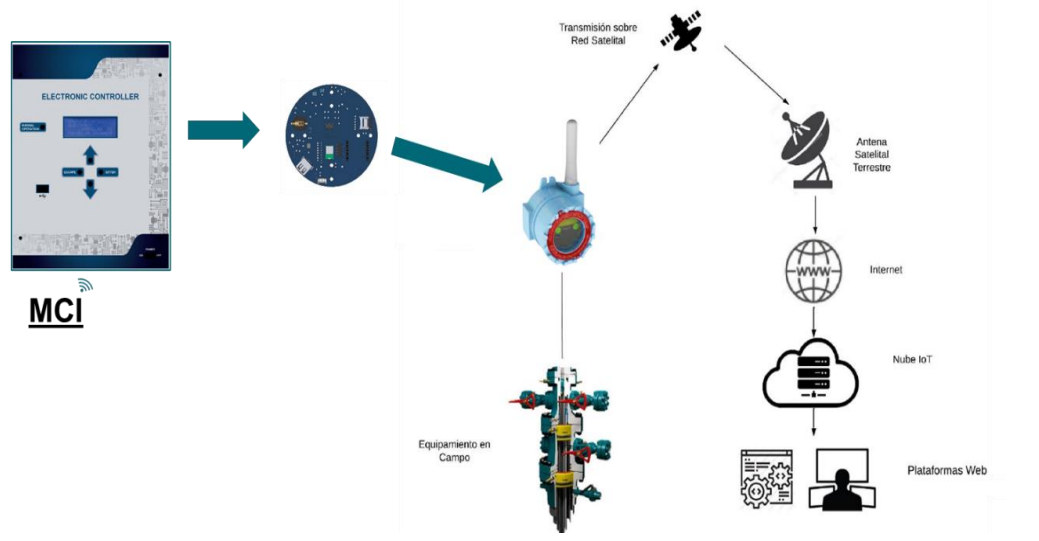
Nota. A la Izquierda Se Observa el Sistema de Control Instalado en Campo y a la Derecha una Captura de Pantalla del Esquema y la Información Registrada en la Sala de Control. Tomado de, <https://mmitec.com/index.php/soluciones/oil-gas.html>

En la siguiente imagen se puede ver un diagrama esquemático de la manera en que funciona la lógica del sistema de comunicación integral, al tratarse de locaciones remotas y sin acceso a redes eléctricas/internet la transmisión es satelital, y la alimentación se realiza por medio de baterías alimentadas por generadores o paneles solares según sea el caso o aplicabilidad deseada (MMA, 2024).

Figura 37

Concepto del Módulo de Comunicación Integral Utilizado en las Diferentes

Tecnologías.



Nota. Se Observa el un Esquema que Explica el Concepto del Módulo de Comunicación Integral (MCI) Utilizado con las Diferentes Tecnologías. Tomado de, <https://mmitec.com/index.php/soluciones/oil-gas.html>

3.3.1.2.2 Manejo de Arena

Al finalizar una fractura de un pozo, se rotan tapones que aíslan capas fracturadas y la misma presión del pozo ocasiona el retorno de arena sobrante y de restos de tapones de goma que deben tratarse en superficie. Para el manejo de arena, los equipos que contribuyen a una operación más eficiente son los siguientes:

- **mSand: Sistema automatizado de descarga de arena.**

El sistema automatizado de descarga de arena mSand se utiliza para gestionar de manera segura los sólidos producidos por pozos fracturados hidráulicamente. El equipo da la posibilidad de ser monitoreado remotamente gracias al sistema SCADA in situ o la telemetría de MMi; esto nos permite controlar la presión, posición de válvulas, vaciado de desarenadores e integridad de las válvulas en tiempo real.

Las principales ventajas del equipo son:

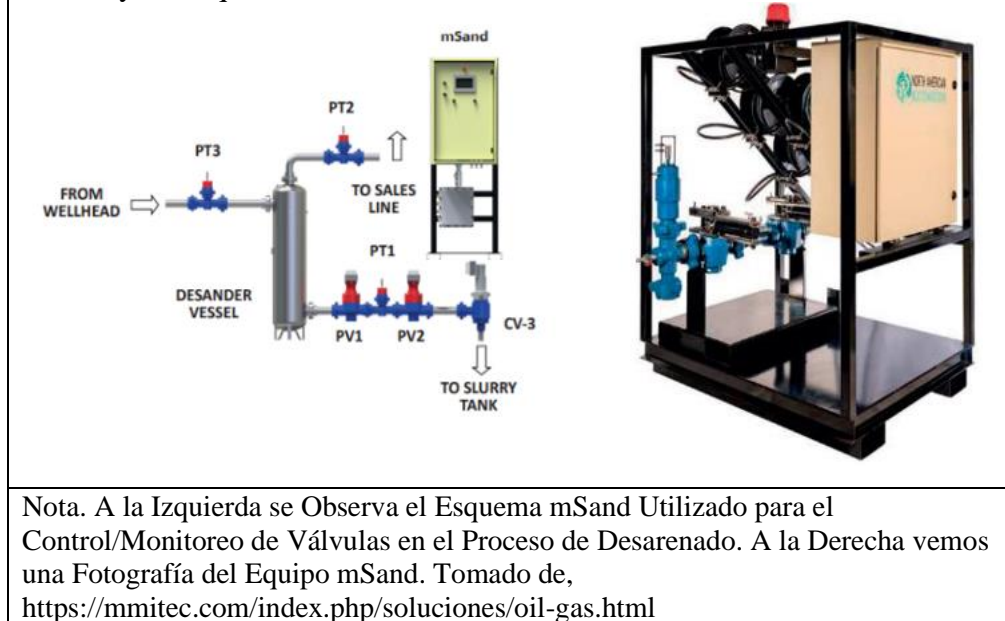
- Control autónomo, remoto o manual.

- Dos válvulas tapón y una válvula de control de caudal están diseñadas para abrir y cerrar en secuencia, lo que minimiza los daños por erosión en las válvulas tapón.
- Sensor de cierre contra exceso de flujo del depósito de descarga.
- El nuevo algoritmo patentado detecta la caída de presión en la entrada de gas, activando automáticamente el cierre del sistema.
- Posibilidad de despresurizar el skid de válvulas desde el panel de control con “Modo de mantenimiento”.
- Conexión al sistema de seguridad mSafe (ESD/VSS) de MMI.
- Alarma de aviso de operación de desarenado 15 seg antes.

Una ventaja destacable es la posibilidad de realizar pruebas de integridad a las válvulas que monitorea, la frecuencia de estas pruebas puede ser configurada de acuerdo a la demanda operativa. Esta función es muy útil en casos donde no se encuentra personal presente en la locación; en caso de que la prueba de integridad no sea satisfactoria, se envía automáticamente una señal para que el sistema tome la determinación de cerrar el pozo o de generar un bypass en el sistema de separación de arena.

Con la apertura y cierre sistemática de las válvulas, se reduce la necesidad de realizar mantenimientos periódicos a las válvulas.

Figura 38
mSand y su Esquema de Conexionado



Nota. A la Izquierda se Observa el Esquema mSand Utilizado para el Control/Monitoreo de Válvulas en el Proceso de Desarenado. A la Derecha vemos una Fotografía del Equipo mSand. Tomado de, <https://mmitec.com/index.php/soluciones/oil-gas.html>

Los métodos de control para este equipo son los siguientes:

- Operación automática con límites preestablecidos en cuatro modos:
 1. Presión diferencial medida en la entrada y salida del desarenador
 2. Presión en la entrada del desarenador
 3. Intervalos de vaciado periódicos
 4. Cierre de seguridad con detección de fallas no relacionadas al sistema
- Operaciones remotas para todas las funciones
- Operaciones manuales en el campo usando una interfaz de dos botones para mayor seguridad

Un aspecto destacable en relación a este producto, es que debido a la alta demanda de aperturas y cierres que requiere su utilización, y ante la falta de oferta de actuadores confiables para esta tarea, se desarrolló un actuador de $\frac{1}{4}$ de vuelta, que optimiza la operabilidad del equipo mSand.

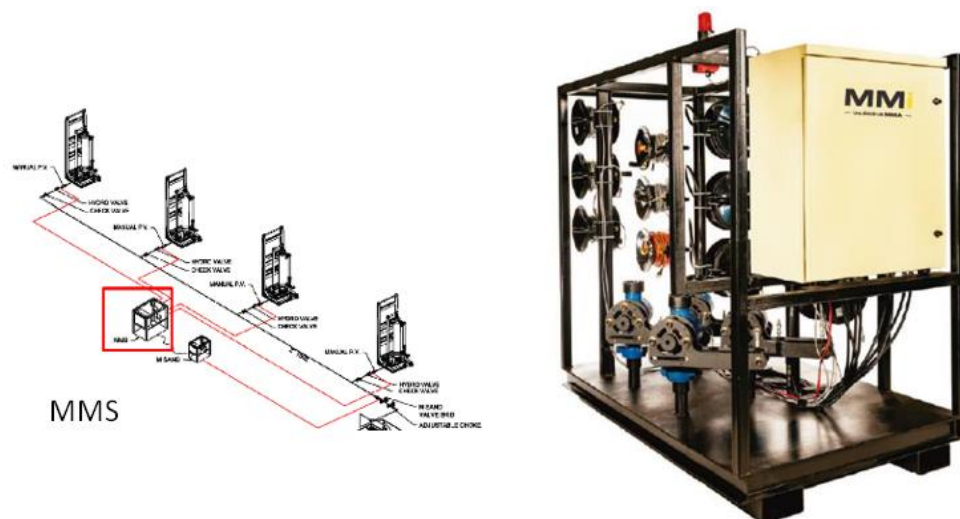
- **MMS: Manifold automático para desarenado.**

El MMS permite al usuario controlar y supervisar el sistema de desarenado para múltiples pozos con un solo manifold. El sistema permite al usuario supervisar las operaciones en tiempo real y manipularlas sobre la marcha desde el panel de telemetría (MMA, 2024).

Los principales beneficios son:

- Capacidad para descargar hasta 4 desarenadores cuando se combina con mSand; y permite la descarga de cada uno de forma independiente.
- Realiza pruebas de integridad en las válvulas accionadas.
- El manifold maestro controla qué separador de arena se descarga y cuándo.
- Control remoto estándar mediante RS485 y Modbus.
- El paquete de telemetría para el sistema MMS permite al usuario supervisar el funcionamiento en tiempo real.

Figura 39
MMS Equipo y Esquema de Conexionado en Campo.



Nota. A la Izquierda se Observa el Esquema de Conexionado del MMS. A la Derecha vemos una Fotografía del Equipo MMS. Tomado de, <https://mmitec.com/index.php/soluciones/oil-gas.html>

- **mPower: Unidad generadora de energía independiente.**

El mPower está equipado con; un sistema de seguimiento solar de cuatro paneles y doble eje, un mástil con un aerogenerador y un generador.

El generador cuenta con un sistema de arranque automático que solo se activa cuando alguna de las otras fuentes de generación energética se agota o no están presentes, es decir que es la última opción para proveer de energía los equipos que se pretendan energizar (MMA, 2024).

A continuación, mencionamos los beneficios del sistema:

- Elimina el consumo de diesel.
- Reduce los costos de combustible y mejora la eficiencia operativa.
- Capacidad para alimentar plantas de iluminación.
- Dispone de un sistema de telemetría para supervisar el consumo de energía y la eficiencia en tiempo real con interfaz de usuario.
- Panel solar de doble eje y seguimiento solar para un rendimiento óptimo (30% más que la unidad estacionaria).
- El panel solar vuelve a la posición inicial u horizontal cuando no hay luz solar ideal.
- Baterías de plomo-carbono de hasta 4.000 ciclos de trabajo (ciclo de vida de 10 años).
- Los paneles solares vuelven a la posición deseada para el transporte.
- La turbina eólica viene con un mástil de 3 etapas de 18' (pala nominal de 110 mph).
- Barra de luces - 40.000 lúmenes y 300 vatios (montada en el mástil)

Figura 40

mPower - Unidad Generadora de Energía.



Nota. mPower – Fotografía de la Unidad Generadora de Energía. Tomado de, <https://mmitec.com/index.php/soluciones/oil-gas.html>

- mWeigh: Sistema de pesaje de arena.

El sistema mWeigh permite registrar el peso de la arena que retorna luego de la fractura de un pozo. El sistema tiene una malla que retiene la arena, permite que el agua drene a través de ella y registra en forma precisa el peso de la arena producida.

Esta información puede transmitirse por medio del equipo de monitoreo y transmisión satelital de MMi para que esté disponible en la nube y de fácil acceso para los usuarios. Conocer el volumen de arena producido de manera precisa y al instante de finalizada la fractura permite mejorar la toma de decisiones que optimicen la operación (MMA, 2024).

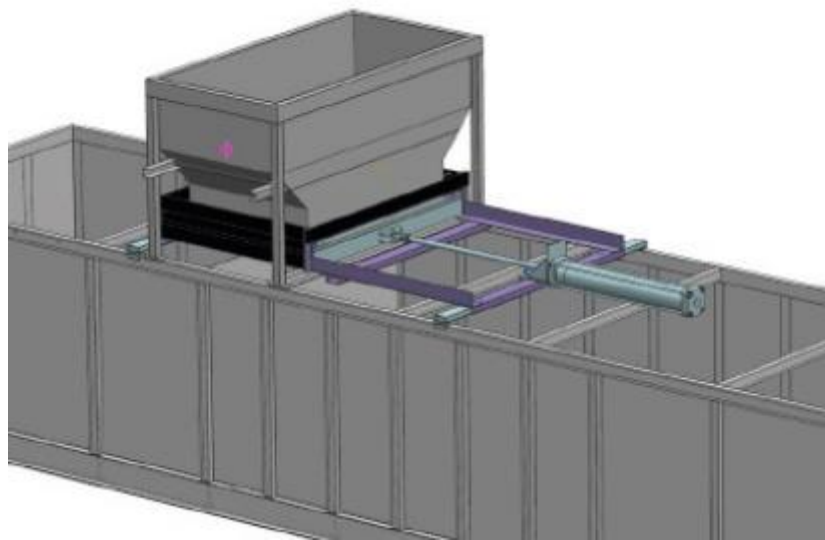
Las principales ventajas son:

- Registra de forma independiente la producción de arena de hasta cuatro pozos.
- Elimina al personal de la zona roja
- Se registra un peso preciso y constante que puede visualizarse en el instante
- Grafica el peso en tiempo real por pozo

- Proporciona el momento preciso en el que se puede liberar el equipo
- Registra el peso por pozo o separador individual en tiempo real
- Se conecta con telemetría MMi o SCADA (Modbus RS485) de serie.

Figura 41

mWeigh - Registra el Peso de la Arena de Fractura Producida.



Nota. Se Puede Observar un Dibujo del Sistema mWeigh para Registrar el Peso de la Arena Producida Hasta en PADs de Fractura de Cuatro Pozos.

3.3.1.3 – Producción:

Con el fin de incursionar en distintas etapas de la vida de un pozo, y como consecuencia de la búsqueda permanente de brindar soluciones a clientes, se desarrollaron algunas tecnologías que marcaron un impacto positivo en la etapa de producción de pozos (MMA, 2024).

- **CNE (Equipo ciclador para optimizar la producción de pozos):**

Con la utilización de este controlador neumático se busca aumentar la producción mediante la mejora del rendimiento de los pozos maduros con buen recuperó de presión. Además de aumentar la eficiencia operativa, se reducen los costos de mantenimiento.

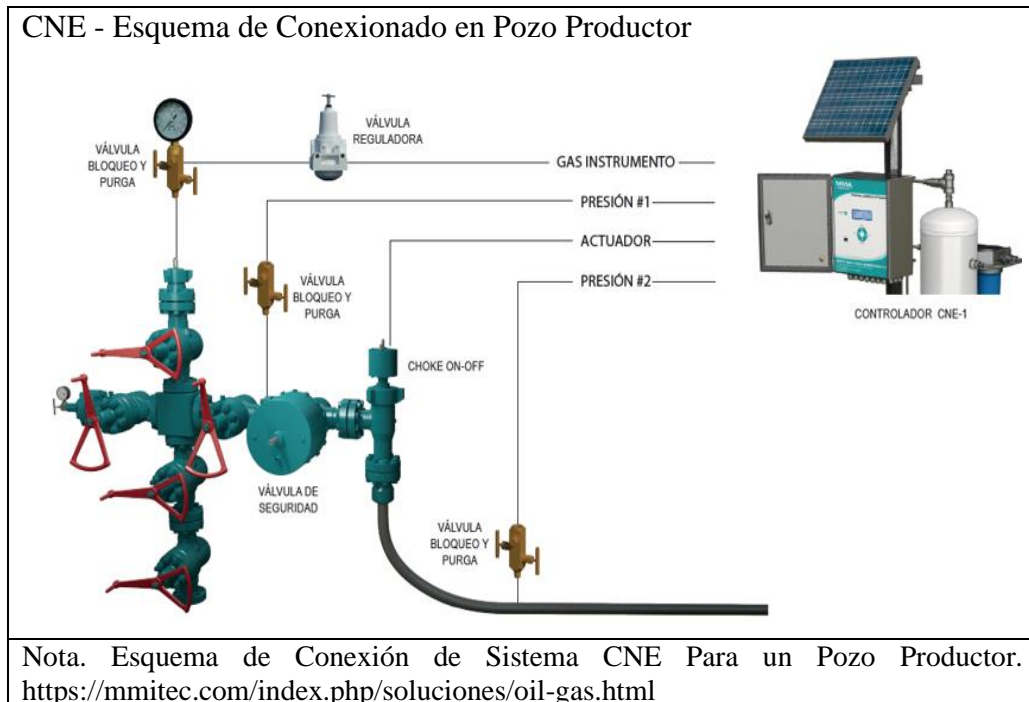
Lo que el equipo hace, es básicamente producir de manera cíclica en función de la energía que pueda dar el pozo, cuando el pozo esta con suficiente presión para producir a la línea de producción, se abre el choke on/off, cuando se produce este bache de petróleo y la presión disminuye el equipo cierra el choke hasta un nuevo recuperó de presión y así sucesivamente repitiendo este ciclo de manera continua. Esto se puede realizar de manera remota sin la necesidad de que alguien se acerque al pozo para operar de manera manual.

El equipo puede operar de diferentes maneras, bajo un temporizador que periódicamente abre y cierra el Choke on/off, mediante la asistencia en locación de un recorredor que tiene la posibilidad de operar un panel en campo, o mediante un sistema de optimización llamado OPTIPRO.

El sistema OPTIPRO utiliza la información histórica del pozo relacionada a la manera en que viene operando y la utiliza para configurar una metodología o periodicidad de apertura y cierre optima que logre aumentar la producción. Presiones, velocidades críticas del fluido, caudales etc. son las principales variables que analiza el sistema para tomar las decisiones de apertura y cierre.

La visualización y el análisis de los datos se realiza mediante un software intuitivo de aplicación web.

El controlador cuenta con un sistema de control de bajo consumo, que funciona utilizando baterías; estas baterías se pueden cargar fácilmente usando energía del pozo o de paneles solares en locaciones remotos.

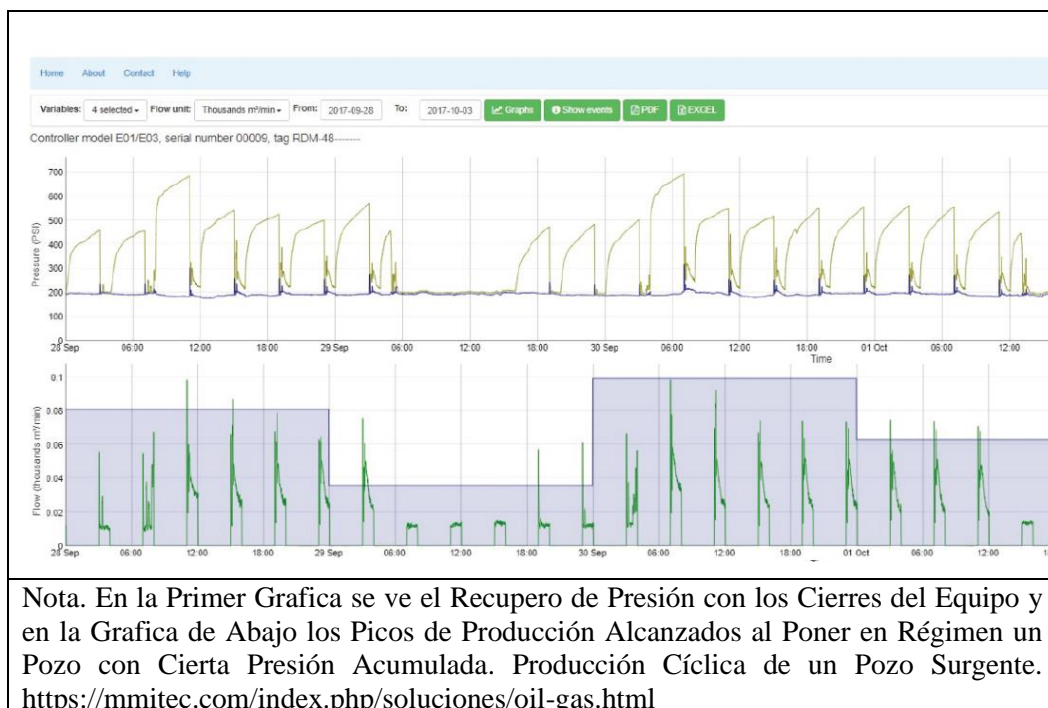


Para decidir cuánto tiempo cerrar el pozo, el equipo busca hallar el tiempo de cierre que corresponde al valor máximo de producción diaria.

Utiliza un algoritmo adaptativo de optimización del tipo algoritmo de escalada simple “Hill-climbing”. Este es un algoritmo iterativo que busca encontrar la optimización de la producción realizando cambios incrementales basándose en el rendimiento de los ciclos históricos del pozo.

En la siguiente grafica se puede observar el monitoreo que se puede realizar a través de las plataformas generadas para tal fin. En la primer grafica se observan las variaciones de presión en los cierres de cada pozo, donde se recupera la presión para luego caer al mínimo cuando se produce, segunda grafica.

Figura 43
CNE - Variación de Presión vs Producción.



- **mDAQ (Equipo optimizador de monitoreo de pozos).**

El equipo mDAQ surge de la necesidad del cliente de maximizar la cantidad de variables controlables de monitoreo, se desarrolló el software capaz de contener en una pantalla las variables críticas solicitadas por el cliente: presión anular, temperatura de cabeza de pozo, posición de las válvulas VSM (Válvula sobre maestra) y VSS (Válvula de seguridad), presión en directa y una cámara para poder controlar en todo momento lo ocurrido en el pozo. Las cámaras incorporadas tienen la posibilidad de tomar una foto cada vez que se acciona una válvula o cuando se requiere visualizar un pozo con comandos a distancia.

El equipo, además de tener todas estas prestaciones disponibles en una pantalla de 7 pulgadas, permite que sean enviadas en tiempo real a la plataforma mSuite con telemetría celular; de modo que los clientes tienen la posibilidad de monitorear los valores e imágenes diariamente para poder hacer una efectiva toma de decisiones (MMA, 2024).

Figura 44

mDAQ - Equipo Instalado en Locacion.



Nota. Equipo mDAQ Instalado en Locacion Para el Registro de Eventos.

Algo muy positivo de este sistema de monitoreo es que se pueden agregar variables de control que continúen aportando información al usuario; por ejemplo, alguna de las fotos tomadas por el mDAQ ha sido utilizadas para estimar el nivel del tanque que acumula químicos para la inyección en pozo, esto se logró gracias al uso de inteligencia artificial.

Alguna de las optimizaciones del sistema, además de herramientas más eficientes y precisas para la adquisición y análisis de datos, es la inclusión de una cámara termográfica para poder entender los puntos sensibles en una armadura bajo condiciones operativas. Otra posible variable a sumar en este abanico de opciones, es la de censado acústico. Lo que se busca es transformar el equipo en una solución multinivel, gracias a sus funciones de monitoreo.

Figura 45

mDAQ - Ejemplo de Fotografías Registradas en Campo. Visión Nocturna y

Termográfica.



3.3.1.4 – Post-venta:

Uno de los aspectos más importantes para la industria del Oil & Gas, y sobre todo luego de la explosión de Vaca Muerta, es la necesidad de los clientes de disminuir el CAPEX, realizando mantenimiento y reutilizando válvulas y cabezales reparados. Con respecto a este punto MMA identificó la oportunidad de desarrollar una alianza estratégica con un taller de reparaciones en la localidad de Allen – Rio Negro.

- **Reparación y mantenimiento de cabezales y válvulas:**

Cuando las condiciones de producción de un pozo cambian, gran parte de los materiales pueden ser reemplazados por otros acorde a la condición actual. Los materiales extraídos o retirados del pozo, pueden ser reparados y acondicionados para su reutilización. Las reparaciones, pueden ir desde un simple mantenimiento a una reparación mayor y/o remanufactura integral de equipos para la industria del petróleo y gas. Lo habitual consiste en la readecuación de:

- Árboles de producción
- Cabezas de pozo
- Válvulas esclusas operación manual

- Válvulas esclusas actuadas hidráulica o neumáticamente
- Válvulas esclusas de seguridad de línea
- Equipos de control de Válvulas para cierre seguro
- Stack de fractura
- Choke manifold
- Plug cácher

Para entender el impacto que representa la reparación de válvulas, la reparación de 10 armaduras (conjunto de 8-10 válvulas dispuestas para para la producción de un pozo) se ahorra 2 toneladas de emisión de CO₂ a la atmosfera y aproximadamente 1.4 Millones de dólares.

3.3.2 Minería

La industria minera es un ámbito en el que MMA está incursionando, ya se desarrollaron soluciones para la minería de elementos minerales esenciales en esta transición energética.

A través del área de innovación se comenzó a trabajar en esta industria agregando valor a sus procesos con equipos y sistemas de adquisición y gestión de datos que incrementaron la productividad, seguridad y sustentabilidad de las operaciones mineras.

Las soluciones se enfocaron en la obtención de químicos de litio en salmueras (MMi, 2024).

- **mVap (Estación evaporímetro automático):**

El mVap es una unidad de control de evaporación que realiza la medición continua de parámetros meteorológicos y otros parámetros definidos por el cliente. Con la utilización de este controlador neumático se busca aumentar la producción mediante la mejora del rendimiento

El funcionamiento del equipo es básicamente el siguiente: el panel de control monitorea el nivel de agua en el tanque de evaporación. Cada 24 hs el sistema realiza la recarga de agua de manera automática mediante la apertura de la válvula de recarga.

Se abre la válvula de recarga hasta que el nivel vuelve a llegar al máximo, luego se cierra la válvula y el sistema calcula cuánta agua se evaporó durante esas 24hs.

El equipo cuenta con telemetría para enviar datos en tiempo real. Posee sensores meteorológicos para completar la información.

Las principales ventajas son:

- Reduce la cantidad de visitas a la locación.
- La información actualizada facilita la toma de decisiones.
- Visualización en tiempo real.
- Apto para lugares remotos sin energía eléctrica.

Figura 46
mVAP - Estación Evaporímetro Automático



Nota. Equipo Instalado en Minera Ubicada en el Triángulo del Litio. Tomado de, <https://mmitec.com/index.php/soluciones/mineria.html>

3.3.3 Energías Renovables

Moto Mecánica Argentina forma parte del ReProER - Registro de Proveedores de Energías Renovables, y las actividades en las que desarrolla su potencial están relacionadas al Asesoramiento Técnico, Desarrollo de Proyectos, Eficiencia Energética, Ingeniería, Instalaciones Eléctricas, Mantenimiento, Mediciones y Puesta en marcha.

Los servicios comprenden desde la etapa de definición y factibilidad hasta la etapa de operación y mantenimiento.

3.3.4 Agro

MMi presenta una serie de soluciones integrales referidas al sector agrícola que se ajustan a la necesidad que tenga cada sector productivo. Las soluciones pueden abarcar desde la preparación del suelo hasta la cosecha (MMi, 2024).

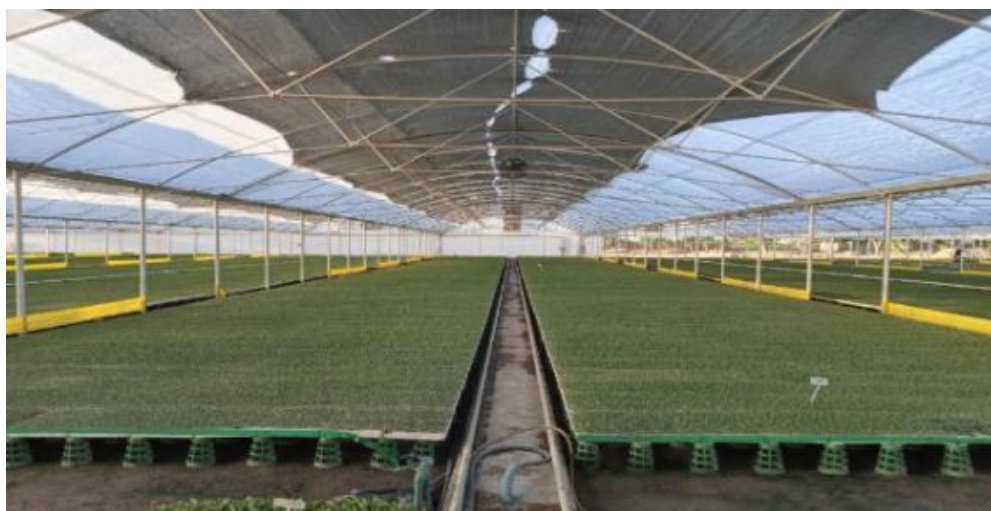
- **mCrop (Automatización de vivero):**

El mCrop nace de la necesidad de realizar una intervención tecnológica a un sistema de cultivo de hortalizas en plantines. El objetivo es adquirir e interpretar las variables físicas que pueden afectar a la planta (temperatura) y la realización del reporte de estado y alertas remotas a través de mSuite para la toma de decisiones.

El tiempo de cuidado crítico en el seguimiento de vida para un plantín de vivero ronda los 6 meses, durante este tiempo es fundamental monitorear y tomar acciones concretas sobre los posibles cambios de temperatura que puede sufrir la planta. Además del reporte de datos remoto a través de la plataforma mSuite se podrá contar con una base de datos gracias al registro histórico de las lecturas censadas.

Figura 47

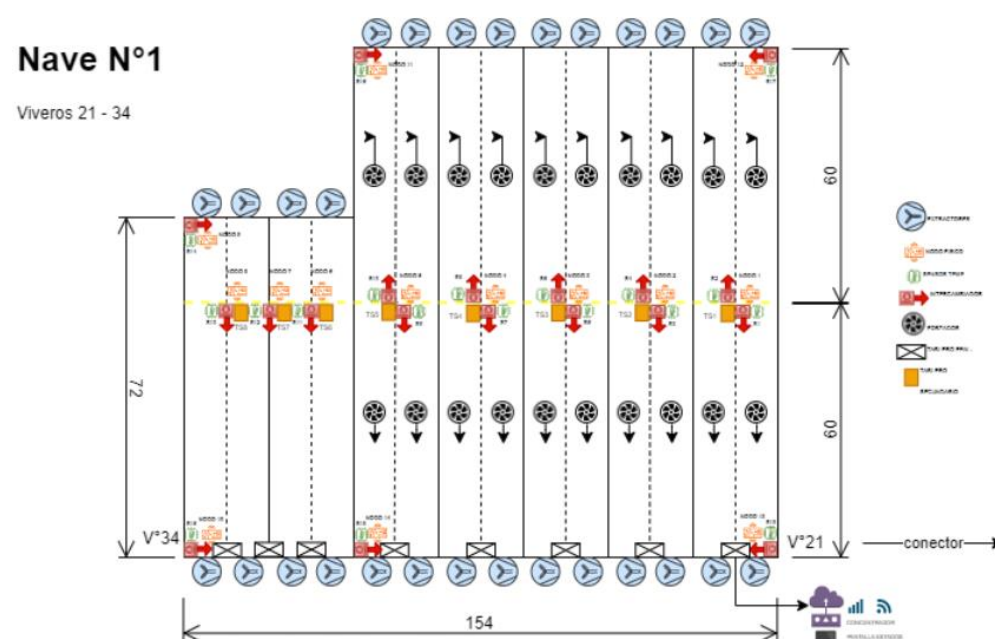
mCrop - Relevamiento de Vivero en Mendoza



Nota. Foto de una de las Naves Relevadas para Implementar la Automatización.

Figura 48

mCrop - Esquema y Layout de la Distribucion del Sistema a Instalar.



Nota. En el Esquema se Dimensiona la Nave para el Posterior Calculo de Sensores Necesarios para un Correcto Sensado de Temperaturas.

Alguna de las ventajas de esta propuesta son las siguientes:

- Toma de lecturas de temperatura en cercanías de cada calentador de Aire.

- Toma de lectura de temperatura en exterior con el fin de conocer el diferencial térmico.
- Aviso in situ de Alertas utilizando Sirena audible y baliza lumínica.
- Conectividad Wifi / 4G para asegurar reporte 24 hs.
- Visualización de datos en Pantalla dentro de Nave (mSuite).
- Reporte de datos remoto a través Plataforma mSuite (lectura de sensores, alertas, gráfica de temperatura instantánea e histórica, configuraciones varias).
- Reporte de estado de extractores de aire y cortinas de ventilación.
- Adquirir la medición de nuevas variables físicas para la optimización de la producción (humedad, punto de rocío).
- Control / automatización de sistemas de riego y ventilación.
- Medición de consumos en materia energética.
- Reducción de consumo energético a través de sistemas alternativos y limpios.

3.3.5 Monitoreo y control

mSuite es una plataforma digital de supervisión y control de operaciones en tiempo real; esta plataforma permite supervisar, realizar telecomandos, controlar la automatización de procesos y facilita el análisis de datos y la posterior generación de informes. Una de las principales ventajas es la posibilidad de tomar decisiones informadas y adaptarse no solo a los equipos detallados anteriormente, sino que a cualquier equipo e industria que tenga procesos por monitorear y controlar en tiempo real (MMi, 2024).

El uso de esta plataforma permite implementar el sistema de gerenciamiento por excepción, mejorando la eficiencia y la velocidad de respuesta a cada posible inconveniente que se maneje bajo esta modalidad de gerenciamiento.

Además de las virtudes que implica la operabilidad de datos bajo el uso de la plataforma mSuite, MMi cuenta con una sala de control que ejecuta la gestión de operaciones en tiempo real. Esta herramienta es esencial en entornos de producción e industriales, ya que permite un seguimiento detallado y una automatización eficiente de los procesos. Desde la sala los supervisores pueden monitorizar todas las actividades, gestionar dispositivos y equipos, recibir alertas en caso de fallos y tomar decisiones en el instante.

Figura 49
mSuite - Sala de Control y Monitoreo en Rio Negro.



Nota. En la Imagen se Puede Observar la Sala de Control y las Variables Monitoreadas para un Seguimiento Permanente al Funcionamiento de Pozos.

Correspondería un cambio de capítulo de dejar los e

3.3.6 **Business Intelligence (BI) - Implementación de sistemas digitales para optimizar los procesos administrativos de la industria.**

En los últimos años, MMA ha logrado optimizar notablemente los procesos administrativos, mejorar la visualización y administración de datos para la toma de decisiones, gracias a la implementación de lo que se denomina inteligencia de negocios o business intelligence (BI). El uso de diferentes tipos de plataformas digitales y aplicaciones celulares permiten adquirir información de primera mano eliminando los tiempos de digitalización de documentos físicos. Esto agiliza notablemente el procesamiento de la información y el consecuente análisis de la misma, permitiendo la toma de acciones inmediatas para la corrección de posibles desvíos.

La digitalización no solo contribuyo a la mejor organización y trazabilidad de los procesos, sino que también contribuyo a reducir los días de ventas pendientes de cobro o DSO (Days Sales Outstanding).

A continuación, se resume brevemente el aporte de las principales plataformas utilizadas según el área en la que fue implementada:

- **BI -Tablero de control:** se utiliza para nuclear la información provista por diferentes plataformas digitales y tener una visualización rápida y clara del panorama de la compañía relacionada en diferentes aspectos tales como, indicadores HSE, evaluaciones de desempeño, facturación, P&L, control de horas extras, etc.
- **BI – App para reporte y registro en campo (QHSE):** se trata de una aplicación de celular que permite a los colaboradores, registrar y reportar aquellos temas relacionadas a diferentes aspectos de QHSE. Esta aplicación permite reportar aspectos vinculados a: actos inseguros, condiciones inseguras, cuasi-accidentes, incidentes ambientales, observaciones positivas y oportunidades de mejora. Los reportes registrados generan acciones específicas para que diferentes sectores de la organización le den tratamiento. Las observaciones se pueden generar tanto en base como en las locaciones de campo.

Esta aplicación busca reemplazar el tradicional sistema de tarjetas que tienen muchas empresas del rubro para reportar los diferentes aspectos de QHSE.

La información adquirida bajo el uso de esta aplicación, puede analizarse en tableros creados mediante el uso de la plataforma mencionada en el apartado anterior.

- **BI – Plataforma para la gestión de calidad:** Se utiliza para llevar el control de las no conformidades y las oportunidades de mejora de la organización.

La utilización de esta plataforma permite llevar un registro y trazabilidad de la certificación de todos los equipos de medición y del programa de mantenimiento preventivo para las herramientas comúnmente utilizadas en los servicios de campo.

- **BI – App para control y rendición de gastos:** Es una plataforma que contiene las rendiciones de gastos de los empleados de MMA, evita el viejo sistema en el que se almacenaban documentos con información de tickets sobre gastos y se registra caso por caso en una aplicación de celular. Esto facilita el control de las rendiciones, y acelera el proceso de aprobación.
- **BI – Gestión de viajes:** Plataforma para autogestionar la logística de traslados y hospedajes.
- **BI – App para realizar documentación de servicios:** En el área de servicios de campo, se debe cumplir con cierta documentación requerida por los clientes de MMA. La principal documentación solicitada consta de: informes de campo, donde se detalla la tarea realizada, evaluaciones de desempeño, partes operativos, donde se realiza el documento con ítems valorizados según el contrato entre partes, minutas de reunión de seguridad pre-tarea etc.. Esta documentación se llevaba manualmente, y para contar con el legajo completo de información referido al trabajo ejecutado en cada pozo, debíamos escanearlo y almacenarlo en algún servidor para tal fin, hoy, gracias al uso de esta aplicación, tenemos las siguientes ventajas:
 - Legajo de cada servicio de campo digitalizado al momento de la finalización del trabajo.
 - Reducción del tiempo en el proceso de facturación, al contar con el soporte y aprobación firmada por el cliente al momento de finalizar cada servicio.
 - Legibilidad de los informes creados, al no hacerse a mano se mejora mucho la legibilidad de los informes realizados.
- **BI – Registro de horas y actividades de campo:** Otra mejora considerable está vinculada a la implementación de esta aplicación que se utiliza para el registro de horas extra. El registro de las horas y tareas desarrolladas es necesario para poder realizar la liquidación mensual de sueldos. Antiguamente, se realizaba esta revisión y control de horas mediante planillas, que cada operador de campo completaba manualmente. La implementación mejoró el proceso de liquidación, la

velocidad y control es más eficiente, y cada operador puede llevar el registro de su actividad mensual mediante el uso de una aplicación en su celular.

Otra función que se le da a esta aplicación, es la planificación de servicios. Se puede llevar un control de la ubicación y disponibilidad de cuadrillas de trabajo.

- **BI – Planificación de proyectos:** Es una plataforma que se utiliza para hacer seguimiento a proyectos y sus diferentes etapas de ejecución.
- **BI – Recibos de sueldo:** Otra manera en la que la organización optimizó su gestión administrativa, es en la entrega de recibos de sueldo. El uso de esta aplicación reemplazó la tradicional modalidad de impresión/firma de recibos de sueldo, actualmente, todos los empleados pueden contar con sus recibos de manera digital y se evita la impresión del recibo de sueldo, el almacenamiento físico de estos recibos, y la pérdida de tiempo relacionada a esta gestión.

Otra ventaja que da esta aplicación es la posibilidad de tener el control de vacaciones y francos compensatorios.

Insertar capítulo Nuevo

3.4 Análisis FODA:

El análisis FODA según Frolov y col. (2017), es una de las técnicas que permite identificar las Fortalezas y Debilidades internas, como las Oportunidades y Amenazas externas en una organización (Frolov, Kaminchenko, Kovylkin, Popova, & Pavlova, 2017).

En primer lugar, realizaremos un análisis interno para identificar los recursos, capacidades, competencias, y ventajas competitivas referentes a la organización.

El análisis externo, lo usaremos para identificar oportunidades y amenazas del mercado; observando los recursos de los competidores y el entorno industrial en general.

A continuación, estableceremos las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas de la aplicabilidad de la Industria 4.0.

FODA es un desarrollo de A

3.4.1 Fortalezas:

- 1- Interoperabilidad: Permite el intercambio de maquinaria que realizan igual función a pesar de que este intercambio se efectúe entre diferentes industrias.
- 2- Descentralización: La I 4.0 mejora la capacidad del personal operativo y/o máquinas para una toma de decisiones más eficiente basada en datos.
- 3- Aumenta la capacidad de respuesta, el autoaprendizaje de las máquinas, permite adaptaciones rápidas de cambios solicitados por clientes.
- 4- Modularidad: Permite que el sistema de producción sea flexible y se adapte fácilmente a los cambios estacionales o en el diseño del producto.
- 5- Orientación al cliente; la relación entre los humanos , CPS (sistemas ciber físicos) y el negocio se optimizan gracias al vinculo generado a través del internet de las cosas y de internet de servicios, fortaleciendo la respuesta al cliente y consumidores.
- 6- I 4.0 incrementa la eficiencia que se ve reflejada en la conservación de la energía y materias primas. Logrando una mayor rentabilidad y una reducción en los costos de producción.
- 7- I 4.0 aumenta la productividad debido a la integración de tecnologías inteligentes, que son más productivas. Según algunos científicos puede alcanzar una mejora que ronde entre el 15-25 %. La principal ventaja se puede encontrar en piezas industriales y de automoción.
- 8- I 4.0 aumenta la efectividad de la producción gracias a la implementación de sistemas ciberfísicos.
- 9- I 4.0 tiene la capacidad de integrar al cliente con el ciclo de producción a través de una red, esto aumenta la satisfacción del cliente. Se reduce el ciclo de producción.
- 10- Aumenta la competitividad de la empresa al implementar productos de alta tecnología.
- 11- Incremento en el valor de los accionistas en la empresa.
- 12- Aumento del tiempo de funcionamiento ininterrumpido de las maquinarias y equipos, reduciendo su tiempo de inactividad.

- 13- MMA es una de las primeras empresas que implementa una línea 100 % abocado a la I 4.0 para alinearse con la sustentabilidad requerida por sus clientes.

3.4.2 Debilidades:

- 1- Capacitación de operadores y mejora de sus habilidades para gestionar trabajos digitales.
- 2- Adquisición de equipamiento para que los operadores puedan aplicar estas habilidades e implementar la transformación digital requerida.
- 3- Intercambio de datos e información entre diferentes competidores, la digitalización de la información puede facilitar la filtración de datos.
- 4- Se requiere una alta inversión para digitalizar las plataformas y aplicar las ventajas de la I4.0.
- 5- Seguridad de los datos informáticos y de la comunicación entre sistemas inteligentes para evitar fugas de datos confidenciales. Esto podría afectar la competitividad de la organización si se fugan datos del cliente.
- 6- Históricamente la implementación de la automatización y de los avances tecnológicos ha llevado a una reducción en el número de empleos al corto plazo; sin embargo estudios realizados por Boston Consulting Group han estimado un aumento en la cantidad de empleos calificados, con habilidades diferentes. Empleados que desarrollen tareas poco calificadas podrían ser reemplazados por máquinas, mientras que se abre una gran demanda para profesionales expertos en sistemas, desarrolladores de software etc. (Russman, y otros, 2015).
- 7- Alta dependencia de la resiliencia de las tecnologías utilizadas, pequeñas alteraciones o cambios pueden provocar impactos importantes en el resultado esperado (Smit, Kreutzer, Moeller, & Arlberg, 2016)
- 8- Dependencia de diferentes factores como los estándares tecnológicos, las habilidades del personal a disposición, la inversión a realizar y la investigación científica relacionada a su aplicabilidad.
- 9- Baja susceptibilidad de las estructuras de negocio a la implementación de tecnologías de innovación.

- 10- Falta de una estructura organizacional consolidada en todas las bases de servicio que facilite la implementación de tecnologías. Se realizaron al menos 3 o 4 cambios organizacionales en la base más importante de Argentina. En bases satélites aún no se define una estructura específica.

3.4.3 Oportunidades:

- 1- La I4.0 puede contribuir positivamente a la sostenibilidad, desarrollo y producción eco-sostenible que buscan todas las empresas, esto se logra gracias a las mejoras en la productividad, la eficiencia y la flexibilidad de las industrias.
- 2- Puede mejorar la satisfacción del cliente al involucrarlo activamente en la búsqueda de soluciones que contribuyan a la optimización de sus proyectos.
- 3- Las mejoras en la eficiencia y productividad que genera la I 4.0 reduce los costos de producción del producto.
- 4- Puede contribuir a la disminución de diferencias entre distintos mercados, que permitirá nuevas opciones para los inversores.
- 5- Contribuye a la personalización de los productos y servicios, facilita la ejecución de servicios o productos a medida para cada demanda.
- 6- Gracias a la contribución de la mayor eficiencia en los procesos, ayuda a disminuir la emisión de desechos o desperdicios y reduce el consumo de energía.
- 7- Reduce los tiempos de respuesta en los cambios o acciones a implementar ya que se cuenta con una mejor conectividad y se incrementa la velocidad del flujo de información.
- 8- I4.0 crea nuevos modelos de negocio.
- 9- Debido a la mejora en la eficiencia, el costo de producción disminuye para los elaborados en planta, y el costo de producción de hidrocarburo también disminuye para los clientes gracias a la optimización de tiempos operativos para los servicios prestados.
- 10- La posibilidad de fortalecer la colaboración entre las diferentes empresas industriales.

- 11- Generar una organización adecuada y receptiva para la implementación de estas tecnologías.

3.4.4 Amenazas:

- 1- La I4.0 podría reemplazar a los trabajadores poco calificados por sistemas automatizados. De esta manera se incrementaría la tensión social y las ideas pesimistas en contra de la implementación de la I4.0.
- 2- En la I 4.0 los datos y el conocimiento tendrán un papel fundamental en su implementación, por lo que la seguridad de los datos e información serán un punto crítico al intentar implementar las tecnologías que propone esta industria.
- 3- Los ciberdelitos pueden resultar una barrera para la implementación de la I4.0.
- 4- Creencias y percepciones sociales con respecto a las amenazas que podría sufrir la privacidad de la gente al exponerse a la digitalización y conectividad que implica el internet de las cosas.
- 5- Falta de un sistema de gestión apropiado y de plataformas.
- 6- La amenaza de la vulnerabilidad y volatibilidad de cadenas de valor global.
- 7- Inconvenientes en los procesos de importación que dificulten la adquisición de herramientas o repuestos que permitan mantener en funcionamiento una industria apoyada en I 4.0.
- 8- Protestas sociales o gremiales relacionadas al posible reemplazo de puestos laborales debido a la automatización.

3.4.5 Fortalezas-Oportunidades:

Al buscar oportunidades que coincidan con las fortalezas de la empresa, logramos encontrar:

- 1- La fortaleza que significa la flexibilidad en los sistemas de producción, la mayor velocidad de reacción ante los cambios y la eficiencia que implica los sistemas CPSs trae aparejado como oportunidad la

personalización de los servicios y productos, es decir los servicios y productos hechos a medida, y a una gran velocidad.

- 2- Aprovechar el mayor nivel productividad, eficiencia y rentabilidad para generar y lograr la apertura de nuevos negocios.
- 3- Utilizar la fortaleza que puede brindar la I 4.0 en cuanto al trabajo en el ciclo de producción junto al cliente , y disminuir en comunión o conjunto con otras empresas los desperdicios y contaminantes industriales. Mejorando la rentabilidad en el valor del producto de una manera sustentable.
- 4- Hacer uso de la transición hacia los nuevos negocios para flexibilizar los procesos de producción.
- 5- Aprovechar la implementación de tecnologías para problemas específicos de cada cliente, brindando soluciones a medida, incrementara la satisfacción del cliente. La variación de productos podrá contribuir al desarrollo de nuevos modelos de negocios que generará nuevos servicios asociados.

3.4.6 Debilidades – Oportunidades:

Si pensamos en superar las debilidades para hacer buen uso de las oportunidades. Se pueden considerar:

- 1- La inversión en el desarrollo y capacitación del personal para que sea idóneo en el uso de tecnologías avanzadas y las nuevas tecnologías a implementar per se, necesitaran de una importante inversión, pero nos dará la oportunidad de producir mejoras significativas en la fluidez de la información y la optimización de los procesos productivos.
- 2- La mejora en la productividad y eficiencia de las empresas nacionales incrementara la competitividad de las mismas, mejorando flujo de ingresos y extendiendo la capacidad productiva. Esto compensara e incluso incrementara el número de empleados que podría quedar desplazado por la implementación de la I 4.0.

3.4.7 Fortalezas y Amenazas:

Si se analiza la manera de utilizar las fortalezas, para minimizar los riesgos y amenazas externas, podemos listar:

- 1- La pérdida de trabajo para empleados poco calificados debido a la implementación de la I 4.0 puede verse compensada por la posibilidad de nueva apertura de mercados no explotados ni desarrollados anteriormente.
- 2- Aprovechar el aumento del valor de las acciones o del valor de la empresa al implementar las ventajas de la I 4.0 para atraer inversionistas, incrementar las inversiones y consolidar a largo plazo la estabilidad de la empresa, reduciendo o intentando disminuir los efectos de la volatilidad y vulnerabilidad a la que nos sometemos en un entorno VUCA.
- 3- Aprovechar el aprendizaje y programa de capacitaciones, para consolidar al personal en aspectos relacionados con la I 4.0, y generar las bases sólidas organizacionales que permitan ordenar y organizar estructuralmente a la empresa mediante un sistema de gestión y plataformas adecuadas.
- 4- La mejora de la velocidad de adaptabilidad a las condiciones y demandas de clientes contribuirán a controlar las amenazas externas y cambiantes que se pueden sufrir en cuanto a las condiciones económicas cambiantes del país.

3.4.8 Debilidades y Amenazas:

Se trata de pensar en una estrategia de defensa ante los puntos más débiles y que se tornan amenazados por el ambiente exterior.

- 1- Una debilidad que representa a su vez una amenaza es la exposición al intercambio de información que puede haber entre empresas del mismo rubro, la posibilidad de amenazas vinculadas a la piratería y delitos cibernéticos que podría funcionar como una barrera para la implementación definitiva de la I 4.0. Esto se podría minimizar si se

implementa un sistema de gestión claro y solido relacionado al manejo de información en la era de la comunicación (Frolov, Kaminchenko, Kovylkin, Popova, & Pavlova, 2017).

3.5 Marco para el diseño de una empresa sustentable y el estado de este aspecto en MMA

El concepto de sustentabilidad se introdujo en 1987 por La Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas. Este concepto se define como: “un modelo de desarrollo capaz satisfacer las necesidades de la presente generación sin comprometer la posibilidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Evans, y otros, 2017).

El desarrollo sustentable es un gran desafío para todas las organizaciones de negocio, existe un marcado y amplio interés de las empresas de enfocarse en las prácticas de sustentabilidad organizacional, es decir, a enfocarse en las tres dimensiones fundamentales de la sustentabilidad (económica, medioambiental y social).

En este caso, la intención es describir el nivel de adopción de la industria 4.0 en Moto Mecánica Argentina y el punto de partida a partir del cual se ha ido implementando.

Una manera de analizar e intentar encontrar la correspondencia de cada dimensión de la TBL a las mejoras que ha implementado la organización podría ser, en primera instancia, listando todas las mejoras tecnológicas o propuestas innovadoras y luego realizar una clasificación en función del impacto que genera cada una de ellas relacionados con la sustentabilidad. El problema de esta metodología es que, al intentar hacer la correspondencia, quizás dejemos sin analizar muchos aspectos que comprende cada uno de los pilares de la sustentabilidad y que para la empresa aún no existe desarrollo alguno. A continuación, se intenta un acercamiento a los principales aspectos que se relacionan en las organizaciones con el aspecto ambiental, social y económico.

En el proceso de búsqueda e identificación de las diferentes dimensiones que compone la TBL, notaremos la superposición de estas dimensiones en varias de las tecnologías o prácticas aplicadas; incluso en muchas oportunidades se identificara o notara que alguna de ellas crece o mejora su desarrollo en contraposición de otra de las dimensiones. Por ejemplo, las inversiones relacionadas a seguridad, si bien generan un aspecto social y/o medio ambiental importante, producen en contraposición un efecto económicamente adverso. Siempre se busca un equilibrio entre las tres dimensiones.

Por ejemplo, al mencionar el enfoque ambiental de las organizaciones, se desprenden aspectos relacionados con la utilización de los recursos y cómo la empresa promueve su uso de manera eficiente; así como el comportamiento frente al reciclaje, a la reutilización de materiales; al rediseño de procesos para minimizar el uso de recursos naturales, a la sustitución de recursos no renovables por recursos renovables, y la adopción o incorporación de modelos de economía circular (Braccini & Marghe, 2018).

Las ventajas de la utilización de una economía circular son variadas, en primer lugar, las empresas que adoptan este sistema, dejan de lado el clásico sistema lineal que consiste en consumir materia prima – utilizarla para la fabricación y luego realizar la disposición (consume-produce-dispone). El concepto de economía circular se presentó originalmente en 2012, en el World Economic Forum, y consiste en intentar imitar la circularidad de los procesos biológicos, asegurando que las materias primas utilizadas en la producción de procesos y productos puedan ser recicladas al final del proceso, para introducirlas en el medio ambiente, o al menos reutilizarlas como materia prima para otro nuevo producto o proceso. El objetivo final de una economía circular, es en lo posible la eliminación de la emisión de residuos (Blériot, 2012); (Ruggieri, Braccini, Poconi, & Mosconi, 2016).

La dimensión social se refiere principalmente a la actitud que demuestra la organización para preservar y promover su capital humano y el de la comunidad de la que forma parte. Hay muchos aspectos que pueden identificarse en una organización y que determinan una tendencia a contribuir

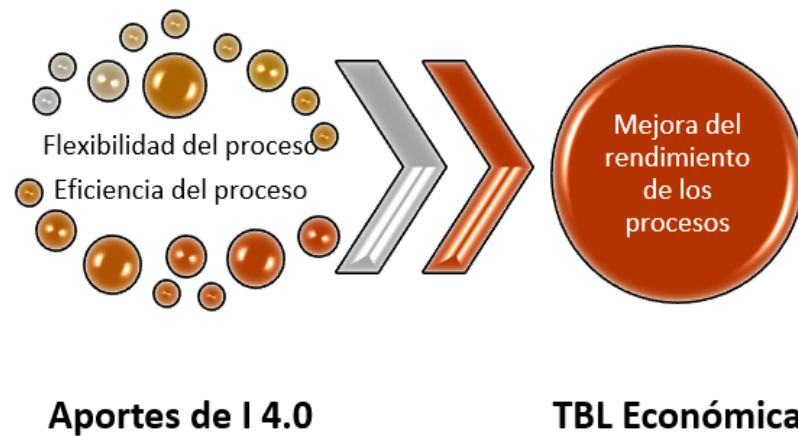
de manera sustentable-socialmente. Alguno de estos puntos son la satisfacción social, la integración social en comunidades, la solidaridad, la equidad y justicia en la distribución de bienes y servicios, y la igualdad de oportunidades en cuanto a la educación.

Finalmente, en cuanto al aspecto económico que debe desarrollar una empresa, esto se refiere básicamente al aspecto financiero, y se enfoca en la necesidad de una compañía para generar valor y equilibrar costos e ingresos en la producción y distribución de bienes y servicios. Los principales estudios que se realizaron sobre la aplicabilidad de la I4.0 y que generan valor en relación al aspecto económico, se relacionan a nuevas formas de mejorar la eficiencia y efectividad para desarrollar bienes, como así también la optimización de la cadena de producción. Esto trae aparejado ventajas como la reducción de inventarios, y la reducción de los tiempos de comercialización. El análisis de datos, la ingeniería de la información, tiene como punto principal, facilitar el análisis de información para la toma de decisiones, esto se ve reflejado directamente en mejoras económicas gracias al análisis predictivo que suele disminuir los eventos de calidad en los procesos de manufactura como de servicio.

Según la literatura que se encarga de estudiar la sustentabilidad de I 4.0 se pueden observar coincidencias en los aspectos mencionados que terminan favoreciendo unos u otros aspectos de la sustentabilidad. En las siguientes tablas se puede observar en forma resumida los puntos mencionados que han sido coincidentes en los desarrollos sobre el tema:

Figura 50

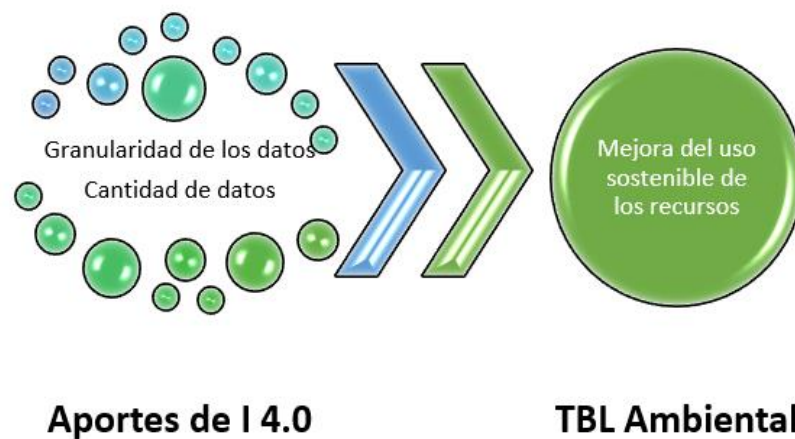
Aportes de la Industria 4.0 a la Economía.



Nota. En la Imagen se Mencionan los Principales Aspectos de la Industria 4.0, y la Contribución de los Mismos Referido al Área Económica. Adaptado de, Exploring Organizational Sustainability of Industry 4.0 under the Triple Bottom Line: The Case of a Manufacturing Company.

Figura 51

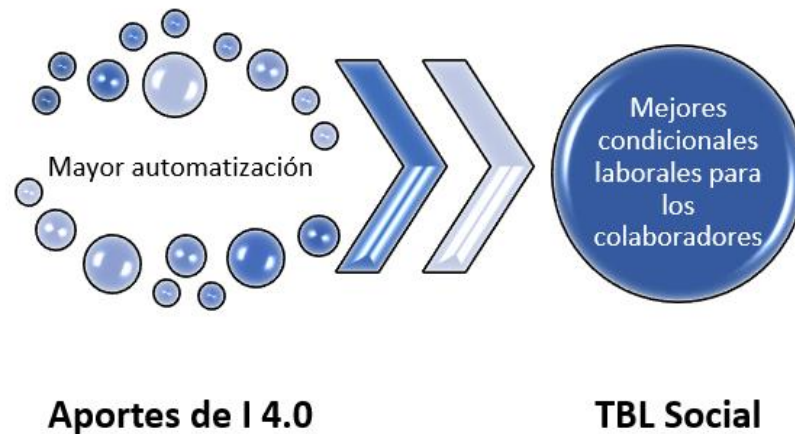
Aportes de la Industria 4.0 a la Ambiental.



Nota. En la Imagen se Mencionan los Principales Aspectos de la Industria 4.0, y la Contribución de los Mismos Referido al Área Ambiental. Adaptado de, Exploring Organizational Sustainability of Industry 4.0 under the Triple Bottom Line: The Case of a Manufacturing Company.

Figura 52

Aportes de la Industria 4.0 a la Social.



Nota. En la Imagen se Mencionan los Principales Aspectos de la Industria 4.0, y la Contribución de los Mismos Referido al Área Social. Adaptado de, Exploring Organizational Sustainability of Industry 4.0 under the Triple Bottom Line: The Case of a Manufacturing Company.

Todos los puntos listados anteriormente nos permitirán una clasificación acertada de las iniciativas que la empresa desarrolla en relación a la sustentabilidad.

Es importante destacar que el siguiente análisis tendrá como aspectos destacados los dos ejes fundamentales de la empresa, la manufactura, tanto de válvulas y como de cabezales de pozo, y los servicios de campo, que consiste en la instalación y mantenimiento preventivo en pozos.

En relación a la planta de manufactura, la empresa cuenta con una planta que cumple los más altos estándares de calidad. Mientras que para el área de servicios, el aspecto fundamental de la implementación de tecnologías, está relacionada a la optimización de procesos, seguridad del personal en campo, reducción de la emisión de gases y en la búsqueda constante de mejorar la rentabilidad y disminuir el TCO para los clientes.

Para definir el análisis que se realizara en este capítulo, y entendiendo que es muy complejo definir una aplicabilidad absoluta, se establecerá un gradiente de implementación para clasificar los puntos analizados. El gradiente de implementación se define de la siguiente manera:

- Adopción avanzada: aquellos casos en los que las tecnologías de innovación cumplen completamente con la necesidad específica del apartado mencionado.
- Adopción parcial: corresponde a los casos en que las medidas implementadas cumplen parcialmente lo enunciado o que dentro de la organización aún quedan grandes posibilidades de mejora referidos a este aspecto.
- Adopción nula: son los apartados en los que aún no se ha desarrollado ningún avance y se podrían generar oportunidades de implementación.

De esta manera, se busca clarificar el estatus y grado de implementación de la industria 4.0 para la compañía.

3.5.1 Sustentabilidad Económica en MMA:

A continuación, se desarrollará una serie de necesidades que pueden ser analizadas tanto desde el punto de vista del cliente como de la organización misma. Estas necesidades tienen un enfoque vinculado con la sustentabilidad y afectan directamente el aspecto económico. Lo que se busca es analizar cómo se está trabajando en función de la tecnología o metodología de la Industria 4.0 para abordarlas.

- **Satisfacción de necesidades no materiales;
incremento del valor y beneficio no tangible para el cliente.**

Los sistemas de servicios digitales son la clave para lograr satisfacer los aspectos requeridos por los clientes de MMA, estos servicios online que se pueden utilizar a través de dispositivos digitales, son capaces de generar valor.

El sistema diseñado por MMi (Moto Mecánica Innovación) denominado mSuite, permite monitorear de manera remota y en tiempo real la condición

operativa de un equipo a distancia. La posibilidad de identificar a corto plazo un desvío o alguna condición a corregir, sin tener que dirigirse físicamente a la locación en campo, beneficia de manera directa a los clientes de MMA, dando la posibilidad de optimizar sus tiempos operativos y trabajando a distancia.

Alguno de los principales beneficios intangibles que da a los usuarios esta plataforma son:

- a) Mejora en el proceso para la toma de decisiones, al contar con la información al instante y con certeza del problema registrado se puede programar de forma inmediata el plan de remediación, por lo que en pocos minutos se logra tomar una decisión para solucionar el problema.
- b) En caso de que el monitoreo lo realice directamente el departamento de MMi se incrementa la exactitud y respuesta al problema registrado, marcando una diferencia con competidores y por lo tanto, logrando una inclinación a la adquisición de equipos marca MMA.
- c) Se logra mantener un enfoque apropiado hacia el negocio, sin desvirtuar el aspecto fundamental que implica centrarse en la producción o eficiencia de los procesos. De otra manera, el operador de planta debería coordinar y derivar la revisión del problema a un recorridor de campo. Mas allá de la posible pérdida de producción de petróleo/gas que esto pudiera implicar por una identificación tardía del evento, la persona que realiza el primer control in-situ no siempre está calificada para la toma de decisiones o para la resolución del problema, lo que además del viaje en camioneta por caminos de yacimiento que puede implicar horas de manejo, se suma en algunos casos la incertidumbre de si se podrá o no resolver el problema en el lugar por diferentes motivos (falta de expertiz, herramientas, mala comunicación por mala señal, etc.).
- d) Incremento de la satisfacción del trabajo eliminando o reduciendo las tareas tediosas que no generan valor. Para el ejemplo presentado anteriormente se consideró que el programador o quien descubrió el inconveniente vía remoto coordino la movilización de un tercero

para su reparación. En muchos casos, esta tarea es realizada por el mismo programador, lo que demanda gran parte de su tiempo en la logística, programación y realización del viaje, en muchos casos cuando las condiciones climáticas son determinantes, se puede perder una jornada completa para lograr arribar al lugar, sin contar con los aspectos imponderables como pinchadura de cubierta, desperfectos mecánicos en el vehículo, limitaciones para llegar al lugar por crecida de ríos inesperadas, cruce repentino de animales que aumentan la posibilidad de accidentes etc.

Los beneficios intangibles de la aplicación de mSuite en este aspecto es sumamente importante para mantener y mejorar el negocio de nuestro cliente. Pero no solo tiene esa mejora económica, sino que la optimización de recursos dando tareas o enfoques apropiados para las tareas que fueron contratados.

- Viabilidad de negocio a futuro aplicando modelos de negocio disruptivos.

Economía colaborativa y modelos de negocio digitales. La globalización digital represento transformaciones socioculturales importantes, cambios de conciencia en la población, y la nueva aparición de patrones de consumo. Los dispositivos digitales y las tecnologías de internet han sido los motores de la economía colaborativa. Actualmente se pueden sumar las actividades realizadas bajo plataformas digitales con accesos a bienes y servicios. El compartir es una tendencia líder por parte de los consumidores de la economía digital, esto facilita la generación de sinergias entre todos los participantes involucrados en el proceso de compartir. Una economía colaborativa es capaz de mejorar la eficiencia de los recursos utilizados tanto en lo económico como en lo medioambiental, y tornándose como un aspecto fundamental en relación al consumo sostenible y responsable. Este tipo de economía sirve de cimientos para la sostenibilidad socioeconómica en conjunto, asegurando una cohesión social. Esto se pudo observar en la pandemia de COVID-19.

La característica fundamental de compartir en plataformas digitales está relacionado a la necesidad de generar reputación y confianza. La confianza se está convirtiendo lentamente en un capital intangible. La economía

colaborativa se transforma en un modelo innovador para la creación de productos, servicios y relaciones basadas en el consumo sostenible, se podría decir que es un concepto interdisciplinario que influye en la planificación urbana, turismo, tecnologías de la información y ciencia digital. Este tipo de economía promueve la disminución del impacto antropogénico negativo en el medio ambiente mediante la reducción del uso de los recursos naturales. Hoy, el desarrollo sostenible se ha convertido en parte de la estrategia de la marca corporativa.

La economía colaborativa utiliza los recursos ya puestos en circulación de manera eficiente desde el punto de vista económico como ambiental. El daño al ecosistema y al nivel de vida causado por la producción y consumo, conduce al agotamiento de recursos naturales y la contaminación del agua.

Algunos aspectos impulsados para fomentar este aspecto:

- a) Teletrabajo: a partir de la pandemia, MMA ha definido como metodología de trabajo para los sectores administrativos, realizar Homeoffice. Se redujo en un gran porcentaje el número de viajes a la planta de Loma Hermosa, aportando de esta manera, a la disminución del consumo de combustible, disminución en la emisión de monóxido de carbono, de horas de viaje desde el domicilio a la oficina y viceversa, exposición a riesgos por accidentes de tránsito etc..

Las reuniones que en algún momento fueron presenciales, han migrado a la modalidad virtual gracias al uso de plataformas como Google Meet, Teams etc.

- b) La reparación de cabezales, válvulas y arboles de producción, arboles de fractura, equipos especiales y sistemas de seguridad de superficie utilizados en la industria. Esta práctica genera una gran diferencia económica, debido al ahorro que implica la reparación y reutilización de productos existentes en contraposición con la adquisición de productos nuevos.

Las empresas operadoras están orientadas y buscando reducir la compra de productos nuevos incorporando en la medida de lo posible equipos

reparados que contribuyen al desarrollo de una economía circular y colaborativa.

- c) Otros modelos de negocio disruptivos que aún no se desarrollan o no se ponen en práctica son el uso de plataformas como Airbnb o blablacar, en petróleo. Quizás se podría pensar en algún modelo de plataforma de venta online del tipo mercado libre o amazon, en la que se puedan ofrecer productos básicos, recurrentes y de fácil alcance. C2C, B2C o B2B.

- **Viabilidad del negocio a largo plazo, definiendo una estrategia de negocios que involucre la implementación de la Industria 4.0.**

A partir del 2020, se desarrolla la división de Moto Mecánica Argentina orientada a la Innovación, donde las bases para el desarrollo de esta unidad fue la Industria 4.0. Con la creación de MMi (Moto Mecánica Innovación), se ve claramente la visión de la empresa a innovar, aplicar tecnologías y marcar una gran diferencia frente a los principales competidores directos de MMA.

Lanzamiento de la serie “m”. Desarrollo y estudio de mercado para lanzamiento de nueva línea de productos y servicios para G&P.

- **Resiliencia empresarial utilizando modelos de colaboración abierta (crowdsourcing) para convertirse en un pionero de innovación orientado al cliente.**

Desde la creación de la división MMi, se han desarrollado diferentes equipos y tecnologías que contribuyen a la optimización de procesos y productos basados en la industria 4.0.

Los modelos de colaboración abierta intraempresa, está relacionada a la colaboración de diferentes personas o equipos dentro de la misma organización. La clave de este modelo de colaboración abierta, es que diferentes departamentos se unen con el fin común de dar con nuevas ideas, servicios o productos.

Con respecto a esta modalidad de colaboración abierta utilizando tecnologías de innovación, se dio la relación perfecta entre esta nueva división de MMi con una rama de servicios dedicada a la fractura de pozos. Este tipo de relación fue la posibilidad de ensayar, probar y demostrar las ventajas de la incorporación de tecnologías desarrolladas en base a la I4.0, en equipos que serían utilizados directamente en pozos petroleros bajo el respaldo de la marca MMA. Esta simbiosis llevo a la creación de las siguientes tecnologías:

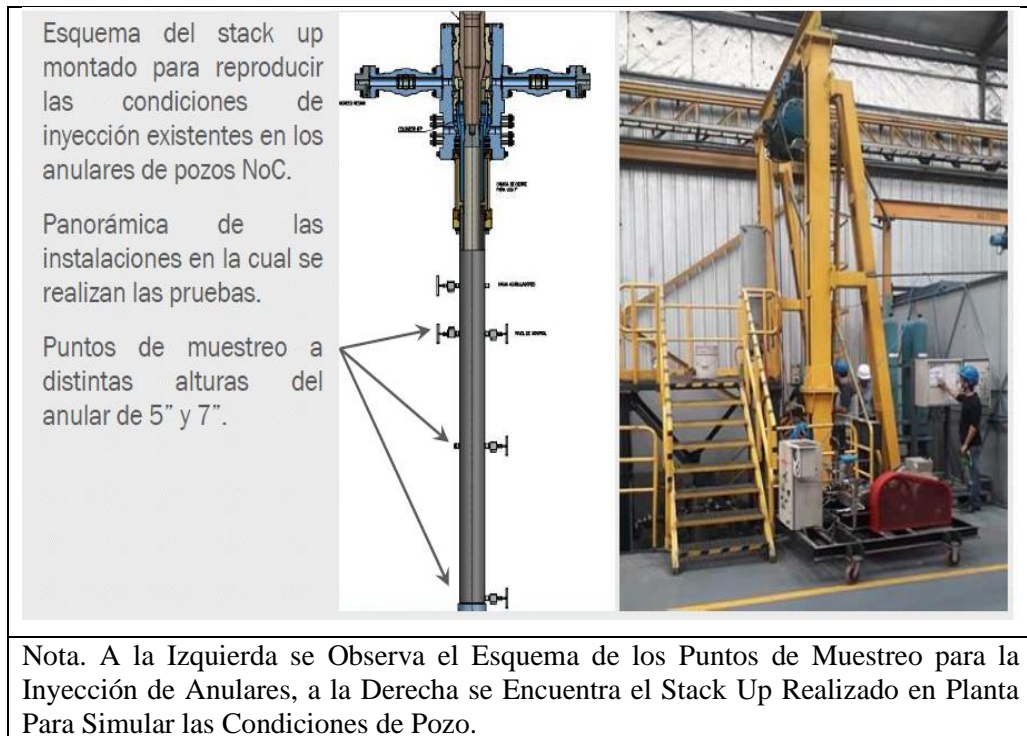
- a) mGrase: Permite el engrase de válvulas en paralelo y son monitoreadas por una consola.
- b) mLock: optimiza el tiempo de acople entre una unidad de wireline y un stack de fractura.
- c) mLine: optimiza el sistema de líneas para inyección de arena en fracturas, reduciendo las líneas y tornándolas más robustas y confiables.

La colaboración abierta entre diferentes empresas se está tornando cada vez más común; esta combinación puede darse entre empresas del mismo sector y rubro, o diferentes tipologías de empresas como por ejemplo startups, universidades o administraciones públicas.

En este sentido, MMA ha realizado un trabajo en conjunto con el sector de una empresa operadora, que se encarga de la investigación y desarrollo para la industria energética. El desarrollo se relacionó a la búsqueda de diferentes tipos de resinas y modos de aplicarla en campo para la remediación de cabezales de pozo.

Figura 53

Stack Up Para Reproducir Inyeccion de Anulares en Pozos de NOC.



Moto Mecánica Argentina busca el desarrollo de equipamientos y tecnologías para la resolución de problemas de diferentes clientes. La mayoría de las innovaciones surgen a partir de un requerimiento.

Parte del grupo de tecnologías desarrolladas para una colaboración abierta entre empresas son los siguientes:

- a) CNE: sistema de ciclado de pozos.
- b) mVap: sistema que actúa como estación meteorológica para la evaporación en piletas de litio (minería).
- c) mSafe: sistema de válvulas de seguridad actuado de manera remota.
- d) mWatch / mSuite:

Si bien para el trabajo y desarrollo de estas oportunidades que se llevaron a cabo, hubo muchos involucrados de diferentes áreas y compañías. El sector que lideró todos los desarrollos fue el área de ingeniería de MMi. Promover la participación interna a sectores técnicos operativos, promoviendo la interacción de diferentes áreas para dar solución a los problemas planteados por clientes, podría enriquecer las propuestas y soluciones otorgadas, sin contar con la motivación que generaría en quienes no acostumbran a formar

parte de estos desarrollos y que se involucrarían directamente para llevar adelante sus ideas.

- **Procesos de negocio operacionales más eficientes, gracias al uso de la industria 4.0 (big data, digitalización, inteligencia artificial, automatización de procesos, conectividad en tiempo real, fabricación aditiva).**

Prácticamente todos los desarrollos de MMi están relacionados a la optimización de procesos operativos para el cliente.

Uno de los casos más notorios en este aspecto es el equipo EHC o ciclador, que gracias a algoritmos matemáticos registra en función de la información adquirida de cada ciclo, cual es el momento más conveniente de apertura y cierre del pozo, para que se logre una producción optima. La información y registro de cada ciclo sirve como base para una nueva iteración y optimización; además de genera una base de datos del comportamiento del pozo a lo largo del tiempo.

Otro ejemplo en el que la conectividad y automatización simplifican las labores de los recorredores optimizando los procesos de control, está asociada al actuador desarrollado para la apertura y cierre de válvulas laterales de un cuarto de vuelta. No solo se puede operar a distancia desde una sala de control de manera remota, sino conocer el estado de la misma en todo momento.

El equipo mVap permite conocer las condiciones climáticas y como influyen minuto a minuto en la evaporación de agua para un salar de litio, además todas las variables registradas se pueden almacenar en la nube, generando una base de datos que optimiza el proceso de una minera de litio. La conectividad en tiempo real en si es para transmitir variables valiosas de cualquier tecnología o proceso.

El equipo mDAQ controla un gran número de variables para optimizar el proceso de monitoreo de un pozo, y además combinado con la telemetría en tiempo real a la plataforma mSuite, permite ver desde el celular los valores e

imágenes que adquiere el equipo de manera diaria, mejorando sin duda la toma efectiva de decisiones.

- **Elevar los estándares de calidad reduciendo las fallas en producción, como así también los retrabajos**

Todos los desarrollos descriptos tienen injerencia directa en la mejora de la calidad de los procesos. Siempre traen aparejados una mejora en la calidad del servicio, ya sea por la calidad de la información obtenida, como por la reducción de pasos innecesarios gracias a la automatización del proceso.

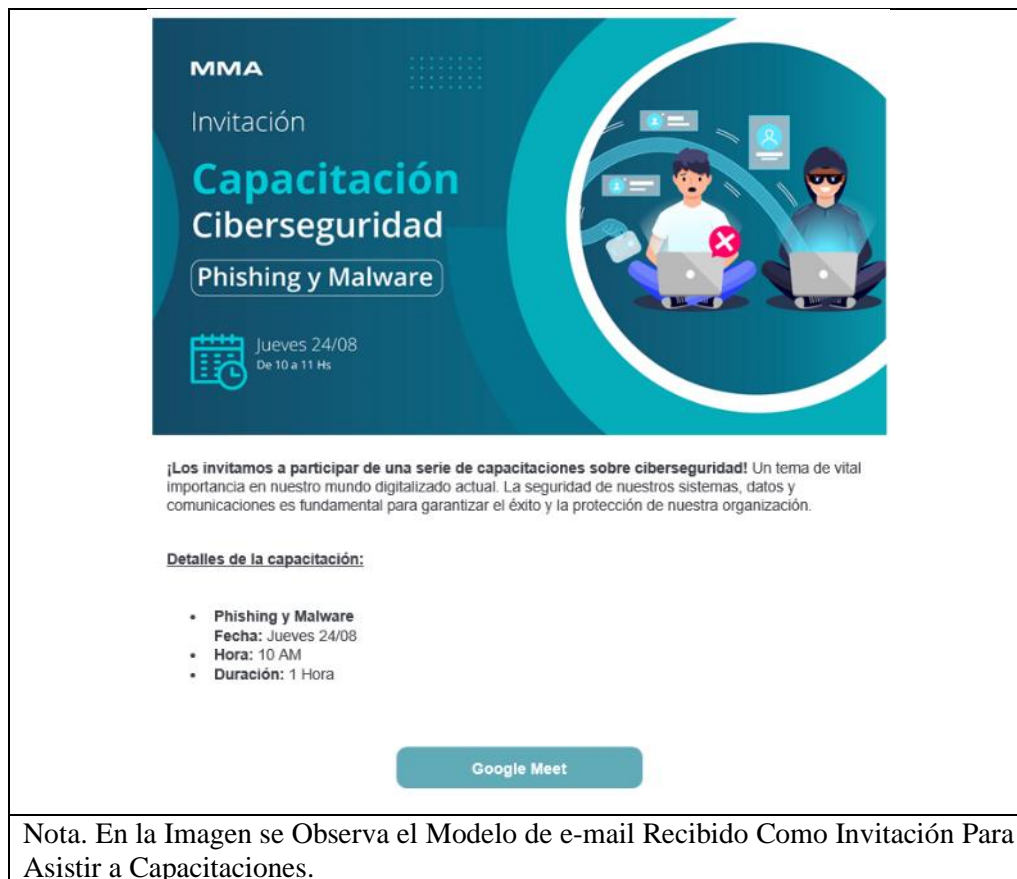
- **Protección contra actividades criminales que utilicen ciberataques.**

Las tecnologías desarrolladas que contemplan manejo de información del cliente cumplen con los más altos y estrictos estándares de calidad y confidencialidad para poder ser aplicados.

Con respecto a la organización en general, se implementaron mejoras en los sistemas comunes y transversales a la organización, como SaaS para SAP, antivirus, capacitaciones sobre phishing.

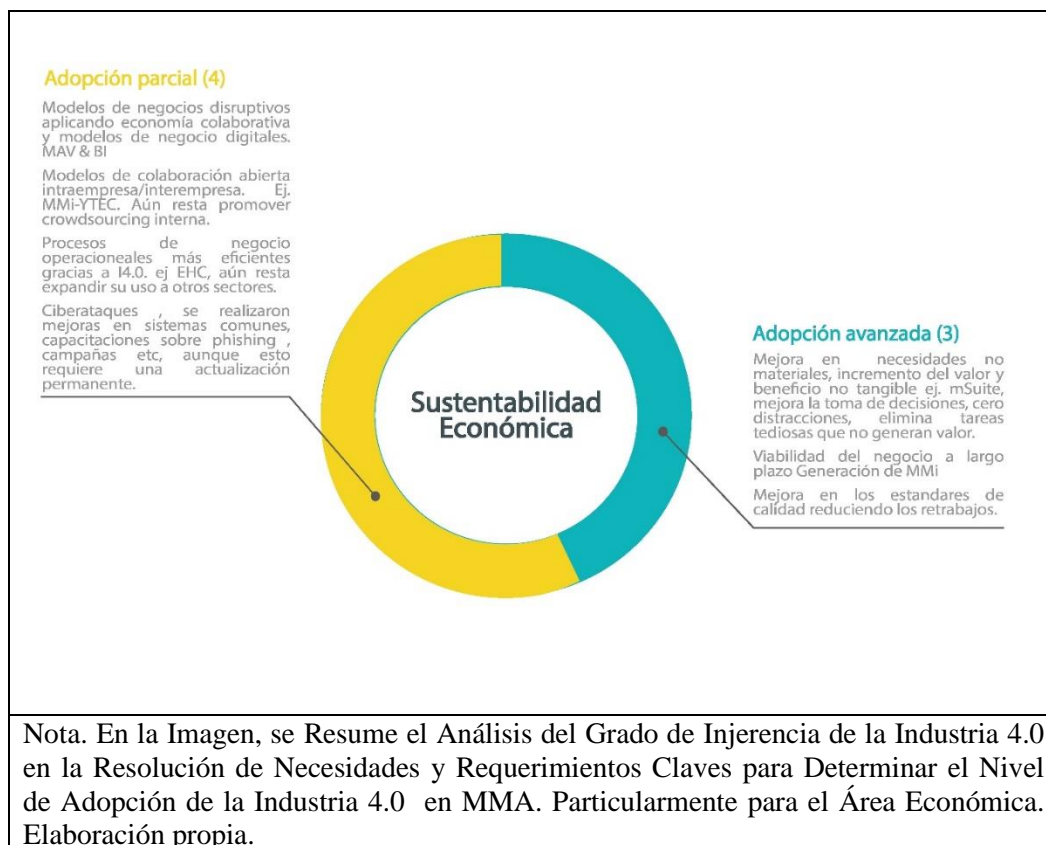
Este es un tema fundamental para ser considerado a futuro por la empresa, ya que la digitalización permanente de procesos requiere un programa de actualización q evite cualquier posibilidad de fuga de información.

Figura 54
Ejemplo de Invitación a Capacitación sobre Ciberseguridad - Phishing y Malware.



El análisis de la implementación de las tecnologías 4.0 para los aspectos analizados referidos al área económica, pueden resumirse de la siguiente manera:

Figura 55
Sustentabilidad Económica - Aplicabilidad de la Industria 4.0 en MMA.



3.5.2 Sustentabilidad Ambiental en MMA:

Tal como se desarrolló anteriormente para el aspecto económico, a continuación, se listarán diferentes tipos de necesidades/requerimientos referidos al área ambiental. Luego se desarrollarán las propuestas de MMi que utilizando la I4.0 contribuyen a minimizar o resolver estas necesidades ambientales. En algunos casos, las propuestas desarrolladas por MMi mostraran un gran aporte en este aspecto ambiental y en otros notaremos posibilidades de mejora y desarrollo.

- **Conciencia del consumo actual de energía monitoreando el consumo energético.**

El monitoreo del consumo energético es una manera de generar conciencia en los usuarios y de promover alternativas para contrarrestar el uso de combustibles fósiles.

Los reportes de sustentabilidad generados por la compañía, tienen como objetivo, mostrar cual es la emisión de CO2 en la empresa vinculado a

diferentes aspectos de los procesos de fabricación de productos y herramientas en planta, como los generados en los servicios de campo. Al poner de manifiesto la realidad de consumos, se comienzan a plantear y a enfocar diferentes propuestas para intentar generar materiales o soluciones que aporten a este aspecto.

En el desarrollo de los principales productos de la compañía se ven cuantificadas las reducciones logradas con respecto a emisiones de CO₂ o el aporte que implica su utilización referida a este aspecto.

El equipo mPower, desarrollado por MMi, busca soluciones energéticas limpias; se trata de una unidad generadora de energía eléctrica independiente que mediante el uso de energías renovables logra alimentar los equipos instalados en locaciones remotas.

El monitoreo, la automatización, la transmisión de variables y el control a distancia, permiten una notable reducción en consumo de energía fósil al evitar recorridos de campo de kilómetros.

Un tema destacable es que en 2020 se logró por primera vez cuantificar los consumos en agua, energía, efluentes y residuos producidos por unidad de peso de producto. Esto permitirá tomar acciones concretas para reducción de consumos futuro.

Para reforzar este logro tan importante, sería muy bueno que en la compañía se genere una política energética hacia un uso racional y eficiente de la energía. Un sistema de gestión de la energía representaría un paso hacia una planificación energética sustentable, buen uso de los recursos naturales, cuidado del ambiente e incorporación de fuentes de energía de baja emisión de carbono. El desarrollo de esta rama de análisis requerirá de herramientas tecnológicas capaces de cuantificar estas demandas.

- **Conciencia del consumo energético a futuro, se requiere predecir el consumo energético futuro. Las simulaciones y desarrollos digitales pueden predecirlo gracias a I4.0**

Aun no hay un método claro que se pueda aplicar de manera eficaz a todos los procesos, prototipos y productos vinculado a la conciencia del consumo energético futuro. Este podría ser un parámetro a analizar para futuros desarrollos, donde sea un tema a considerar desde la gestación de los prototipos y su impacto o injerencia en el consumo energético futuro.

- **Un uso más preciso de los recursos y materiales, mejorando la calidad y dosificación de los mismos.**

Enfocados en el aspecto ambiental, y con el fin de mejorar la calidad de los procesos, se desarrolló el análisis de la pintura utilizada para pintar los cabezales y válvulas entregadas a los clientes, encontrando una oportunidad de mejora en la sustitución del proceso de pintura de base epóxica con terminación poliuretánica a un esmalte sintético de secado rápido y única mano de aplicación, esto redujo el consumo de envases de pinturas y mejoro la calidad del producto terminado. Esto reduce el consumo energético por unidad pintada en un 20 %.

Otra muy buena práctica implementada en planta, estuvo relacionada a la gestión de fluidos de corte orientada a la minimización de la generación de efluentes líquidos peligrosos. Se logro incrementar la vida útil de aceite utilizado en los tornos CNC, fue un trabajo en conjunto con proveedores de aceite de refrigeración que mejoraron el proceso reduciendo el aceite desechado diariamente.

El uso de impresoras 3D como tecnología para prototipar y lograr la fabricación de piezas importantes también representa una manera de evitar desperdicio de horas de fabricación utilizando maquinas industriales.

- **Prevención de desperdicio, promoviendo la reutilización de materiales y el reciclaje. Utilización de la I 4.0 como facilitadora de una economía circular.**

La reparación y adecuación de cabezales recuperados, además de una ventaja económica para los clientes al adquirir un material reparado con las mismas prestaciones y ventajas de uno nuevo, permite lograr la reducción de

desperdicios y disposición de cabezales recuperados de abandono de pozos o recambio de secciones.

Esto representa un gran volumen de materiales en desuso que vuelven al ciclo productivo.

La I 4.0 está formando un papel cada vez más preponderante en la economía y la disposición de basura electrónica también es un aspecto a considerar, por ello se Implementó la iniciativa de recolección selectiva de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEEs) para incorporarlo a ciclos técnicos de la economía circular: reparación, reúso y valorización.

- **Desarrollo de producto sostenible gracias a una predicción del resultado del diseño.**

Para lograr una predicción del resultado final se debería utilizar además de los prototipos utilizando impresoras 3D, herramientas de simulación virtuales, o realidad virtual. No se cuenta con un desarrollo relacionado a este aspecto que sea capaz de lograr una predicción acabada de los posibles resultados de un producto y la afectación en el medio ambiente.

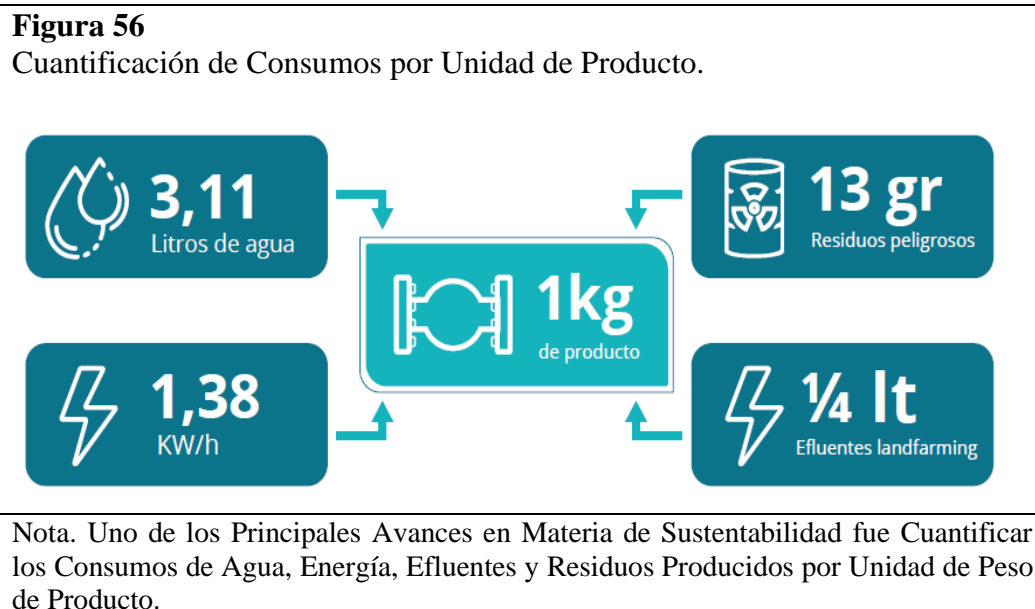
- **Servicios post-venta sostenibles, reduciendo viajes por servicios y mantenimientos innecesarios.**

La mayoría de los modelos y métodos de automatización requeridos por los clientes de la industria, están enfocados en evitar viajes innecesarios para actuar alguna válvula o controlar alguna variable específica. Dentro de los equipos desarrollados con mayor peso en este aspecto están los equipos mDAQ, EHC, mVap, que contribuyen en la reducción de miles de kilómetros por recorridas innecesarias a los pozos o minas de litio.

- **Crear de la sustentabilidad una fortaleza, haciendo que la sustentabilidad ambiental sea medible y cuantificable.**

Los reportes de sustentabilidad de la empresa están enfocados en cumplir este aspecto, muchas compañías multinacionales también emiten anualmente un reporte de sustentabilidad.

Recientemente se logró cuantificar el agua, energía, efluentes y residuos producidos por unidad de peso de producto:



Estos indicadores permiten establecer objetivos claros en materia de sustentabilidad

Adicionalmente a las mediciones logradas en la planta de Loma Hermosa, en el área de servicios de campo, se tienen estimaciones de las toneladas de CO₂/Kilometro evitables gracias a la automatización. (0,21 TON CO₂/KM).

Una oportunidad de análisis está en tomar los 7 desperdicios de LEAN (Sobreproducción, Tiempo de espera, Transporte, Exceso de Procesamiento, Inventario, Movimientos, Defectos) y cuantificar los ahorros de estos desperdicios gracias a la I 4.0, midiéndolos en unidades de equivalentes de emisión CO₂ evitado.

Figura 57

Los 7 Desperdicios de LEAN



Nota. En la Imagen se Puede Identificar los Principales Residuos de LEAN que Deberían ser Analizados Para Aportar una Mejora en la Sustentabilidad Ambiental. Tomado de, <https://businessmap.io/es/gestion-lean/valor-desperdicios/7-desperdicios-de-lean>

Considerando los primeros dos apartados de sustentabilidad ambiental, donde se menciona la conciencia en el consumo energético actual, futuro y la manera en que se podría monitorear o predecir; surge la oportunidad de complementar el servicio de reparación. Si cada vez que algún cliente, que repara un cabezal o válvula, recibe un informe en el que se cuantifique el ahorro energético que le representa la decisión de reparar en lugar de adquirir nuevos productos, se genera un beneficio y ventaja que los clientes pueden utilizar para el análisis de sustentabilidad anual.

- Reducción del uso de papel mediante la digitalización de procesos del negocio.

La mayoría de las aplicaciones y plataformas implementadas para la optimización de procesos administrativos tienen como ventaja adicional la reducción del uso de papel.

- a) BI – App para reporte y registro en campo (QHSE): Este sistema de tarjetas de observación preventiva, se realizaba antiguamente mediante tarjetas físicas, en la industria muchas compañías aun las utilizan. Actualmente la app utilizada en MMA elimina este inconveniente.
- b) BI – App para control y rendición de gastos: Esta es otra app que eliminó el uso innecesario de papel, la generación de reportes de

gastos se hace mediante la plataforma, evitando la impresión de documentos resumen donde había que listar los gastos incurridos.

- c) BI – App para realizar documentación de servicios: Evita la generación por triplicado de informes de campo, minutas de reunión, evaluaciones de desempeño y partes operativos. Actualmente los registros son completamente digitales y evita la producción innecesaria de documentos físicos. De las aplicaciones incorporadas recientemente, es la que más impacto ambiental ha generado.
- d) BI – Recibos de sueldo: Al igual que en casos anteriores se realizaba la entrega mensual de recibos de sueldo físico por duplicado, estos recibos tenían que firmarse y quedaba una copia en el legajo de cada colaborador, actualmente tanto los recibos como las solicitudes de vacaciones se manejan por sistema y de manera digital.

El análisis del grado de implementación de las tecnologías 4.0 para la resolución de las necesidades y requisitos del área ambiental, pueden resumirse de la siguiente manera:

Sustentabilidad Ambiental - Aplicabilidad de la Industria 4.0 en MMA.

Adopción nula (3)

Necesidad de utilización de tecnologías 4.0 para el monitoreo del consumo energético (actual) y para predecir el consumo energético futuro de los diseños ofertados.

Necesidad de indicadores para cuantificar el efecto de la sustentabilidad ambiental y huella de carbono.

Adopción avanzada (2)

Reducción de emisión de CO₂, gracias a monitoreo y accionamiento remoto.

Tecnologías para la optimización de recursos en planta (pintura).

Adopción parcial (3)

Se promueve la reducción de desperdicios, reutilización de productos, el desarrollo de producto predictivo mediante impresoras 3D y la reducción del uso de papel.

Aún resta extender estas acciones a diferentes unidades de negocio e incorporar herramientas de simulación virtual o realidad virtual.

Sustentabilidad Ambiental

Nota. En la Imagen, se Resume el Análisis del Grado de Injerencia de la Industria 4.0 en la Resolución de Necesidades y Requerimientos Claves para Determinar el Nivel de Adopción de la Industria 4.0 en MMA. Particularmente para el Área Ambiental. Elaboración propia.

3.5.3 Sustentabilidad Social en MMA:

Ya desarrollados los aspectos de sustentabilidad económica y ambiental, nuevamente se procede a listar los puntos relevantes asociados a necesidades y requerimientos, en esta ocasión, sociales, para el desarrollo de una empresa sustentable socialmente, y luego debajo de cada apartado se listarán los avances registrados de la compañía en los que muestra un acercamiento a cada necesidad social relacionado a la I 4.0.

- **Se requiere mejorar la seguridad en el trabajo implementando tecnologías asociadas a la I 4.0**

La necesidad de lograr un cambio en la seguridad de los colaboradores abrió una puerta a la automatización de procesos. La utilización de sensores y

tecnología para el reemplazo de mano de obra en trabajos peligrosos es muy importante en todas las industrias y particularmente en la del petróleo.

La mayoría de las implementaciones tecnológicas de MMi están orientadas en gran medida a reducir los riesgos de los trabajadores, a continuación, menciono las principales tecnologías que tienen un aporte e injerencia fundamental en este aspecto:

- mLock – Conector hidráulico remoto para operaciones de Wireline. El hecho de que se pueda manejar de manera remota evita la exposición del personal afectado y lo mantiene fuera del área o zona peligrosa, evitando posibles lesiones por colisión o aplastamiento
- mGrease: Sistema de optimización de engrase de válvulas. Permite el control de engrase de varias válvulas al mismo tiempo con un solo manifold de control, evitando la necesidad de instalar/desinstalar el sistema de engrase en las válvulas individualmente. Esto mantiene al operador alejado de la exposición a altas presiones de inyección de grasa y limita la necesidad de trabajar en altura para el conexionado de sistemas y mangueras de engrase.
- mWatch: Sistema de monitoreo en tiempo real. El monitoreo del estado de cada válvula de fractura en tiempo real (apertura y cierre) también contribuyen a mantener alejado al personal de la boca de pozo.
- mSand: Sistema automatizado de descarga de arena. Gracias al sistema de monitoreo a distancia se puede gestionar la apertura y cierre de válvulas de descarga, evitando la manipulación de operadores.
- mWeigh: Sistema de pesaje de arena. La ventaja que brinda este equipo para estimar el peso de arena que retorna de la fractura y poder contar con dicha información en la nube es invaluable, ya que, sin importar el horario, inclemencias climáticas etc, el sistema evita que un operador se arriesgue a cuantificar los metros cúbicos de arena que retorna del pozo.
- mDAQ (Equipo optimizador de monitoreo de pozos). Es una combinación de adquisición de datos de un pozo productor de petróleo/gas, que evitan en principio que recorredores realicen kilómetros de distancia en camioneta para verificar alguna variable específica, por otro lado, se pueden registrar posibles sabotajes a pozos

ubicados en zonas urbanas, evitando la exposición de saqueadores a alta tensión o condiciones desfavorables.

- mSafe: válvulas de seguridad que evitan fugas o pérdidas de petróleo si en el proceso de producción se produce alguna ruptura en el puente de producción. Estas válvulas se accionan automáticamente de manera rápida y segura, manteniendo el pozo cerrado y evitando la exposición de personal a la hora de tener que controlar un pozo.
- Monitoreo y control – mSuite. Los equipos descritos anteriormente tienen esa ventaja del monitoreo y control a distancia gracias a esta plataforma mSuite.
- mLine: reduce la necesidad de conectar metros de líneas de control en las fracturas. Disminuye las uniones q pueden presentar fugas.

Como se puede ver en el listado anterior, la mayoría de los desarrollos del área de innovación cuentan con aportes significativos al aspecto de seguridad en la operación y control de pozos petroleros.

Una gran oportunidad para aprovechar la I 4.0 en favor la seguridad industrial, seria implementar sistemas de monitoreo personal o sensorizar las zonas de interés para poder influir en aquellos riesgos latentes a los que los colaboradores están expuestos a diario por contar con un entorno laboral inseguro.

La compañía ENGIDI ha logrado mediante la implementación de un dispositivo colocado en el interior del casco medir la utilización correcta del equipo de protección personal, el estrés térmico, la altura a la que se encuentra el colaborador o el impacto de un golpe. Esta información puede transmitirse a una plataforma digital que en caso de emergencia puede reducir notablemente el tiempo de reacción de un servicio de asistencia médica.

Con la información adquirida se puede aplicar métodos de machine learning para adquirir patrones de comportamiento y modelos predictivos. Esta tecnología se puede extender a otros elementos de protección personal como chalecos, guantes etc. Actualmente se están utilizando en la industria portuaria, pero podría ser extensible a la industria del Oil and gas.

- **Se requiere mejorar la ergonomía física para reducir la carga de trabajo físico mediante la automatización de procesos.**

En este aspecto las tecnologías vinculadas tienen que ver exclusivamente con el accionamiento autónomo y/o remoto, de diferentes tipos de válvulas.

- El accionamiento autónomo de válvulas mediante un sistema de actuador, reduce la necesidad de que operadores se expongan y ejerzan fuerza para la apertura y cierre de válvulas. En muchas ocasiones se registraron fugas y pérdidas de fluidos a alta presión por manipulación inadecuada de estas válvulas, incluso utilizando prolongadores de palanca para ejercer más fuerza que terminan deteriorando el equipo, poniendo en riesgo al operario y provocando pérdidas de fluido.
- mSafe: es una válvula de seguridad actuada remotamente evitando que ante eventos repentinos de alta exposición un operador tenga que arriesgarse a manipular manualmente una válvula. La automatización evita este tipo de exposición y fatiga.

- **Se requiere mejorar la ergonomía cognitiva para reducir el estrés mediante la automatización de procesos.**

El uso de tecnologías puede contribuir a la disminución del estrés en el trabajo. Aún resta mucho por desarrollar relacionado a este aspecto, pero algunos puntos en los cuales puede marcar una diferencia son los siguientes:

- Gestión del tiempo: La mayoría de los sistemas digitales implementados para optimizar los procesos administrativos en MMA, están orientados a ayudar, organizar el tiempo y a priorizar tareas, lo que de alguna forma puede contribuir a reducir el estrés a sentirse con más control en el trabajo. Las aplicaciones implementadas que tienen un enfoque marcado en este aspecto son:
 - BI – Registro de horas y actividades de campo, que contribuye a la planificación y organización del personal.

- BI – App para realizar documentación de servicios, que acelera los tiempos del proceso de facturación de la empresa y elimina pasos tediosos de escaneo de documentos.
- BI – Planificación de proyectos, donde se pueden llevar los avances de los diferentes proyectos de la compañía
- BI -Tablero de control, q nuclea la información de diferentes fuentes y aplicaciones dando la posibilidad de ver en un tablero graficas que agilizan el análisis e interpretación de la información.
- Comunicación efectiva: las aplicaciones y herramientas tales como correo electrónico, videollamadas, mejora la comunicación entre diferentes sectores de la compañía, integrando a colaboradores de diferentes ubicaciones geográficas.
- Trabajo a distancia: otra ventaja de la implementación de tecnología es la posibilidad de realizar trabajo a distancia, ayudando a reducir el estrés al contar con la flexibilidad del teletrabajo o de contar con horarios flexibles. Esto no es posible para todos los puestos de la compañía, pero los sectores administrativos si lo están implementando.
- Automatizar el trabajo: Las herramientas desarrolladas buscan justamente evitar la exposición de tareas riesgosas de los empleados, permitiendo que focalicen su tiempo en otras herramientas más importantes. No existen muchas tareas repetitivas para automatizar, pero es uno de los fuertes de MMi la búsqueda constante de oportunidades de optimización en sectores del Oil & Gas que requieran mejoras de este tipo.
 - **Se desarrollarán nuevos puestos de empleo que se adapten a la incorporación de las tecnologías e industria 4.0.**

Por el momento no se han desarrollado puestos específicos de trabajo vinculados a la I4.0 en MMA en general, si en la división de MMi dedicada a la automatización. Pero es evidente que cada vez será más necesario desarrollar planes de carrera y búsquedas enfocadas a este tipo de perfiles en los que

predomine un manejo de las tecnologías y en que se cuente con habilidades básicas de programación.

- **Cambio de trabajos manuales y repetitivos por otro tipo de trabajo que implique mayor creatividad al trabajar.**

El uso de la automatización para ciertas tareas busca aprovechar a los diferentes perfiles de colaboradores para que desarrollen sus cualidades creativas focalizándose en aspectos más complejos de la cadena productiva y dejando las tareas monótonas y repetitivas para la automatización y la IA.

Hay muchos paradigmas referidos al hecho de que la mano de obra no calificada puede ser desplazada por la automatización y quedaría mucho personal desempleado, sin embargo, lejos de ser esta la ventaja de la implementación de I 4.0, la gran ventaja y motivación para su implementación es la posibilidad de aprovechar el ingenio y creatividad en la optimización de procesos, tareas, y apertura/desarrollo de diferentes oportunidades.

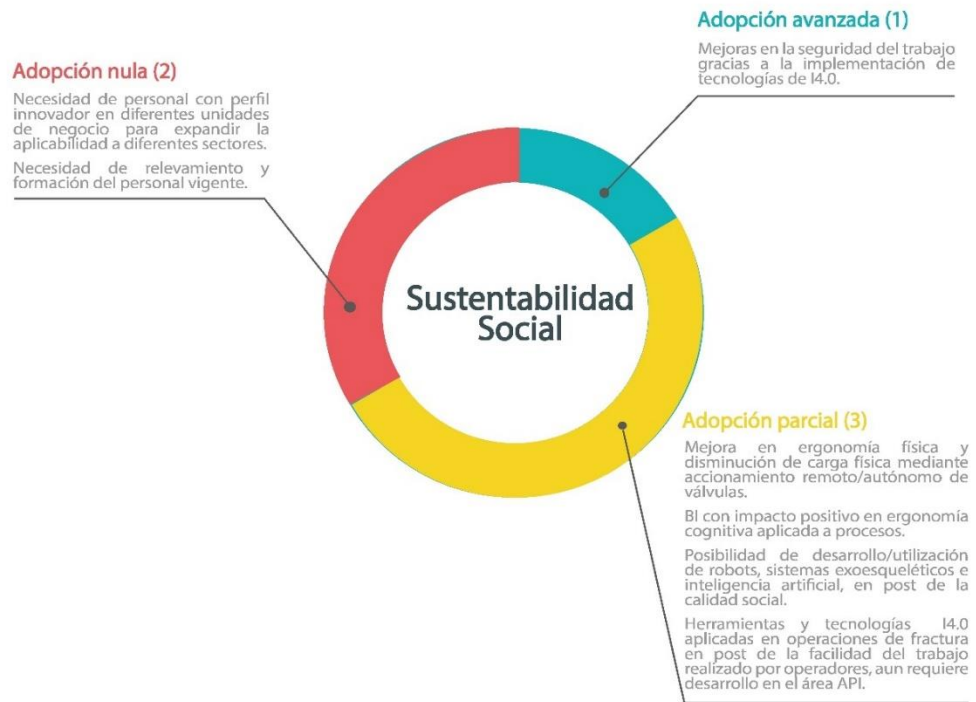
- **Calificación y formación de empleados en las nuevas habilidades relacionadas con la I 4.0.**

Este es un aspecto que no está desarrollado claramente en MMA, no solo referido a I 4.0, sino que no hay una clasificación y evaluación de perfiles en ninguna rama de desarrollo dentro de la organización.

La evaluación y calificación de personal clave en la compañía es una oportunidad que se está desaprovechando. Muchos perfiles con alto potencial de desarrollo en el ámbito de la I4.0 u otros, están siendo desaprovechados por no contar con políticas claras relacionadas a evaluación/formación de perfiles de trabajo.

El análisis del grado de implementación de las tecnologías 4.0 para la resolución de las necesidades y requisitos del área social, se pueden resumir de la siguiente manera:

Sustentabilidad Social - Aplicabilidad de la Industria 4.0 en MMA.



Nota. En la Imagen, se Resume el Análisis del Grado de Injerencia de la Industria 4.0 en la Resolución de Necesidades y Requerimientos Claves para Determinar el Nivel de Adopción de la Industria 4.0 en MMA. Particularmente para el Área Social. Elaboración Propia.

2. Recomendaciones y proyección

Con qué nivel de confianza

Cada vez es más claro que el aspecto sustentable de una compañía es un pilar fundamental para el desarrollo de la organización, este se extiende incluso más allá de la empresa y afecta directamente a la sociedad circundante. Uno de los inconvenientes fundamentales a la hora de medir la aplicabilidad de la Industria 4.0 en una empresa y su aporte en el ámbito sustentable, está vinculado a la falta de sistemas o KPIs para medir el potencial aporte de la Industria 4.0 en relación a la creación de valor económico, social y medioambiental.

Para el área económica hay varias acciones que podrían, de manera directa o indirecta, mejorar este aspecto.

La transformación que impulsa la Industria 4.0, no solo abarca a la producción de bienes y/o servicios, sino a toda la cadena de valor, es decir la gestión empresarial, las relaciones con nuestros clientes y a su vez la relación con nuestros proveedores. El cambio en sí implica cambios en los modelos de negocios.

En relación a esto, así como nuestros principales clientes, presentan anualmente informes de sustentabilidad, código de ética y conducta y sus principales proveedores deben alinearse a estas conductas. Moto Mecánica Argentina podría intentar estratégicamente, alinearse a estas prácticas y plantear como requisito a sus proveedores principales avocados al servicio, cumplir metas específicas de sustentabilidad e innovación. Esto requiere un trabajo de desarrollo y acompañamiento por parte del área de proveedores y compras.

La aplicación de las tecnologías de innovación en diferentes industrias y procesos, en general no suele ser total, en muchos casos se trata de reconversiones que suelen llevarse a cabo como una modernización de procesos o de equipamientos. Sin embargo, la incorporación de tecnologías de la Industria 4.0, puede enriquecer el modelo de negocio de una empresa y al mismo tiempo, para quienes proveen las tecnologías innovadoras, se genera

una oportunidad de desarrollo relacionada a los servicios de posventa y mantenimiento. La capacidad de recopilar y exportar datos permite brindar nuevas soluciones a clientes a partir de su análisis.

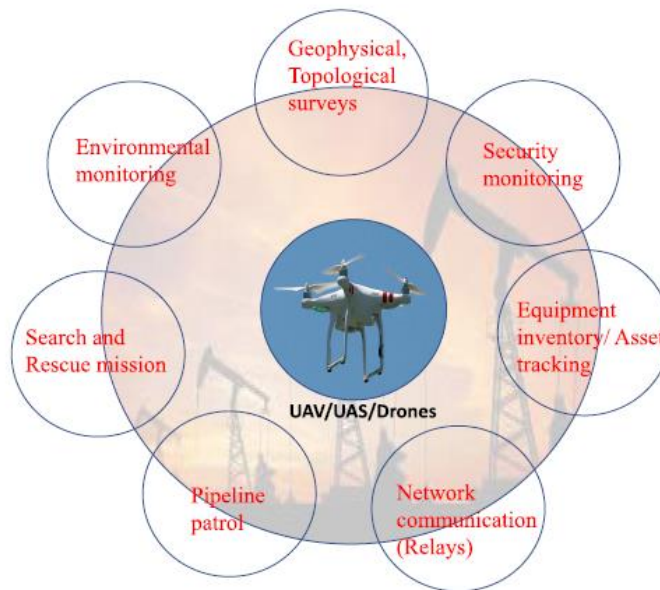
Ligado al punto anterior, algo que surgió del análisis FODA y que tiene vital importancia es la revisión del manejo de la información. La información es fundamental para mantener la estabilidad de una empresa, y el manejo de datos adquiridos debe estar regulado y resguardado. La confiabilidad respecto a este aspecto puede ser un valor agregado a la hora de proponer negocios relacionados al manejo de información y datos.

Una modalidad de negocio que funciona muy bien en Alemania y que podría adaptarse a la empresa es lo que llaman “Mittelstand”; empresas con pocos empleados, hiperespecializadas, y que destinan la mayoría de su producción a la exportación; el principal objetivo de estas empresas es asegurar el liderazgo de los desarrollos que impulsan en el mercado, y para ello invierten gran parte de sus beneficios en I+D.

La automatización en la industria trae ventajas significativas en la reducción de costos, mantenimiento, disminución de errores y tiempos de respuesta, aumento de la productividad etc.. Dentro de los modelos de automatización que podría desarrollarse en MMA, están aquellos que mediante drones/vehículos aéreos no tripulados, se proporciona seguridad y eficiencia. A través de drones se pueden realizar inspección de oleoductos/gasoductos, afloramientos de campos maduros, inconvenientes de redes eléctricas, esta aplicación puede ser utilizada como un sistema o método de complemento para las tecnologías de vigilancia actualmente vigentes.

Figura 60

Aplicación de Drones en la Industria del Petróleo.



Nota. En la Imagen se Observan las Diferentes Aplicaciones de Drones en la Industria. [Infografía]. Tomado de, Survey on Industry 4.0 for Oil and Gas Industry: Upstream Sector, (p.14), Olakunle Elijah 1, (Member, IEEE), Pang Ai Ling 2, Sharul Kamal Abdul Rahim 1, (Senior Member, IEEE), Tan Kim Geok3, (Senior Member, IEEE), Agus Arsad 2, Evizal Abdul Kadir 4, (Member, IEEE), Muslim Abdurrahman5, Radzuan Junin6, Augustine Agi6, And Mohammad Yasin Abdulfatah7, 2021, IEEE ACCESS DOI 10.1109/ACCESS.2021.3121302.

El estudio del área medioambiental, sirvió para considerar y revisar aspectos puntuales de la Industria 4.0 que tienen una relación sustentable y que por el momento no se están considerando o necesitan un mayor desarrollo.

El primero surge a partir del análisis de la necesidad y requerimiento ligada a la conciencia del consumo actual de energía y el monitoreo de consumo energético; relacionado a esto, se identifica la posibilidad de aplicar una política de uso racional y eficiente de la energía.

El segundo aspecto de mejora, se desprende de analizar la conciencia del consumo energético a futuro y la manera en que podría predecirse, en este sentido se puede contemplar como oportunidad, la posibilidad de predecir en la gestación de nuevos prototipos, el consumo energético futuro, tanto aquel que demande el prototipo en su fabricación, como la posible demanda energética al utilizarlo.

El consorcio H2ar es un espacio de trabajo colaborativo para las empresas argentinas interesadas en formar parte de la cadena de valor del hidrogeno en Argentina. Este es un aspecto que en el país aún le resta mucho por desarrollar y una participación temprana puede servir para adelantarse a la identificación de oportunidades innovadoras que beneficien tanto económicamente como sustentablemente a la compañía.

El tercero de los aspectos de mejora, surge de analizar qué tan probable sería el desarrollo de productos sostenibles gracias a la posibilidad de predecir el resultado del diseño; en este aspecto habría una oportunidad de implementar tecnologías de simulación virtual o de realidad virtual que complementen el aporte de impresoras 3D.

Finalmente, el cuarto aspecto de mejora nace de revisar el apartado que menciona la importancia de hacer de la sustentabilidad una fortaleza, logrando que esta sustentabilidad medioambiental sea medible y cuantificable. Una acción que aportaría a la evaluación del estado en que la empresa se encuentra relacionada al medioambiente es el análisis y cuantificación de los 7 desperdicios de LEAN, (sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesamiento, inventario, movimientos, defectos). Una vez identificados y cuantificados se puede realizar un plan de trabajo para disminuirlos y cuantificar los ahorros de estos desperdicios gracias a las tecnologías I 4.0 aplicadas. Estos desperdicios se deberían convertir a unidades equivalentes de emisión de CO2. Otro aporte relacionado a este punto, podría ser la entrega de reportes de ahorro de emisiones de CO2 en las reparaciones, como en la actualización o reporte de seguimiento de las tecnologías de MMi instaladas y aplicadas a cada servicio de campo; haciendo esto, se puede ver claramente el aporte adicional que implica no solo la reparación de equipos en lugar de adquirir nuevos sino el uso de las tecnologías de innovación propuestas por la compañía. Es un aporte claro al análisis de sustentabilidad que realizaran los clientes al finalizar cada año.

Un avance importante fue cuantificar el consumo energético relacionado a 1 KG de material producido, pero este debería ser el enfoque relacionado a las mejoras y optimización implementadas gracias a los procesos de desarrollos

innovadores. Los clientes ya buscan esta cuantificación como parte de sus KPIs.

Las propuestas que se puedan realizar para mejorar un aspecto específico de la sustentabilidad, seguramente tendrán una repercusión en las demás áreas. El aspecto Social es el motor para que las mejoras impulsen un cambio y desarrollo sostenible utilizando la industria 4.0.

La participación de todos los niveles de la compañía para la resolución de temas o desafíos específicos (Crowdsourcing) puede ser una gran oportunidad para potenciar el desarrollo de los miembros de la organización en diferentes niveles. Mientras más gente se involucre, mayor será el abanico de posibles soluciones y alternativas.

El sistema de integración podría tener diferentes enfoques, uno podría orientarse a la búsqueda de soluciones que involucren desarrollos de la Industria 4.0 para promover la resolución de algún problema planteado por nuestros clientes, pero también podrían plantearse temáticas generales dentro del enfoque de la sustentabilidad. Por ejemplo, incentivar la inventiva y búsqueda de soluciones asociadas a economía circular, innovaciones que generen valor en la sociedad o al medio ambiente.

El alentar a la creación de equipos interdisciplinarios que tengan diferentes enfoques que aporten valor, podrían posicionar a MMA como una empresa de vanguardia en la promoción del desarrollo sustentable. Se pueden aprovechar y desarrollar muchas ideas a partir de propuestas presentadas por personal de rangos y posiciones más operativas que jerárquicas. Esto se puede impulsar generando concursos o incentivos a quienes se alineen a los objetivos empresariales.

Un claro ejemplo de que esto es factible, fue el desarrollo del proyecto para la optimización de un vivero en Mendoza “mCrop”. Esta fue una innovación local para la optimización y automatización de sistemas de ventilación/calefacción en un vivero regional. El desarrollo fue realizado por un operador de campo, que, motivado por la posibilidad de implementar soluciones innovadoras, encontró la oportunidad y llevo a cabo este proyecto.

Un punto que puede motivar el apoyo de estas prácticas por parte de rangos jerárquicos, es la inclusión de objetivos anuales de sustentabilidad e innovación I4.0 en los objetivos específicos anuales. Esto hará que quienes ocupan estos cargos sirvan de sponsor para el estudio y fomentación de proyectos de este tipo.

Con respecto al factor humano, hay dos aspectos que podrían considerarse como oportunidades de mejora. El primero relacionado a nuevas contrataciones y la manera de abordarlas, y el segundo para el desarrollo y promoción del personal de planta.

En el primero de los aspectos, el acercamiento a universidades y colegios técnicos locales contribuirán a la integración de la empresa como una parte de la sociedad donde este instalada. Actualmente los puestos laborales se dejan en consideración de la búsqueda de referentes locales o de una consultora que busca perfiles de personal experimentado que pueda desarrollar la tarea. No esta instaurada la búsqueda, promoción y formación de estudiantes recién egresados. De esta forma no solo se pierde el vínculo con la comunidad, sino que la posibilidad de generar ese espíritu de pertenencia que suele caracterizar a los nuevos ingresos sin experiencia previa. Adicionalmente, se debería prever en las futuras contrataciones de personal, sin importar el área a desarrollar, aptitudes asociadas al manejo de tecnologías, el enfoque de esta búsqueda es clave para que sin importar el área donde se implemente una mejora de innovación, podremos contar con piezas clave del equipo que sean capaz de promoverlas y desarrollarlas.

Relacionado al personal de planta, la identificación, relevamiento y promoción de personal con aptitudes o capacidades adecuadas para liderar proyectos de innovación deberían ser captados y motivados a liderar este tipo de proyectos. De esta manera se aprovecha el conocimiento de la organización y al mismo tiempo se promueve el capital humano que este enfocado en este tipo de prácticas.

En definitiva, cualquiera sea el caso a considerar, se requiere un plan de carrera y formación profesional vinculado a las nuevas tecnologías de innovación.

Ligado a esto, sería bueno analizar la factibilidad de crear un departamento de innovación interno que nucleee tres áreas aun no explotadas completamente:

- **Innovación y tecnologías al servicio del sector operativo de campo**, en el que se busque aplicar tecnología no solo para optimizar nuestros procedimientos y procesos rutinarios, sino nuestras herramientas, de manera de facilitar mediante tecnología las tareas a desarrollar. Esto optimizaría tiempos y haría las tareas de campo más eficientes. Ej. Verificación de asentamiento de colgador mandrell mediante un sensor instalado en el cabezal.
- **Innovación aplicada y al servicio del área comercial**. Utilizando big data y procesamiento de datos, darle la posibilidad al sector comercial de tener alertas referidas a las diferentes novedades, minuto a minuto, que estén referidas a los principales clientes. No solo información pública, sino información específica de los monitoreos u operaciones internas. De esta forma, cualquier comercial podrá acceder de manera simple a información clave que pueda requerir o aprovechar al llevar una reunión con el cliente o que puede utilizar para brindar un mejor servicio de asistencia. Por ejemplo, alerta sobre servicios críticos realizados en diferentes yacimientos, entrega en tiempo real de materiales en almacenes, novedades o resúmenes ejecutivos de monitoreos llevados a cabo por los sistemas de telemetría mSuite.
- **Innovación aplicada, y al servicio del área de QHSE**. Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT) cada año se producen 2,78 millones de muertes relacionadas con el trabajo. Mas allá del sufrimiento que esto provoca en los trabajadores y sus familias, los costos económicos relacionados suelen ser enormes, alcanzando el 3.94 % PIB mundial. Gran parte de estas tragedias podrían evitarse al adoptar métodos racionales de prevención, notificación e inspección. (OIT, 2024).

Algunas propuestas que se podrían analizar para implementar al respecto son:

- 1- Utilización de sensores especiales en equipos de protección personal (EPP). Mediante su utilización se podría generar una base de datos que estudie el aspecto comportamental de nuestros colaboradores. Esto permitiría armar un mapa de riesgo para prevenir accidentes y hacer nuestras operaciones más eficientes y seguras. Así como alertaría sobre el uso o no del EPP, que, contrastado con el seguimiento de las tareas desarrolladas bajo la app implementada, se podría entender si existe exposición al riesgo en operaciones de campo.
- 2- Actualización del sistema de monitoreo satelital para vehículos. El sistema instalado y que es común para todas las compañías de servicio, sirve para recibir alertas en la cabina del vehículo si excedemos cierta velocidad, nos notifica o alerta si hacemos frenadas bruscas o giros a gran velocidad y entrega reportes para analizar la conducta de manejo. Si bien es muy útil, hay versiones que identifican los cambios del conductor monitoreando los datos biométricos, alertas de distancia con respecto a otro vehículo, registro de vibraciones que alertan sobre la manera de conducir en terrenos complejos. Esto podría afectar directamente al aspecto comportamental de nuestros conductores.

Las propuestas de innovación interna, no están pensadas para optimizar procesos o desarrollar soluciones particulares de nuestros clientes, sino que tiene un enfoque orientado a facilitar las actividades de nuestros colaboradores. Es la aplicabilidad de la Industria 4.0 al servicio de los miembros de la organización. Esto no es ni más ni menos la visión que predomina en lo que se considera Industria 5.0.

Según la Unión Europea, el concepto de Industria 5.0 , ofrece una visión de la industria diferente, en el que la industria, específicamente la investigación y la innovación, pasa a estar al servicio de la sociedad, situando el bienestar del trabajador en el centro del proceso productivo. La clave y estrategia centrada en el ser humano debe promover, el talento, la diversidad y la capacitación. Conocer este enfoque en el proceso de transformación y de adaptación de la empresa a la Industria 4.0, es muy útil para entender y poder

adelantar los esfuerzos hacia los pilares de este nuevo paradigma (Carbajosa A. , 2017).

3. Conclusiones

Gran parte de las tecnologías vinculadas a la Industria 4.0 tienen aplicabilidad en diferentes industrias, y con diferentes grados de implementación. Si analizamos individualmente las tecnologías mencionadas en el marco teórico, se puede notar que los sistemas ciberfísicos, la inteligencia artificial, blockchain y big data son tecnologías que aún no tienen un desarrollo o que aún no fueron aplicadas en MMA ni en la mayoría de las empresas argentinas.

El estudio realizado sobre los avances de la industria 4.0 a nivel mundial, deja en claro que el grado de aplicabilidad de la industria 4.0 para una organización, no es ajeno al entorno donde se encuentra ubicada. El avance en la adaptación de las tecnologías 4.0, difiere notablemente en países avanzados como Alemania, EEUU, y China, de los principales países en desarrollo de Latinoamérica como México, Brasil y Argentina.

Alemania, Estados Unidos y China, son los países líderes en cuanto a desarrollo industrial y utilización de tecnologías 4.0; los programas de desarrollo han sido impulsados tanto por el sector privado como por el sector público. Gracias a la intervención estatal se impulsaron muchos desarrollos, destinando recursos, promoviendo políticas de promoción de la I 4.0, y generando marcos regulatorios para la promoción de la industria científico-tecnológica. Otro aspecto destacado fue la generación de redes de colaboración científico-tecnológica para áreas industriales específicas, en las que participaron universidades, PYMES, el estado, empresas y centros de investigación.

En Latinoamérica, los países con mayores perspectivas respecto al avance de las tecnologías 4.0, son Brasil, México y Argentina; donde la suma del PBI de las tres naciones representa el 60% del PBI regional y son los que tienen mayor inversión en I+D para la región.

De todas maneras, al comparar el porcentaje de PBI en I+D para los países más avanzados y los países latinoamericanos en desarrollo, se ve claramente la diferencia de inversión estatal para el apoyo de estas tecnologías.

Figura 61

Porcentaje del PBI Destinado a I+D Por País.



Nota. En la Imagen se Puede Observar Comparativamente, el Porcentaje del PBI que los Países Líderes del Mundo (Alemania, Estados Unidos y China) Destinan a I+D, en Comparación con los Países Líderes de Latinoamérica en Desarrollo. Información Tomada de, La Industria 4.0 en perspectiva latinoamericana: limitaciones, oportunidades y desafíos para su desarrollo, Patricio Julián Feldman, Ulises Girolimo, 2021, DOI: 10.18294/rppp.2021.3645, Revista Perspectivas de Políticas Públicas Vol. 10 N°20 (enero-junio 2021) ISSN 1853-9254. Elaboración propia.

La adopción de la industria 4.0, en Argentina, en general se considera limitada, porque se aplica en una o pocas áreas o procesos; lo que sucede es que en general se utilizan algunas de las funciones o ventajas que ofrecen estas tecnologías, pero por diferentes motivos, que van desde la conectividad, necesidad de inversiones adicionales o competencias del personal contratado, solo se pueden aprovechar pocas funciones.

En términos generales, la evaluación de los beneficios económicos relacionados a esta industria han sido un pilar fundamental para su aplicación. Lo que se espera de la Industria 4.0, es que sea capaz de transformar la producción industrial y a la sociedad, logrando un equilibrio entre los resultados económicos y la ecología, con una disminución de impactos ambientales y el cumplimiento de las expectativas sociales al respecto (Müller, Kiel, & Voigt, 2018).

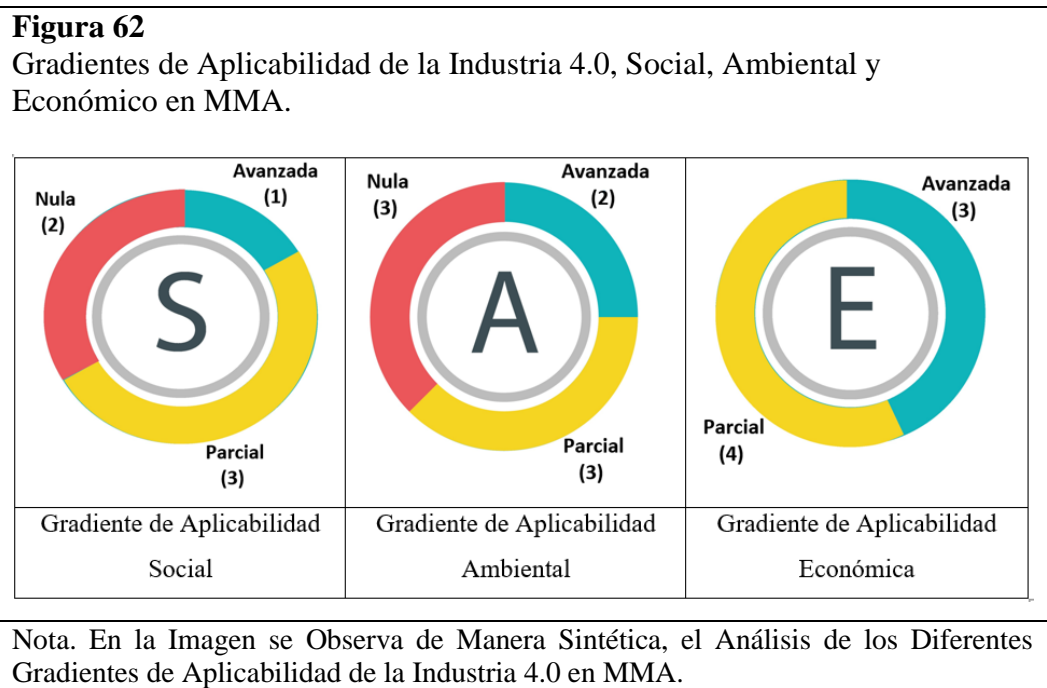
La mayoría de los estudios científicos realizados sobre la Industria 4.0, tienen un enfoque o perspectiva técnica en lugar de una visión asociada al triple balance o (Triple Bottom Line) que integra el aspecto económico, ambiental y social. La integración de las tres dimensiones, es fundamental para lograr el éxito en la implementación tecnológica y la difusión de su adopción con respecto a los beneficios sustentables que ella implica; es por ello que el análisis sobre la empresa tiene como foco la implementación de las tecnologías y su injerencia relacionada a la TBL.

El artículo Sustainable Enterprise Design 4.0 - Addressing Industry 4.0 Technologies from the perspective of Sustainability (Cochran & Rauch, 2021) que se utilizó como referencia para ver el grado de aplicabilidad en la empresa, plantea una serie de necesidades que tienen un enfoque vinculado con la sustentabilidad. Estas necesidades están directamente relacionadas al aspecto económico, ambiental y social de la empresa o de los clientes, y se plantean los posibles aportes que la Industria 4.0 podría realizar para suplirlas. En este trabajo, se evaluaron las tecnologías desarrolladas o implementadas en MMA, y el grado en que su implementación suple las necesidades planteadas.

Como resultado del análisis realizado en base al aspecto económico, se concluye que de siete (7) necesidades planteadas, la Industria 4.0 aplicada en MMA, fue capaz de suplir completamente tres (3) de ellas, quedando cuatro (4) aspectos parcialmente cubiertos y con probabilidad de mejora.

En el área ambiental, dos (2) necesidades se cubren completamente, tres (3) tienen un tratamiento parcial y tres (3) aspectos no han sido resueltos o mejorados por la industria 4.0.

Finalmente, de los 6 aspectos analizados referidos al ámbito social, solo uno (1) ha sido superado gracias a las tecnologías innovadoras aplicadas, mientras que tres (3) fueron parcialmente resueltos y dos (2) deben desarrollarse.



El aspecto económico claramente fue el que más se logró cubrir por las tecnologías 4.0 implementadas en MMA. Los puntos sobresalientes están relacionados a:

- i. Satisfacción en las necesidades no materiales, incremento del valor y beneficio no tangible para el cliente. ej. mSuite
- ii. Viabilidad del negocio a largo plazo, definiendo una estrategia de negocios que involucre la implementación de la Industria 4.0.
- iii. Elevar los estándares de calidad reduciendo las fallas en producción, como así también los retrabajos

Mientras que los aspectos con una adopción parcial de la Industria 4.0 en el área económica fueron:

- i. Viabilidad de negocios a futuro, aplicando modelos de negocios disruptivos.
- ii. Resiliencia empresarial utilizando modelos de colaboración abierta (crowdsourcing) para convertirse en un pionero de innovación orientado al cliente.

- iii. Procesos de negocio operacionales más eficientes, gracias al uso de la industria 4.0
- iv. Protección contra actividades criminales que utilicen ciberataques.

Mas allá de los aspectos analizados por el estudio de referencia, las tecnologías implementadas en el área de producción, significaron una mejora considerable en la cantidad de barriles de petróleo producidos por los equipos cicladores EHC. El análisis de una muestra de 20 pozos arroja una reducción de OPEX del 66 % asociada a una menor cantidad de recorridas para la apertura y cierre de válvulas, una mejora en la eficiencia y gastos asociados a mantenimiento y una operación más segura al evitar la circulación de personal en áreas inhóspitas.

Lo mismo sucede con el equipo mSafe, equipo creado para operar las válvulas de seguridad de un pozo surgente. El estudio de TCO para un año de operación arrojo que es capaz de reducir en un 90 % los accionamientos de cierre indeseados en comparación con los sistemas tradicionales, es decir que el pozo este más tiempo abierto mejorando la producción, otorgando mayor seguridad y confiabilidad. Adicionalmente, se registró una disminución del OPEX del 60% por mantenimientos más económicos, reducción de piezas o repuestos necesarios para sus mantenimientos y disponibilidad de los recorredores de campo para realizar otras tareas.

Finalmente, la tecnología mSand, reduce un 50% el gasto por OPEX asociado a la disminución de horas de personal de campo, mantenimiento y seguridad.

Estos ejemplos, que muestran un análisis y cuantificación del impacto económico positivo de hacer uso de las tecnologías, también muestran un claro déficit al analizar los beneficios de las demás tecnologías desarrolladas y sus ventajas. Es un punto a mejorar y que ha sido planteado en el apartado de propuestas y proyecciones.

Sobre el estudio del área medioambiental, hubo dos aspectos que se desarrollaron con la implementación de las tecnologías 4.0:

- i. Un uso más preciso de los recursos y materiales, mejorando la calidad y dosificación de los mismos.
- ii. Servicios post-venta sostenibles, reduciendo viajes por servicios y mantenimientos innecesarios.

Los aspectos con una adopción parcial de la Industria 4.0 en el ámbito medioambiental fueron:

- iii. Prevención de desperdicio, promoviendo la reutilización de materiales. Utilización de la I 4.0 como facilitadora de una economía circular.
- iv. Desarrollo de producto sostenible gracias a una predicción del resultado del diseño.
- v. Reducción del uso de papel mediante la digitalización de procesos del negocio.

Con respecto a estos tres aspectos, se muestra un gran avance de implementación en la organización, sin embargo; se puede mejorar la condición si se extienden las medidas y practicas parcialmente aplicadas al resto de la organización, en algunos casos se deben adaptar las medidas ya que la aplicabilidad no es lineal.

Finalmente, los tres aspectos que están pendientes de desarrollo mediante el uso de las tecnologías 4.0 y que mejorarían el área medioambiental son:

- vi. Conciencia del consumo actual de energía monitoreando el consumo energético.
- vii. Conciencia del consumo energético a futuro, se requiere predecir el consumo energético futuro. Las simulaciones y desarrollos digitales pueden predecirlo gracias a I4.0.
- viii. Crear de la sustentabilidad una fortaleza, haciendo que la sustentabilidad ambiental sea medible y cuantificable.

Cuando se realizó el desarrollo y análisis de cada uno de los puntos, se plantearon algunas propuestas para mejorar estos aspectos, si bien hay avances,

la toma de conciencia del consumo energético es un aspecto a mejorar y desarrollar.

Referido al punto en que se menciona la necesidad de una sustentabilidad ambiental medible y cuantificable, se puede dar como ejemplo, dos de las mismas tecnologías mencionadas anteriormente, donde:

- EHC: Logra una reducción de 80 TON CO₂/año, relacionada a reducción de viajes gracias a la operación automatizada (dato obtenido a partir de una muestra de 20 pozos).
- mSafe: Reducción de 1 TON CO₂/año debido a la reducción de viajes.

Mas allá de la identificación de los beneficios ambientales que se desprende del análisis para los dos productos mencionados anteriormente, algo muy positivo y relacionado al apartado VIII *“Crear de la sustentabilidad una fortaleza, haciendo que la sustentabilidad ambiental sea medible y cuantificable”* es que se dio un paso muy importante en la cuantificación de litros de agua (3,11 lts), consumo energético (1,38 KW/Hr), residuos peligrosos (13 grs.) y efluentes landfarming (1/4 lt) por cada Kg de producto.

Esto es fundamental para extrapolar los cálculos de ahorro y sustentabilidad de la producción desarrollada en planta.

Continuando con el estudio, para el ámbito social se observa que el único punto que ha sido cubierto claramente por las tecnologías 4.0 es el siguiente:

- i. Se requiere mejorar la seguridad en el trabajo implementando tecnologías asociadas a la I 4.0

Este ha sido un aspecto destacable por los beneficios que presenta cada tecnología desarrollada en post de la seguridad en el trabajo, quitando a los operadores de la línea de fuego, reduciendo la cantidad de kilómetros recorridos y limitando el esfuerzo físico para la realización de tareas que antes eran totalmente manuales.

Los siguientes aspectos muestran un desarrollo relacionado a implementación de tecnologías 4.0 en post de las mejoras sociales, pero que aún se pueden continuar desarrollando.

- ii. Se requiere mejorar la ergonomía física para reducir la carga de trabajo físico mediante la automatización de procesos.
- iii. Se requiere mejorar la ergonomía cognitiva para reducir el estrés mediante la automatización de procesos.
- iv. Cambio de trabajos manuales y repetitivos por otro tipo de trabajo que implique mayor creatividad al trabajar.

En este aspecto, para los puntos desarrollados, MMA cuenta con avances que simplifican las tareas de los operadores, como el mGrase o los actuadores para apertura de válvulas, si bien son productos que cumplen con los tres aspectos citados anteriormente; Moto Mecánica Argentina, cuenta con una oportunidad muy valiosa para desarrollar más herramientas con un enfoque asociado a la ergonomía física/cognitiva y a la migración de los trabajos manuales y repetitivos por otros que generen mayor valor.

En el aspecto social, identificamos dos puntos que no fueron completamente cubiertos y que se pueden mejorar:

- v. Se desarrollarán nuevos puestos de empleo que se adapten a la incorporación de las tecnologías e industria 4.0.
- vi. Calificación y formación de empleados en las nuevas habilidades relacionadas con la I 4.0.

El primero (v), en realidad para el área de MMi se generaron nuevos puestos a partir de la industria 4.0, que son los puestos relacionados a personal para desarrollar las oportunidades innovadoras, pero el enfoque asociado a quienes deben utilizar estas tecnologías en campo aún no ha sido suplido con nuevas posiciones. De todas maneras, la identificación de los dos puntos fue fundamental para poder desarrollar una serie de propuestas desarrolladas en el capítulo Recomendaciones y Proyección, que de implementarlas al menos parcialmente mejoraran significativamente el grado de adaptación en la organización.

Lo más enriquecedor del estudio, es que el análisis, no sólo se centra en cuan aplicables fueron las tecnologías para cada aspecto de la sustentabilidad, sino que, además, se realizó un estudio de las necesidades y requisitos mínimos a suplir por la Industria 4.0 para considerar si una empresa cumple con los criterios de diseño para ser sustentable.

La manera de abordar el estudio y análisis, permitió determinar algunas conclusiones sobre el grado de aplicabilidad de la Industria 4.0 en la compañía y cuáles deberían ser los principales puntos a desarrollar o considerar para que la transformación y adaptación sea completa.

Asimismo, el apartado de recomendaciones y proyección complementa las oportunidades que surgieron del análisis principal, aportando ideas de implementación y generando nuevas áreas de oportunidad para ser consideradas en un futuro.

Desde una visión de conjunto de los casos, la incorporación de tecnología 4.0 fue principalmente consecuencia de la necesidad o conveniencia de solucionar uno o más problemas específicos que se le presentaban a nuestros clientes.

En la mayoría de estos casos, las soluciones implementadas consistieron en la generación de información relevante y de calidad para la toma de decisiones en tiempo real.

Los beneficios de la incorporación de las tecnologías de la Industria 4.0, son en su mayoría del tipo indirectos, es decir mejoran la información de procesos para la toma de decisiones, mejoran la calidad, cambian el aspecto organizacional o de procesos de la compañía, dan mayor predictibilidad, etc. .Todos estos beneficios, que toman nuestros clientes de la mayoría de las implementaciones realizadas, son muy beneficiosos, pero tienen cierta dificultad a la hora de dimensionar los beneficios económicos y financieros de la adopción de las tecnologías 4.0. Es por ello que el enfoque del triple balance es tan valioso, porque permite dimensionar y en ciertos casos cuantificar, todos estos aportes.

Algo que se menciona en muchos artículos sobre implementación de la industria 4.0 y su alcance, es la posibilidad de que exista una disminución de empleo por la adopción de tecnologías que suplan la mano de obra. En el caso de MMA, la implementación de nuevas tecnologías no implicó la disminución de mano de obra, sino que, para algunos casos específicos como el área administrativa, implicó el desplazamiento a otros sectores más productivos para la compañía.

Una forma de pensar este planteo, es que con el crecimiento de volúmenes de producción obtenido gracias a la implementación de tecnologías de la Industria 4.0, se podría reasignar trabajadores desplazados por la tecnología hacia otras funciones dentro de la misma organización. En estos casos, la introducción de tecnologías permitiría a las empresas, mejorar su competitividad y ganar porciones de mercado en detrimento de otras empresas del sector, las cuales, ante las menores ventas, sí acabarían reduciendo sus puestos de trabajo.

A nivel macroeconómico, si bien algunas empresas pueden mostrar cierta disminución en el nivel de empleo; el desarrollo de empresas proveedoras de software, ingeniería y servicios especializados generan nuevos puestos de trabajo. Esto es lo que básicamente ocurrió con la generación de MMi, el área de Moto Mecánica Argentina dedicada a la innovación.

Una amenaza permanente a cualquier implementación de mejora está asociada a la resistencia que imponen las diferentes agrupaciones gremiales. En muchas oportunidades la imposición de nuevos puestos laborales innecesarios para la tarea, tornan poco rentable ciertas unidades de negocio.

La adopción de tecnologías 4.0 en general se trata de una adopción parcial de estas nuevas tecnologías; es decir, se aplicaron en algunas áreas o procesos de la empresa. Por ello en el capítulo de recomendaciones se plantea la posibilidad de realizar un departamento de innovación interno en MMA.

Un aspecto que en muchas ocasiones causa dudas e incertidumbre, tiene que ver con las indefiniciones y vacíos legales sobre la propiedad de los datos. Esto es un gran problema que puede afectar el grado de adopción de las tecnologías de la Industria 4.0.

Lo más sorprendente de la Industria 4.0, comparado con las demás, es la velocidad con que se llevan a cabo las transformaciones. La información y nuevas tecnologías se actualizan a diario. A medida que se siguen desarrollando diferentes temáticas de la Industria 4.0, se comienza a notar un enfoque que apunta a poner la inteligencia artificial al servicio de las personas, uniendo a máquinas y humanos; dando inicio a lo que se considera la industria 5.0.

4. Bibliografía

- 90 Años MMA. (2020). Buenos Aires. Obtenido de www.motomecanica.com
- Arnold, C., Kiel, D., & Voigt, K.-I. (2016). *How the Industrial Internet of Things Changes Business Models in Different Manufacturing Industries*. International Journal of Innovation Management. doi:10.1142/S1363919616400156
- Bauer, W., Hämmerle, M., Schlund, S., & Vocke, C. (2015). *Transforming to a hyper-connected society and economy –towards an “Industry 4.0”*. Stuttgart, Germany: Elsevier. doi:10.1016/j.promfg.2015.07.200
- Benamins, R., & Salazar García, I. (2020). *El Mito del Algoritmo: Cuentos y Cuentas de la Inteligencia Artificial*. Anaya Multimedia.
- Berman, B. (2012). *3-D Printing: The New Industrial Revolution*. ELSEVIER. doi:10.1016/j.bushor.2011.11.003
- Blériot, J. (2012). *Good Rather Than Less Bad: The Circular Approach*. Obtenido de <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/good-rather-than-less-bad-the-circular>
- Braccini, A. M., & Marghe, E. G. (2018). *Exploring Organizational Sustainability of Industry 4.0 under the Triple Bottom Line: The Case of a Manufacturing Company*. Italy: MDPI. doi:10.3390/su11010036
- Carbajosa, A. (2017). *A la caza del trabajador en el paraíso del pleno empleo*. Diario El País. Obtenido de https://elpais.com/internacional/2017/09/14/actualidad/1505387360_117506.html
- Carbajosa, A. (2017). *A la Caza del Trabajador en el Paraíso del Pleno Empleo*. Munich: Diario El País. Obtenido de https://elpais.com/internacional/2017/09/14/actualidad/1505387360_117506

- Casalet, M. (2018). *La digitalización industrial: un camino hacia la gobernanza colaborativa. Estudios de casos*. (Documentos de Proyectos (LC/TS.2018/95) ed.). Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Casas-Guerrero, R., & Luna-Ledesma, M. (2011). *De redes y espacios de conocimiento, significados conceptuales y de política*. Bogota: Siglo del Hombre Editores.
- Castillo, M., Gligo, N., & Rovira, S. (2020). *La política industrial 4.0 en América Latina*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Chaves-Palacios, J. (2004). *Desarrollo Tecnológico En La Primera Revolución Industrial* (Vol. 17). Norba. Revista de Historia.
- Cochran, D. S., & Rauch, E. (2021). *Sustainable Enterprise Design 4.0: Addressing Industry 4.0 Technologies from the perspective of Sustainability* (Vols. 15-18). (3. I. (FAIM2021), Ed.) Athens, Greece: ELSEVIER . doi:10.1016/j.promfg.2020.10.173
- Copeland, B. (2004). *The Essential Turing*. Oxford University Press.
- Del Val Román, J. L. (2016). *Industria 4.0: la transformación digital de la industria*. Conferencia de Directores y Decanos de Ingeniería Informática. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Deusto.
- Delgado, A. (2018). *La Sociedad Hiperdigital*. Barcelona-Madrid: Libros de Cabecera.
- Didem Gürdür, B. (2022). *Transdisciplinarity and three mindsets for sustainability in the age of cyber-physical systems*. United Kingdom: Elsevier Inc. doi:10.1016/j.jii.2021.100290
- Dombrowski, U., & Wagner, T. (2014). *Mental Strain as Field of Action in the 4th Industrial Revolution*. ELSEVIER. doi:10.1016/j.procir.2014.01.077
- Erol, S., Jäger, A., Hold, P., Ott, K., & Sihn, W. (2016). *Tangible Industry 4.0: A Scenario-Based Approach to Learning for the Future of Production*.

(6. C.-6. Factories, Ed.) Vienna, Austria: ELSEVIER.
doi:10.1016/j.procir.2016.03.162

Evans, L., & Kitchin, R. (2018). *A smart place to work? Big data systems, labour, control and modern retail stores*. New Technology, Work and Employment. doi:10.1111/ntwe.12107

Evans, S., Vladimirova, D., Holgado, M., Van Fossen, K., Yang, M., Silva, E., & Barlow, C. (2017). *Business Model Innovation for Sustainability: Towards a Unified Perspective for Creation of Sustainable Business Models*. U.K.: ERP Environment and John Wiley & Sons Ltd.
doi:10.1002/bse.1939

Executive Office of the President, P. C. (2011). *Report to the president on ensuring American leadership in advanced manufacturing*. Washington. Obtenido de
<https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast-advanced-manufacturing-june2011.pdf>

Feldman, P. J., & Girolimo, U. (2020). *La Industria 4.0 en perspectiva latinoamericana: limitaciones, oportunidades y desafíos para su desarrollo*. (Vol. 10). Revista Perspectivas de Políticas Públicas.
doi:10.18294/rppp.2021.3645

Fernández,, Y. (2021). *Filosofía y Gobierno en Tiempos Revueltos*. Mexico: Innova-tsn. Obtenido de <https://www.innova-tsn.com/mx/gobierno-del-dato-2-mx/>

Fratocchi, L. (2018). *Additive Manufacturing Technologies as a Reshoring Enabler: A Why, Where and How Approach*. 2018 Workshop on Metrology for Industry 4.0 and IoT.
doi:10.1109/METROI4.2018.8428316

Frolov, V. G., Kaminchenko, D. I., Kovytkin, D. Y., Popova, J. A., & Pavlova, A. A. (2017). *The Main Economic Factors of Sustainable Manufacturing within the Industrial Policy Concept of Industry 4.0* (Vol. 16). Nizhny Novgorod: N. I. Lobachevsky State University.

- Gonçalves Machado, C., Winroth, M. P., & Dener Ribeiro da Silva, E. H. (2019). *Sustainable manufacturing in Industry 4.0: an emerging research agenda*. International Journal of Production Research. doi:10.1080/00207543.2019.1652777
- González, I. (2021). *Revolución Industrial: Aprendiendo a Evolucionar*.
- Gonzalez-Hernandez, J. I., Maldonado-Lopez, N., Granillo-Macias, R., Armas-Alvarez, M., Vergara-Martinez, O., & Coronel-Lazcano, M. (2021). *El desarrollo tecnológico en las revoluciones industriales*. (Vol. 8). Ingenio y Conciencia Boletín Científico de la Escuela Superior Ciudad Sahagún.
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2015). *Design principles for Industrie 4.0 scenarios: A literatura review*. Dortmund: Technische Universität Dortmund. doi:10.13140/RG.2.2.29269.22248
- Hinton, G. E., Osindero, S., & Teh, Y.-W. (2006). *A Fast Learning Algorithm for Deep Belief Nets* (Vol. 18). Neural Computation. doi:10.1162/neco.2006.18.7.1527
- INFAIMON. (2018). *Producción en cadena: evolución y ventajas*. Obtenido de <https://blog.infaimon.com/produccion-en-cadena-evolucion-ventajas>
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the Future of German Manufacturing Industry ; Final Report of the Industrie 4.0 Working Group*. (2. Forschungsunion, Ed.)
- Kiel, D., Arnold, C., Müller, J., & Voigt, K.-I. (2017). *Sustainable Industrial Value Cration: Benefits and Challenges of Industry 4.0*. (W. S. Ltd., Ed.) International Journal of Innovation Management. doi:10.1142/S1363919617400151
- Landes, D. S. (1979). *Progreso Tecnológico y Revolución Industrial*. Tecnos.
- Lastra, J. (2017). *Rifkin, Jeremy, La Tercera Revolución Industrial*. Boletín Mexicano de Derecho Comparado. doi:10.22201/ijj.24484873e.2017.150.11847

- Lee, E. A. (2006). *Cyber-physical Systems - Are Computing Foundations Adequate?* Austin, TX: Position Paper for Nsf Workshop on Cyber-physical Systems: Research Motivation, Techniques and Roadmap.
- Llaneza, P. (2019). *Datanomics*. Deusto.
- Lozano , J. J. (2004). *La Revolución Industrial*. Obtenido de <http://www.claseshistoria.com/revolucionindustrial/2formasorganizaci>
- Marsal, J. (2015). *Tecnologías disruptivas y sus efectos sobre la seguridad*. (I. E. ieee.es, Ed.) Documento de Trabajo del Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional (CESEDEN).
- Mauel, F., Robins, K., & Webster, F. (2002). *Máquina maldita: contribuciones para una historia del ludismo*. Alikornio Ediciones.
- Mayer-Schönberger, & Cukier. (2018). *Big Data. La Revolución De Los Datos Masivos*. Turner Publicaciones. doi:10.25009/clivajes-rcs.v0i9.2536
- MDS. (2019). *Industry 4.0: New Talent for a New Factory*. The Global Fashion Business Journal. Obtenido de <https://www.themds.com/trade-shows/industry-40-new-talent-for-a-new-factory.html>
- Mell, P., & Grance, T. (2011). *The NIST Definition of Cloud Computing*. National Institute of Standards and Technology Special Publication 800-145.
- Miao Wu, Ting-Jie Lu, Fei-Yang Ling, Jing Sun, & Hui. (2010). *Research on the architecture of Internet of Things*. 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE). doi:10.1109/ICACTE.2010.5579493
- Mitch, T., Todd, E., & Lalit , C. (2018). *Introduction to Edge Computing in IIoT*. Industrial Internet Consortium Edge Computing Task Group. doi:IIC:WHT:IN24:V1.0:PB:20180618
- MMA. (2024). *Moto Mecánica Argentina S.A*. Obtenido de www.motomecanica.com
- MMi. (2024). *Moto Mecanica Innovacion*. Obtenido de <https://mmitec.com>

- Modrak, V. (2017). *Mass customized manufacturing: theoretical concepts and practical approaches*. ResearchGate. doi:10.1201/9781315398983
- Mokyr, J. (1999). *The Second Industrial Revolution*. Roma: Laterza Publishing.
- Morrar, R., Arman, H., & Mousa, S. (2017). *The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0): A Social Innovation Perspective*. Technology Innovation Management Review. doi:10.22215/timreview/1117
- Mosconi, F. (2015). *The New European Industrial Policy Global Competitiveness and the Manufacturing Renaissance*. Routledge.
- Motta, J., Moreno, H., & Ascúa, R. (2019). *Industria 4.0 en mipymes manufactureras de la Argentina*. Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Müller, J., & Voigt, K.-I. (2017). *Industry 4.0—Integration Strategies for Small and Medium-sized Enterprises*. Vienna, Austria: ResearchGate. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/317070483>
- Müller, J., Kiel, D., & Voigt, K.-I. (2018). *What Drives the Implementation of Industry 4.0? The Role of Opportunities and challenges in the Context of Sustainability*. Nürnberg 90403, Germany: MDPI. doi:10.3390/su10010247
- Noble, D. F. (2000). *Una versión diferente del progreso: en defensa del ludismo*. Alikornio Ediciones.
- Nordgren, A., Weckström, E., Martikainen, M., & Lehner, O. (2019). *Blockchain In The Fields Of Finance And Accounting: A Disruptive Technology Or An Overhyped Phenomenon?* Austria: ACRN Journal of Finance and Risk Perspectives. Obtenido de <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>
- Nyman, H. J., & Sarlin, P. (2014). *From Bits to Atoms: 3D Printing in the Context of Supply Chain Strategies*. Hawaii: 47th Hawaii International Conference on System Science. doi:10.1109/HICSS.2014.518

- OIT. (2024). *Organización Internacional del Trabajo*. Suiza. Obtenido de <https://www.ilo.org/es/normas-internacionales-del-trabajo/temas-comprendidos-en-las-normas/seguridad-y-salud-en-el-trabajo>
- Panimalar, A., Shree, V., & Veneshia, K. (2017). *The 17 V's Of Big Data*. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). Obtenido de www.irjet.net
- Peukert, B., Benecke, S., Clavell, J., Neugebauer, S., Nissen, N. F., Uhlmann, E., . . . Finkbeiner, M. (2015). *Addressing Sustainability and Flexibility in Manufacturing via Smart Modular Machine Tool Frames to Support Sustainable Value Creation*. Berlin: ELSEVIER.
doi:10.1016/j.procir.2015.02.181
- Popkova, E. G., Ragulina, Y. V., & Bogoviz, A. V. (2019). *Fundamental differences of transition to industry 4.0 from previous industrial revolutions*. Springer.
- Prause, G. (2015). *Sustainable Business Models and Structures for Industry 4.0*. (ResearchGate, Ed.) Journal of Security & Sustainability Issues.
doi:10.9770/jssi.2015.5.2(3)
- Raja Santhi, A., & Muthuswamy, P. (2022). *Influence of Blockchain Technology in Manufacturing Supply Chain and Logistics* (MDPI ed.).
doi:10.3390/logistics6010015
- Rajaraman, V., & McCarthy, J. (2014). *Father of artificial intelligence*.
doi:10.1007/s12045-014-0027-9
- Ramge, T., & Mayer-Schönberger, V. (2018). *Reinventing Capitalism In Age Big Data*. Basic Books.
- Rauch, E., Vickery, A. R., Brown, C. A., & Matt, D. (2020). *SME Requirements and Guidelines for the Design of Smart and Highly Adaptable Manufacturing Systems*. ResearchGate. doi:10.1007/978-3-030-25425-4_2
- Römer, T., & Bruder, R. (2015). *User Centered Design of a Cyber-Physical Support Solution for Assembly Processes*. (A. 2. 6th International

- Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015) and the Affiliated Conferences, Ed.) Darmstadt, Germany: ELSEVIER. doi:10.1016/j.promfg.2015.07.208
- Rozo-García, F. (2020). *Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0* (Vol. 19). Rev. UIS. doi:10.18273/revuin.v19n2-2020019
- Rozo-García, F. (2020). *Revisión de las Tecnologías Presentes en la Industria 4.0* (Vol. 19). Rev. UIS Ing. doi:10.18273/revuin.v19n2-2020019
- Ruggieri, A., Braccini, A. M., Poponi, S., & Mosconi, E. M. (2016). *A Meta-Model of Inter-Organisational Cooperation for the Transition to a Circular Economy*. (M. A. Rosen, Ed.) Italy: MDPI. doi:10.3390/su8111153
- Rule, J. (1990). *Clase obrera e industrialización. Historia social de la Revolución Industrial Británica*. Editorial Critica.
- Rupali, M., & Amit, P. (2017). *A Review Paper on General Concepts of "Artificial Intelligence and Machine Learning"*. International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology. doi:10.17148/IARJSET/NCIARCSE.2017.22
- Russman, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. The Boston Consulting Group (BCG). Obtenido de bcg.com
- Saura García, C. (2022). *Industria 4.0: Retos éticos de la datificación e hiperconectividad industrial*. Dilemata, Revista Internacional de Éticas Aplicadas, nº 37, 53-67.
- Schwab, K. (2016). *La cuarta revolución industrial*. World Economic Forum.
- Smit, J., Kreutzer, S., Moeller, C., & Arlberg, M. (2016). *Industry 4.0*. European Parliament's Committee on Industry, Research and Energy (ITRE). Obtenido de <http://www.europarl.europa.eu/studies>

- Smith, B. (2015). *RAMI 4.0 and IIRA reference architecture models - A question of perspective and focus*. Phoenix Contact. Obtenido de https://sinetric.com/PhoenixContact_RAMI_IIRA.pdf
- Tesla. (2020). *Mission Statement*. Obtenido de <https://missionstatement.com/tesla>
- Tinmaz, H. (2020). *History of Industrial Revolutions: From Homo Sapiens Hunters to Bitcoin Hunters*. Springer, Singapore. doi:10.1007/978-981-15-1137-0_1
- Vega Cantor, R. (2004). *La tercera revolución industrial* (Vol. 39). Universitas Humanística. Obtenido de <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/univhumanistica/article/view/9908>
- Waibela, M. W., Steenkampa, L. P., Molokoa, N., & Oosthuizen, G. A. (2017). *Investigating the effects of Smart Production Systems on sustainability elements*. (G. 3.-5. 14th Global Conference on Sustainable Manufacturing, Ed.) Stellenbosch, South Africa: ELSEVIER. doi:10.1016/j.promfg.2017.02.094
- Waldrop, A., & Mitchell, M. (2019). *What are the limits of deep learning?* Proc Natl Acad Sci U S A. doi:10.1073/pnas.1821594116
- Wang, J., Zhang, W., Shi, Y., & Duan, S. (2018). *Industrial Big Data Analytics: Challenges, Methodologies, and Applications*. IEEE TRANSACTIONS ON AUTOMATION SCIENCE AND ENGINEERING. doi:10.48550/arXiv.1807.01016
- Weinert, N., Chiotellis, S., & Seliger, G. (2011). *Methodology for Planning and Operating Energy-Efficient Production Systems*. CIRP Ann.-Manuf. Technol. doi:10.1016/j.cirp.2011.03.015
- Wiederhold, G., & McCarthy, J. (1992). *Arthur Samuel: pioneer in machine learning* (Vol. 36). IBM Journal of Research and Development. doi:10.1147/rd.363.0328

- Willard, B. (2012). *The new sustainability advantage: seven business case benefits of a triple bottom line*. New Society Publishers.
- Xu, L. D., He, W., & Li, S. (2014). *Internet of Things in Industries: A Survey*. IEEE. doi:10.1109/TII.2014.2300753
- Zhang, C. y. (2020). *A History of Mechanical Engineering*. Singapore: Springer.