



Universidad de San Andrés

Escuela de Negocios

Maestría en Gestión de Servicios Tecnológicos y de Telecomunicaciones

**Descripción y análisis de las ventajas y desafíos para la
adopción de soluciones de Industrial Internet of Things
en Vaca Muerta**

Autor: Ing. Arthur Trotti

DNI: 92.978.839

Director de Tesis: Mtr. Alan M. Lerner

Buenos Aires, 18 de mayo de 2021



Universidad de
SanAndrés

Universidad de San Andrés - Escuela de Negocios

Maestría en Gestión de Servicios Tecnológicos y de Telecomunicaciones

Descripción y análisis de las ventajas y desafíos para
la adopción de soluciones de Industrial Internet of
Things en Vaca Muerta

Autor: Ing. Arthur Trotti

DNI: 92.978.839

Director de Tesis: Mtr. Alan M. Lerner

Buenos Aires, 18 de mayo de 2021

*“One of the greatest obstacles in reaching digital maturity is viewing the transformation as a technology challenge, rather than a strategy challenge or leadership opportunity. **In digital transformation, the transformation is more important than the digital.**”*

George Westerman, 2018.



Universidad de
SanAndrés

Dedicatoria

*A mis grandes amores, Juli y Sofi. Quienes me inspiran
a crecer y alcanzar mis objetivos. Perdón por
tantas noches y fines ausente.*

*A mi madre, siempre perseverante, quien
me enseñó a nunca bajar los brazos.*



*A quienes nos cuidan desde arriba,
mi padre y mi suegro.*

Universidad de
SanAndrés

Agradecimientos

Esta tesis es la culminación de una aventura que empezó en 2018 cuando el autor de este trabajo y otros tantos colegas de estudio se embarcaron a expandir sus conocimientos en el *Master in Business and Technology*. Una travesía marcada por mucho esfuerzo personal y familiar, pero por sobre todo, por la colaboración, el aprendizaje y las experiencias compartidas. Muchos participaron y aportaron a lo largo de estos 4 años. Sin sus contribuciones, esta aventura no habría sido tan valiosa y placentera. Quisiera expresar mi agradecimiento a las siguientes personas e instituciones:

A mi esposa Juliana y mi hija Sofía, quienes me dieron fuerzas para encarar este desafío y me tuvieron paciencia a lo largo del camino.

A mis compañeros de maestría, por la horas y experiencias compartidas. Especialmente a Alejandro Campos, compañero de TPs y de viaje al Campus. También al Team Uber, por aportar siempre una cuota de humor.

Al tutor de esta tesis, Alan Lerner, quien guió y mentoreó de principio a fin este trabajo. Su exhaustiva búsqueda por la excelencia y actitud crítica, tuvieron un impacto determinante en el resultado final de esta investigación.

A los entrevistados, quienes cedieron amablemente su tiempo y aportaron la sustancia principal de investigación de este trabajo.

A la Universidad de San Andrés, la Maestría en Gestión de Servicios Tecnológicos y Telecomunicaciones, su cuerpo docente y no docente.

A la empresa ExxonMobil, por haber incluido esta maestría como parte de mi desarrollo de carrera. Por entender que invertir en talento es una necesidad crítica para las organizaciones.

A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento.

Resumen ejecutivo

Un mirada rápida al contexto global de la industria de *Oil & Gas* basta para poner en evidencia la necesidad imperiosa de evaluar alternativas para lograr eficiencias en los entornos productivos. La sustentabilidad de la industria está en juego y es imprescindible una transformación digital genuina de su modelo de negocio, procesos y operaciones. Una de las tendencias que viene a contribuir en este sentido son las soluciones de *Industrial Internet of Things*.

Este trabajo de investigación se llevó a cabo con el objetivo de describir y analizar los beneficios y barreras relacionados con la adopción de soluciones de *Industrial Internet of Things* en Vaca Muerta. De forma adicional, se buscó estudiar los desafíos que enfrentan las empresas que operan en esa región y entender cuál es el nivel de adopción de IIoT en comparación con el resto de la industria a nivel mundial.

A través del análisis de documentos bibliográficos, *papers* y entrevistas a referentes en la industria de petróleo y gas, así como expertos en IIoT, pudimos establecer que el nivel de adopción de soluciones de IIoT en Vaca Muerta, que hacen uso de redes públicas de internet, es bajo. Por otro lado, cuando hablamos de soluciones sobre redes privadas, el nivel es moderado, siendo que algunas empresas están más avanzadas que otras. A su vez, el tipo de casos de uso encontrados corresponden a un perfil de adopción preparatorio o inicial, donde predomina la conectividad básica de dispositivos, el monitoreo de activos en tiempo real y la inteligencia operativa. Esto mismo se observa en la industria a nivel mundial y por eso concluimos que no existen grandes diferencias con otras regiones comparables. Específicamente en lo que respecta a Vaca Muerta, el IIoT tiene un gran potencial para la reducción de costos, mejorar la eficiencia operativa, aumentar la productividad y garantizar la seguridad en el entorno de trabajo. Sin embargo, existen desafíos que limitan las empresas, entre los que se destacaron: el contexto económico y la falta de claridad en cuanto a políticas energéticas, el desconocimiento de la tecnología y sus beneficios por parte de las empresas, la falta de conectividad en campo, cuestiones culturales de la industria y aspectos relacionados con el talento.

Por último, en base a los factores críticos de éxito identificados, dejamos planteadas algunas recomendaciones para impulsar el uso de IIoT en Vaca Muerta.

Palabras clave: IIoT, Transformación Digital, Vaca Muerta, *Oil & Gas*, adopción, beneficios y desafíos.

Índice

1.	Introducción.....	11
1.1.	Planteo de la problemática.....	11
1.2.	Preguntas de investigación	13
1.3.	Objetivos.....	14
1.4.	Alcance	14
1.5.	Metodología de investigación.....	15
2.	Situación global de la industria del petróleo y gas	19
2.1.	La situación del sector hasta 2019	19
2.2.	El impacto de la pandemia.....	26
2.3.	El panorama del shale en Estados Unidos	31
2.4.	Tendencias de la industria	35
3.	Sobre Vaca Muerta y su potencial de desarrollo	42
3.1.	¿Qué es y dónde se encuentra Vaca Muerta?	42
3.2.	Cómo se ubica en el mapa mundial de exploraciones de hidrocarburo.....	45
3.3.	Los principales jugadores y el estado actual de desarrollo.....	45
4.	Marco Teórico	53
4.1.	Transformación Digital.....	53
4.1.1.	¿Qué es la Transformación Digital?	53
4.1.2.	El rol de la innovación y otras características de la Transformación Digital.....	55
4.1.3.	Las claves del proceso de Transformación Digital.....	58
4.1.4.	El impacto de la Transformación Digital en las organizaciones	65
4.1.5.	Potencial económico de la Transformación Digital en la industria de Petróleo y Gas	69
4.1.6.	Cuadro ejecutivo sobre Transformación Digital	71
4.2.	Teoría de adopción y estado del arte en materia de IIoT en Petróleo y Gas ..	73
4.2.1.	El modelo de difusión y adopción tecnológica. Teoría y autores.....	73
4.2.2.	Adopción general de IIoT en la industria del Petróleo y Gas.....	80
4.2.3.	Cuadro ejecutivo sobre teoría de adopción y estado general de IIoT en Petróleo y Gas.....	86
4.3.	Entendiendo al IIoT, objetivos y desafíos detrás de su adopción en la industria de Petróleo y Gas	88
4.3.1.	¿Qué entendemos por IIoT?	88
4.3.2.	Ecosistema y arquitectura de soluciones IIoT	92
4.3.3.	Impacto de IIoT en la industria de Petróleo y Gas	102
4.3.4.	Desafíos frente a la adopción de IIoT en la industria de Petróleo y Gas.....	114
4.3.5.	Cuadro ejecutivo sobre IIoT, objetivos y desafíos en Petróleo y Gas	119

5.	Estudio de campo y análisis de resultados	121
5.1.	Nivel de adopción de IIoT en Vaca Muerta	122
5.2.	Casos de uso identificados.....	127
5.3.	Criterios de adopción de soluciones de IIoT	131
5.4.	Comparación a nivel mundial y variables locales	137
5.5.	Beneficios y ventajas del IIoT.....	141
5.5.1.	Cuadro comparativo con datos del marco teórico	144
5.6.	Barreras y desafíos del IIoT.....	146
5.6.1.	Cuadro comparativo con datos del marco teórico	151
5.7.	Factores críticos de éxito	154
6.	Conclusiones y recomendaciones.....	159
6.1.	Abordaje de las preguntas de investigación	160
6.1.1.	Grado de adopción de IIoT en Vaca Muerta y su comparación a nivel mundial 160	
6.1.2.	Principales beneficios de IIoT para Vaca Muerta	161
6.1.3.	Principales desafíos y barreras de IIoT en Vaca Muerta.....	164
6.2.	Abordaje de los objetivos de investigación	166
6.3.	Recomendaciones para la expansión de IIoT en Vaca Muerta.....	168
6.4.	Visión prospectiva y futuras líneas de investigación	174
6.4.1.	Tendencias a futuro de IIoT en Vaca Muerta	174
6.4.2.	Futuras líneas de investigación.....	177
7.	Bibliografía.....	179
8.	Anexos.....	187
8.1.	Distribución de reservas por región.....	187
8.2.	Cuadro de anuncios de inversión en Vaca Muerta	188
8.3.	Casos de uso de IIoT en petróleo.	190
8.4.	Cuestionario para entrevistas.....	193
8.4.1.	Cuestionario para expertos de empresas del sector	193
8.4.2.	Cuestionario para consultores y proveedores de servicio.....	194
8.4.3.	Cuestionario para CABASE / CAIoT.....	195
8.5.	La visión de CABASE & CAIoT	196
8.6.	Lista de entrevistados	199

Lista de Figuras

Figura 1.	Evolución precio de barril de petróleo (British Petroleum, 2020b).....	20
Figura 2.	Producción de petróleo por región (British Petroleum, 2020b).....	22
Figura 3.	Producción de gas natural licuado por región (British Petroleum, 2020b)....	22
Figura 4.	Evolución del precio del GNL (British Petroleum, 2020b)	23

Figura 5. Consumo mundial de energía y aporte proporcional por tipo de energía (British Petroleum, 2020b).	26
Figura 6. Evolución precio petróleo WTI (Trading Economic, 2020)	28
Figura 7. Evolución de la producción de shale en Estados Unidos (Deloitte, 2019a)	33
Figura 8. Evolución de la producción en Permian (Deloitte, 2019b)	34
Figura 9. Proyección precio barril de petróleo (EIA, 2020b)	36
Figura 10. Crecimiento demográfico y aumento de la clase media (ExxonMobil, 2019)	36
Figura 11. Evolución del PBI en países OECD y no OECD (ExxonMobil, 2019)	37
Figura 12. Crecimiento de la demanda de energía limitado por eficiencias y distribución del aumento de energía por países (ExxonMobil, 2019)	37
Figura 13. Transición a energías con menor emisión de CO2 y porcentaje por tipo de energía (ExxonMobil, 2019)	38
Figura 14. Consumo mundial de energía (EIA, 2019c)	38
Figura 15. Origen de generación de electricidad por región (ExxonMobil, 2019)	38
Figura 16. Suministro de energía por sector (ExxonMobil, 2019)	39
Figura 17. Consumo de energía por sector (EIA, 2019c)	39
Figura 18. Crecimiento de la demanda de combustible para transporte por tipo de uso (ExxonMobil, 2019)	40
Figura 19. Impacto de la tecnología en la eficiencia energética (ExxonMobil, 2019)	40
Figura 20. Proyección del suministro de energía para 2040 (ExxonMobil, 2019)	41
Figura 21. Mapa de la formación Vaca Muerta (Instituto Argentino de Petróleo y Gas, 2020)	42
Figura 22. Yacimientos convencionales y no convencionales (Instituto Argentino de Petróleo y Gas, 2020)	44
Figura 23. Producción total de petróleo en la cuenca Neuquina por tipo de exploración (Secretaría de Energía de la Nación, 2020)	47
Figura 24. Producción total de gas en la cuenca Neuquina por tipo de exploración (Secretaría de Energía de la Nación, 2020)	47
Figura 25. Evolución de pozos perforados en Neuquén (Subsecretaría de Energía, Minería e Hidrocarburos de Neuquén, 2020)	48
Figura 26. Top 10 empresas productoras de shale oil y gas en Vaca Muerta desde 2019 (Elaboración propia en base a datos de la Secretaría de Energía de la Nación, 2020)	49
Figura 27. Producción nacional total de petróleo por tipo de exploración (Secretaría de Energía de la Nación, 2020)	49
Figura 28. Producción nacional total de gas por tipo de exploración (Secretaría de Energía de la Nación, 2020)	50
Figura 29. Matriz energética argentina (Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, 2017)	51
Figura 30. Modelo centrado en innovaciones de las revoluciones industriales (Rook et al., 2017)	56
Figura 31. Relación entre la estrategia de transformación digital y otras estrategias corporativas (Christian et al., 2015)	63
Figura 32. Principales áreas afectadas por la transformación digital (Westerman et al., 2011)	66
Figura 33. Iniciativas digitales en la industria del petróleo y gas (World Economic Forum & Accenture, 2017)	71
Figura 34. Curva de adopción de Rogers (Rogers, 2003)	76
Figura 35. El abismo de Moore (elaboración en base a Moore, 1991)	77
Figura 36. Comparación de madurez digital (Kane et al., 2018)	81

Figura 37. Estado de adopción de soluciones de IIoT (Bsquare, 2017).....	82
Figura 38. Adopción de IIoT por Industria (Baron et al., 2017)	83
Figura 39. Adopción de IIoT por región (Baron et al., 2017)	83
Figura 40. Los 5 niveles de adopción de herramientas de IIoT (Bsquare, 2017).....	84
Figura 41. Uso de soluciones de IIoT (Bsquare, 2017).....	85
Figura 42. Aspectos verticales y horizontales de IoT (Gilchrist, 2016).....	90
Figura 43. Puntos de vista del IIRA (Shi-Wan et al., 2017).....	93
Figura 44. Dominios funcionales del IIRA (Shi-Wan et al., 2017).....	94
Figura 45. Componentes del dominio de control del IIRA (Shi-Wan et al., 2017).....	95
Figura 46. Componentes del dominio de operaciones del IIRA (Shi-Wan et al., 2017).....	96
Figura 47. Componentes de los dominios de información, aplicación y negocio del IIRA (Shi-Wan et al., 2017).....	97
Figura 48. Funciones transversales y características del sistema (Shi-Wan et al., 2017)	99
Figura 49. Los 3 patrones más comunes de arquitectura (Shi-Wan et al., 2017).....	101
Figura 50. Cuadrante mágico para plataformas IIoT (Gartner, 2020).....	102
Figura 51. Beneficios para la adopción de IIoT (Morgan Stanley, 2016).....	104
Figura 52. Importancia de los beneficios del IIoT (World Economic Forum y Accenture, 2015)	105
Figura 53. Evolución del impacto y la adopción de IIoT (World Economic Forum y Accenture, 2015)	106
Figura 54. Barreras para la adopción de IIoT (World Economic Forum y Accenture, 2015).....	115
Figura 55. Desafíos para la adopción de IIoT (Morgan Stanley, 2016).....	115
Figura 56. Casos de uso de IIoT identificados en Vaca Muerta (elaboración propia).	128
Figura 57. Criterios de adopción de soluciones de IIoT en Vaca Muerta (elaboración propia).....	132
Figura 58. Principales beneficios de IIoT en Vaca Muerta (elaboración propia).	141
Figura 59. Barreras y desafíos de IIoT en Vaca Muerta (elaboración propia).	147
Figura 60. Roadmap de soluciones de IIoT para Vaca Muerta (elaboración propia)..	177

Lista de Tablas

Tabla 1. Cuadro de variables, dimensiones, indicadores e instrumentos (elaboración propia).....	18
Tabla 2. Principales empresas de petróleo y gas por ingresos 2018 (confección propia en base a (Muspratt, 2019))	25
Tabla 3. Mapeo de tecnologías transformadoras a patrones de innovación (elaboración propia en base a Rook et al., 2017).....	57
Tabla 4. Resumen ejecutivo de Transformación Digital (elaboración propia).....	72
Tabla 5. Resumen ejecutivo de teoría de adopción y estado general de IIoT en Petróleo y Gas (elaboración propia)	87
Tabla 6. Literatura sobre beneficios de IIoT en la industria de petróleo y gas (confección propia).....	107
Tabla 7. Motivaciones para la implementación de IIoT entre industrias de alto riesgo (Thibaud et al., 2018)	113
Tabla 8. Resumen ejecutivo de IIoT, objetivos y desafíos en Petróleo y Gas (elaboración propia).....	120
Tabla 9. Lista de entrevistados (elaboración propia).....	121
Tabla 10. Estado general de adopción de IIoT en Vaca Muerta (elaboración propia)	127

Tabla 11. Variables analizadas en la comparativa entre Vaca Muerta y otras regiones (elaboración propia).....	140
Tabla 12. Comparativo de beneficios de IIoT (elaboración propia).....	145
Tabla 13. Resumen de cantidad de beneficios de IIoT (elaboración propia)	145
Tabla 14. Comparativo de barreras y desafíos de IIoT (elaboración propia)	152
Tabla 15. Resumen de cantidad de barreras y desafíos de IIoT (elaboración propia).	153
Tabla 16. Factores de éxito según criticidad (elaboración propia).....	157
Tabla 17. Comparativa de beneficios de IIoT (elaboración propia).....	162
Tabla 18. Comparativa de barreras y desafíos de IIoT (elaboración propia)	165



Universidad de
San Andrés

1. Introducción

1.1. Planteo de la problemática

La adopción de nuevas tecnologías digitales está transformando los entornos industriales, logrando resultados diferenciadores para las empresas que han sabido implementar soluciones a medida para su rubro. La transformación digital tiene la capacidad de incrementar la rentabilidad de las industrias en la medida que optimiza los procesos productivos y modifica la cadena de valor, contribuyendo a la gestión de las empresas en tres dimensiones: ganancia en ingresos, ganancia en eficiencias y efecto de expansión.

La industrial del Petróleo y Gas no es ajena a esta transformación y cada vez resulta más importante tener un plan estratégico de desarrollo digital. El uso de *big data* e innovaciones digitales no es una novedad para la industria ya que lo han utilizado para el modelado de reservorios y toma de decisiones de nuevas exploraciones. Sin embargo, su uso extensivo a lo largo de toda la cadena de valor es aún incipiente. Con ejemplos claros en otras industrias similares, donde el uso de datos y tecnología lograron revolucionar su modelo de negocio y operativo, resulta más evidente la oportunidad detrás de la transformación digital (World Economic Forum y Accenture, 2017).

No obstante, para poder encarar proyectos de transformación hay que entender el contexto de la industria. El sector petrolero se encuentra atravesando una compleja situación marcada por tendencias macroeconómicas, tecnológicas y factores propios de la industria. Así, las inversiones en *upstream*¹ transcurren en un contexto de baja de precios del crudo desde hace 5 años; existe una sobre oferta en el mercado de LNG² y han aparecido nuevas fuentes de hidrocarburo (no convencionales y *off-shore*). No solo eso, la sociedad está demandando menores niveles de emisiones y la transición a energías más limpias se ha consolidado de la mano de mayores capacidades de almacenamiento eléctrico. A todo esto, no podemos dejar de considerar el impacto más reciente de la pandemia de Covid-19. A las tendencias mencionadas, se suma una disminución temporal de la demanda de petróleo y mayores exigencias de los inversores para lograr eficiencias. Sin embargo, a pesar de esta difícil situación coyuntural, los analistas del sector coinciden

¹Upstream se refiere a las compañías que se dedican a la exploración y producción de petróleo y gas.

²LNG, Gas Natural Licuado

que aunque la demanda por energía disminuya en los próximos años, a largo plazo, la tendencia seguirá en alza (Dickson, 2020).

Este contexto global que impacta el suministro y demanda energética, pone en evidencia la necesidad de evaluar alternativas para lograr eficiencias en los entornos productivos y extender las prácticas digitales en toda la cadena de valor del sector petrolero. Una de las tendencias que viene a colaborar en este sentido, son las soluciones de *Industrial Internet of Things*, más conocida por sus siglas IIoT. Se trata básicamente de la práctica de utilizar sensores y sistemas interconectados para capturar y analizar datos sin la intervención humana.

Podemos decir que existen tres objetivos principales para la implementación de soluciones de IIoT en la industria del Petróleo y Gas: mejorar la eficiencia operativa, aumentar la productividad y garantizar la seguridad en el entorno de trabajo. Esto es posible en base a la disponibilidad de nuevos datos. Para dimensionar el potencial impacto de las soluciones de IIoT, podemos mencionar algunas proyecciones que hablan de posibles ahorros anuales de USD 500 millones en los costos de producción y extracción para grandes empresas del sector (producción anual +270 millones de barriles). Esto no parece ser ilógico si consideramos los datos de una investigación hecha por Kimberlite³ donde muestra que una empresa promedio sufre 27 días de inactividad *off-shore* debido a mantenimiento no programado, equivalente a USD 30 millones en pérdidas. Sumado a que, en promedio, el 42% de los equipos de desarrollo, exploración y perforación tienen más de 15 años y sólo funcionan al 77% de su capacidad (Baker Hughes, 2016). Así todo, de acuerdo al MIT Sloan Management Review y a un estudio global de negocios digitales realizados por Deloitte en 2015, la madurez digital de la industria de Petróleo y Gas está entre las más bajas, alcanzando 4,68 en una escala del 1 a 10 (Slaughter et al., 2015).

La suma de estos factores pone a la industria en un panorama lleno de desafíos a los cuales los líderes deben enfrentarse y buscar las mejores soluciones para cada caso. Para atacar los problemas estructurales de la industria se debe cambiar la postura histórica frente a la tecnología. Para incrementar las posibilidades de éxito, la industria debe elaborar una estrategia de transformación digital más amplia, y en ese sentido, deben considerar las tecnologías emergentes, como el IIoT, un aliado en la búsqueda por optimizar los procesos productivos, reducir los períodos de inactividad, mejorar la

³ Kimberlite, empresa internacional de análisis e investigación de mercado orientada a la industria O&G.

seguridad y potencialmente tener *insights* alineados con la visión estratégica del negocio a partir de nuevos datos.

Este escenario impulsó la realización del presente trabajo de investigación cuyo objetivo principal es entender cuáles son las ventajas y los desafíos que enfrentan las empresas petroleras, en especial de la región de Vaca Muerta, para la adopción de soluciones de *Industrial Internet of Things*.

Luego de este capítulo introductorio donde también se presentarán las preguntas de investigación, objetivos, alcance y la metodología de investigación; abordaremos la situación actual de la industria de Petróleo y Gas y mencionaremos las tendencias del sector. En el tercer capítulo, describiremos la formación Vaca Muerta y su potencial de desarrollo. A continuación, formularemos el marco teórico, que tendrá como apartados principales la transformación digital, las teorías de adopción tecnológicas, el estado del arte en materia de IIoT en la industria del Petróleo y Gas y los beneficios y desafíos detrás de la implementación de este tipo de soluciones. Como parte de la sección de transformación digital, revisaremos el rol de la innovación, enumeraremos las claves del proceso de transformación y analizaremos el impacto en las organizaciones. En lo que respecta al estado del arte de adopción, presentaremos las teorías de difusión tecnológica más difundidas como ser Rogers y Moore y relevaremos la situación actual de la industria en cuanto a la adopción de IIoT. Completaremos el marco teórico con el ecosistema y la arquitectura de las soluciones IIoT y un análisis exhaustivo de los objetivos y desafíos detrás de la adopción de IIoT en la industria. Incluiremos en esta sección, algunos casos de éxito en Petróleo y Gas. En el capítulo quinto, presentaremos el trabajo de campo. Mostraremos los resultados de las entrevistas realizadas y lo contrastaremos con lo expuesto en el marco teórico. Por último, compartiremos las conclusiones a las que arribamos como respuesta a las preguntas de investigación y objetivos planteados. Presentaremos también nuestras recomendaciones para la adopción de IIoT en Vaca Muerta.

1.2. Preguntas de investigación

Nos proponemos entonces responder los siguientes interrogantes:

- ¿Cuáles son los beneficios más importantes que pueden aportar las diferentes soluciones de IIoT para la industria del Petróleo y Gas en Vaca Muerta?

- ¿Cuáles son los principales desafíos y/o barreras que limitan la adopción de soluciones de IIoT en la industria del Petróleo y Gas en Vaca Muerta?
- ¿Es el grado de adopción de IIoT en Vaca Muerta similar a lo observado a nivel mundial en la industria del Petróleo y Gas o existen variables locales que determinen una diferenciación?

1.3. Objetivos

El objetivo general de este trabajo es describir y analizar los beneficios y barreras relacionados con la adopción de soluciones de IIoT en la industria del Petróleo y Gas en Vaca Muerta. Se pretende estudiar los desafíos que enfrentan las empresas que operan en esa región y entender cuál es el nivel de adopción de IIoT.

A su vez, los objetivos específicos son:

- a) Describir el ecosistema de IIoT, así como las tecnologías digitales relacionadas.
- b) Describir y analizar cómo la transformación digital contribuye a la gestión de las empresas del sector petrolero.
- c) Describir y analizar el impacto del IIoT en las áreas productivas de la industria del Petróleo y Gas.
- d) Describir el grado de adopción de IIoT en la industria del Petróleo y Gas.
- e) Identificar las principales aplicaciones de IIoT en la industria del Petróleo y Gas.
- f) Relevar, describir y analizar los beneficios fundamentales del IIoT en las principales empresas del sector petrolero en Vaca Muerta.
- g) Relevar, describir y analizar los desafíos y barreras para la adopción del IIoT en las principales empresas del sector petrolero en Vaca Muerta.

1.4. Alcance

El presente trabajo se enfocará en revisar el estado del arte sobre la transformación digital de las empresas petroleras, haciendo énfasis en la adopción de soluciones de IIoT en el sector de *upstream*. Otras tecnologías relacionadas con la transformación digital como puede ser *Big Data*, *Analytics* o *Machine Learning*, no se incluirán en este trabajo.

Asimismo, no se profundizará en el análisis sobre el *downstream*⁴, pero entendemos que pueden existir numerosas similitudes.

Como parte del marco teórico se incluyeron empresas y casos de éxito a nivel mundial a efectos de poder realizar comparaciones con el caso de Vaca Muerta. Sin embargo, el trabajo de campo estará enfocado en los beneficios, desafíos y barreras del IIoT en Vaca Muerta.

Por otra parte, no se realizará un plan de negocios específico para las implementaciones de IIoT pero se presentará información de fuentes secundarias, principalmente consultoras reconocidas internacionalmente, para dar una idea cuantitativa de los posibles beneficios económicos asociado a las soluciones de IIoT.

Por último, no se analizará en detalle las cuestiones relacionadas a las competencias de las organizaciones para la adopción de nuevas tecnologías, aunque potencialmente puedan llegar a aparecer como parte de los desafíos relevados.

1.5. Metodología de investigación

Se utilizará mayormente un paradigma de investigación cualitativo, haciendo foco en la descripción del impacto de la transformación digital en la industria del Petróleo y la comprensión del estado de adopción de las soluciones de *Industrial Internet of Things* en Vaca Muerta. Sin embargo, incorporaremos elementos cuantitativos como la presentación y análisis de encuestas realizadas por consultoras sobre el nivel de adopción de IIoT a nivel mundial.

Como sabemos, los investigadores cuantitativos traducen en números y mediciones sus observaciones. En la perspectiva cualitativa, el interés se centra en la descripción de los hechos observados para interpretarlos y comprenderlos dentro del contexto global en el que se producen. De esta forma, consideramos que una combinación de ambos paradigmas se ajusta mejor a las necesidades de esta investigación.

Por otra parte, la investigación que se llevará a cabo será del tipo descriptiva. Best (1988) se refiere a este tipo de investigación como aquella que minuciosamente interpreta lo que es. Está relacionada a condiciones o conexiones existentes, prácticas que prevalecen, opiniones, puntos de vista o actitudes que se mantienen, procesos en marcha,

⁴ Downstream se refiere a las compañías que se dedican a la destilación de hidrocarburos como por ejemplo, las refinerías.

efectos que se siente o tendencias que se desarrollan. En concordancia con esto, se realizará una revisión y análisis exhaustivo de documentos sobre la transformación digital de la industria para conocer el impacto que tiene sobre la productividad. Se utilizará la teoría de adopción desde el punto de vista de diferentes autores como Everett Rogers y Geoffrey A. Moore para aplicarla al análisis de adopción de soluciones de IIoT.

El IIoT es un área relativamente nueva y no existe una cantidad suficiente de publicaciones académicas y libros acerca del tema específico. Por este motivo se complementará el análisis con publicaciones y encuestas de organismos internacionales y consultoras reconocidas a nivel mundial. La investigación de campo se instrumentará con entrevistas a referentes de la industria petrolera, proveedores de servicios, organismos estatales y consultores.

Las fuentes de datos involucradas hasta acá se podrían resumir y categorizar de la siguiente manera:

- Fuentes de datos secundarias:
 - **Revisión y análisis bibliográfico.** Se realizará una revisión de la literatura correspondiente al tema de la transformación digital, IIoT y la teoría de la adopción de tecnología.
 - **Análisis de documentos: estudios, *papers*, casos, revistas.** Este instrumento permitirá descubrir las diferentes soluciones disponibles de IIoT en el mercado y cómo se compone el ecosistema de IIoT. Permitirá conocer también los beneficios y desafíos para la adopción de IIoT del sector petrolero y los principales casos de éxito en la industria. Al tratarse de una investigación descriptiva, este tipo de análisis nos permitirá saturar de datos e interpretar mejor cada una de las ventajas y desafíos.
 - **Encuestas de consultoras reconocidas.** Se utilizará este instrumento para describir el estado de adopción de IIoT en las principales empresas del sector petrolero a nivel mundial. También aportará detalles sobre los desafíos y objetivos detrás del IIoT para la industria del petróleo. Complementará de esta forma los datos obtenidos a través del análisis de documentos. Esta información servirá de base comparativa para evaluar la adopción de IIoT en Vaca Muerta.

- Fuentes de datos primarias
 - **Entrevistas semiestructuradas con especialistas de la industria petrolera, proveedores de servicios tecnológicos, CAIoT⁵ y consultores.** Las entrevistas estarán orientadas a entender la adopción, los desafíos y objetivos de las soluciones de IIoT en Vaca Muerta. Las ventajas de este instrumento es la flexibilidad en la obtención de la información al permitir adaptar a la medida de cada sujeto el contacto personal. Entre los principales problemas del uso de la entrevista se encuentra el tiempo, la dificultad de analizar las respuestas y la subjetividad.

En base a lo presentado, podemos decir que se recurrirá en menor medida a métodos cuantitativos y en mayor medida a métodos cualitativos para la obtención de datos. La ventaja de incluir ambos métodos es que podemos atender todos los objetivos de esta investigación. A su vez, como ambos métodos se complementan, brindando diferentes puntos de vista, contribuyen a corregir los inevitables sesgos que puedan tener. Esta técnica de negociación entre ambos métodos se la denomina “triangulación”. Tal como expresan Graner et al. (1956) y Denzin (1970), la utilización de dos o más métodos que converjan en las mismas operaciones, resultará en el fortalecimiento.

A continuación, se encuentran las variables, dimensiones, indicadores e instrumentos que se utilizarán para esta investigación.

Variable	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Adopción de tecnología	Grado de adopción de IIoT en las principales empresas del sector petrolero en Vaca Muerta y en el mundo	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar empresas que tienen al menos una solución de IIoT implementada. - Identificar empresas que tienen proyectos activos de implementación de IIoT. - Criterios de adopción. 	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis de encuestas y reportes de las principales consultoras como KPMG, Accenture, Practia, Deloitte, Infosys y otras. - Entrevistas a expertos de las empresas incumbentes, CAIoT, proveedores de servicios y consultores afines.

⁵ CAIoT, creada en 2020, se trata de la Cámara Argentina de IoT.

		- Tipo y uso de las soluciones de IIoT implementadas.	
	Principales beneficios del IIoT en las empresas del sector petrolero	Beneficios productivos, de seguridad y otros que surjan de este trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> - Marco teórico, análisis de documentos bibliográficos. - Análisis de encuestas y reportes de las principales consultoras como KPMG, Accenture, Practia, Deloitte, Infosys y otras. - Entrevistas a expertos de las empresas incumbentes, CAIoT, proveedores de servicios y consultores afines. - Estudio de papers relacionados con el tema.
	Barreras para la adopción de IIoT en las principales empresas del sector petrolero	Barreras económicas, tecnológicas, recursos humanos y otras que surjan de este trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> - Marco teórico, análisis de documentos bibliográficos. - Análisis de encuestas y reportes de las principales consultoras como KPMG, Accenture, Practia, Deloitte, Infosys y otras. - Entrevistas a expertos de las empresas incumbentes, CAIoT, proveedores de servicios y consultores afines. - Estudio de papers relacionados con el tema.
Transformación digital	Impacto de la transformación digital en las principales empresas del sector petrolero	<ul style="list-style-type: none"> - Ganancia en eficiencias - Incremento de la producción 	<ul style="list-style-type: none"> - Marco teórico, análisis de documentos bibliográficos. - Análisis de <i>papers</i> de consultoras como KPMG, Accenture, Practia, Deloitte, infosys y otras.

Tabla 1. Cuadro de variables, dimensiones, indicadores e instrumentos (elaboración propia).

2. Situación global de la industria del petróleo y gas

Resulta complejo poder describir la situación global de la industria del petróleo y gas, particularmente en tiempos de Covid-19. La pandemia por la cual el mundo está atravesando está causando un gran impacto en la vida y la economía de todos los que habitamos este planeta y la industria que nos incumbe, no es ajena a esta realidad. Todo lo contrario, es uno de los tantos sectores que ha sido altamente perjudicado. Como el impacto está siendo destructivo y no podemos predecir hasta cuándo seguiremos sufriendo sus consecuencias, el estudio de la situación global es doblemente complicado.

De todos modos, para tratar de ilustrar la situación particular de la industria, empezaremos por diferenciar 2 momentos. En primer lugar, presentaremos los puntos más relevantes del sector hasta fines del 2019, donde el Covid-19 no tenía aún relevancia. A continuación, presentaremos el impacto más reciente a causa de la pandemia, así como algunas de las medidas que se están tomando en las empresas para sobrevivir a esta crisis. Luego, dedicaremos una sección a entender la situación del *shale*⁶ en Estados Unidos ya que esto es de particular relevancia como elemento comparativo para Vaca Muerta. Por último, presentaremos las tendencias de la industria a 20 o 30 años. Nos parece sumamente importante esta última sección porque una de las características de la industria es la apuesta a largo plazo y esto determina las futuras inversiones y proyectos a desarrollar.

2.1. La situación del sector hasta 2019

Durante la última década, la industria del petróleo y gas ha experimentado situaciones completamente opuestas. Supo ser optimista y llevar a cabo inversiones audaces entre 2011 y mediados de 2014, cuando el precio del barril fluctuaba alrededor de los USD 100. Pero también sufrió una crisis entre mediados de 2014 y 2017 que obligó a reconsiderar sus inversiones y los costos. De acuerdo a un reporte de Deloitte (2020), para 2019, la industria había aprendido de los vaivenes de los años anteriores y se encontraba ante nuevos desafíos de *performance* y de inversiones debido a incertidumbres en los mercados globales. En la figura 1, podemos ver la evolución del precio del barril desde 1891 a 2019. Se puede observar las grandes variaciones de precio en la última década.

⁶ *Shale* hace referencia a un tipo de hidrocarburo de explotación no convencional. La explotación de Vaca Muerta es de este tipo.

Crude oil prices 1861-2019

US dollars per barrel
World events

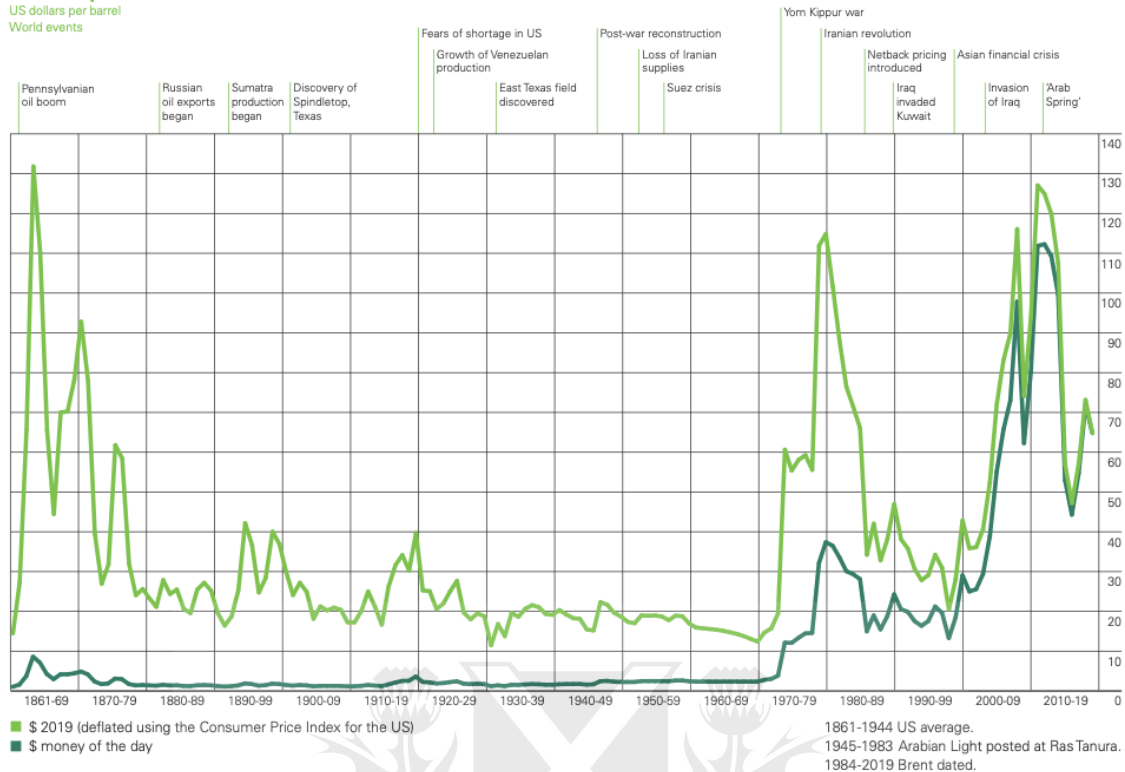


Figura 1. Evolución precio de barril de petróleo (British Petroleum, 2020b)

Desde 2014, por la baja del precio del barril, se había incrementado el consumo de combustible y otras fuentes de energía. Sin embargo, **hacia 2019, el menor crecimiento económico global puso un freno al consumo**, resultando en una desaceleración del incremento. De acuerdo al reporte anual de British Petroleum (2020b) en 2019, el consumo de petróleo creció por debajo del promedio, alcanzando 0,9%. En lo que respecta al gas, el consumo en 2019, aumentó un 2% pero quedó muy por debajo de los 5,3% registrados en 2018. **De forma global, el consumo total de energía en 2019 creció tan solo 1,3%, lo que representa la mitad del crecimiento del año anterior.** Los países que más aportaron al consumo fueron: China (24,3%), USA (16,2%), India (5,8%), Rusia (5,1%), Japón (3,2%), Canadá (2,4%) y Alemania (2,3%). Esto último, no debería representar una novedad, sin embargo, hay que resaltar a los países que más aportaron al crecimiento neto. En este ítem, China aportó $\frac{3}{4}$ del crecimiento, seguida por India e Indonesia; mientras que Estados Unidos y Alemania fueron los de mayor disminución. Para tener una referencia de nuestro país, la Argentina, representa el 0,6% del consumo global.

Por otra parte, era evidente que la OPEC⁷ buscaría balancear el mercado en 2019 ya que en los últimos años, Estados Unidos había sido el único productor con un incremento en su producción de petróleo y gas. Este aumento en la producción de Estados Unidos se debe a la reciente explotación de hidrocarburos *shale*. En 2018 y 2019 el precio del barril era incierto y muy volátil y el aumento de la producción debido al *shale* americano no ayudaba a contener el precio. De todas formas, el costo de producción del *shale* y los precios cada vez más bajos del barril, despertaban ciertas dudas en el mercado. Se estaba a la expectativa si los productores de Estados Unidos iban a poder mantener los mismos niveles productivos. En 2019, varios operadores de *shale* empezaron a reevaluar sus inversiones, puesto que empezaban a sentir las limitaciones de los inversionistas, quienes se encontraban escépticos sobre el futuro del sector. Por su parte, la OPEC y otros países como Rusia, intentaron contener la volatilidad del precio reduciendo la cuota de producción diaria en 1,2 millones de barriles. La idea subyacente era que la producción de *shale* en Estados Unidos no siga creciendo y limitar la producción de los países históricamente productores, es decir, la OPEC y Rusia, para balancear el sector y contener las variaciones del precio del crudo. De acuerdo a las estadísticas de British Petroleum (2020b), la producción de petróleo en 2019 disminuyó en 60.000 barriles/día. En el reporte destacan que el aumento de la producción en Estados Unidos (1,7 millones de barriles/día) no fue suficiente para contrarrestar la disminución en la OPEC (-2 millones de barriles/día). Irán, Venezuela y Arabia Saudita fueron los países de la OPEC que registraron mayores decrementos en su producción. Por su parte, el GNL (gas natural licuado), experimentó un aumento de la producción en 3,4%, siendo que Estados Unidos aportó 2/3 del incremento. Acá nuevamente vemos el aporte creciente del *shale gas* americano en los últimos años de la industria.

En las figuras 2 y 3 se pueden observar la producción de crudo y gas, así como el consumo, por región, de los últimos 25 años. Se puede ver claramente un crecimiento importante en este período, tanto de la producción como del consumo. Es relevante destacar el rol de Estados Unidos y en especial del *shale*, como responsable del crecimiento de la producción en los últimos 5 años. También se puede ver en las curvas de la derecha, una desaceleración del consumo en 2019.

⁷ OPEC se refiere a las siglas en inglés de la Organización de Países Exportadores de Petróleo

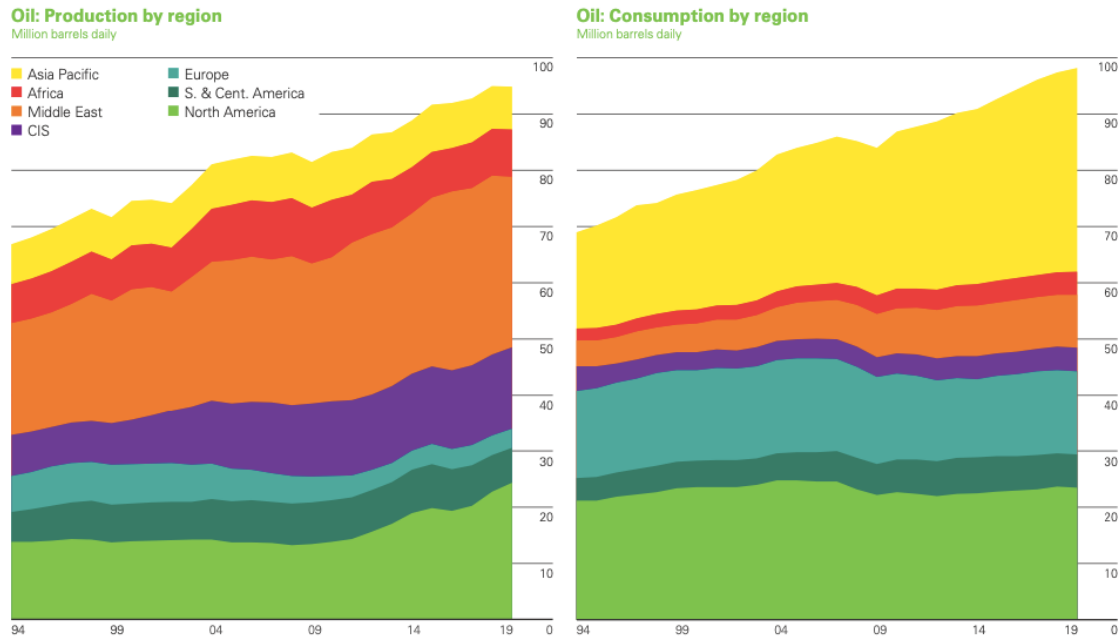


Figura 2. Producción de petróleo por región (British Petroleum, 2020b)

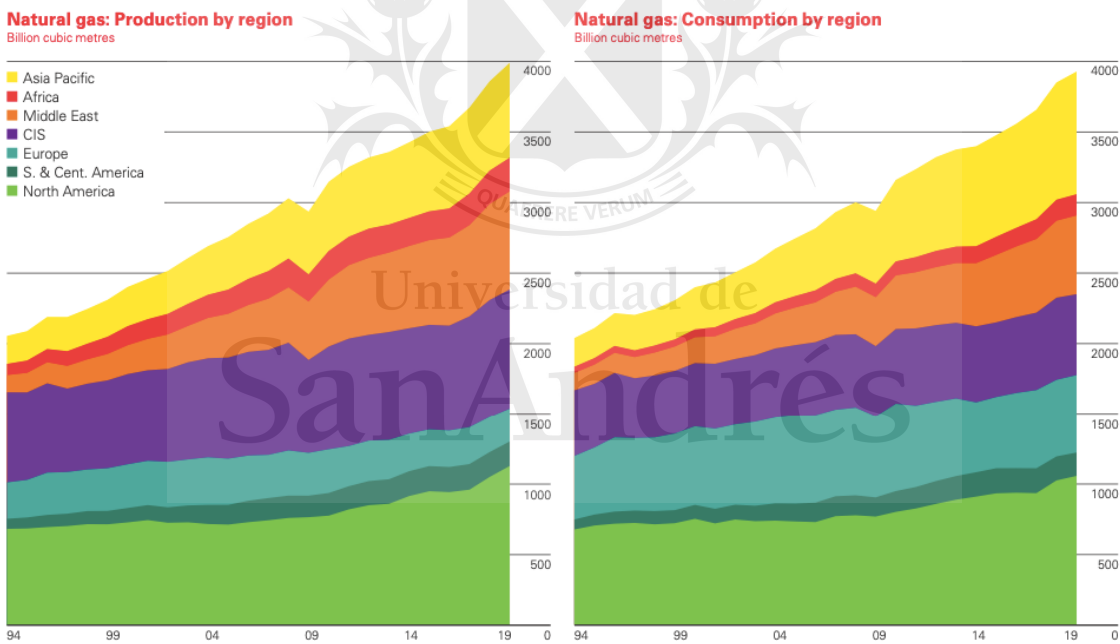


Figura 3. Producción de gas natural licuado por región (British Petroleum, 2020b)

Un hecho interesante de remarcar y que se puede observar también en los gráficos, es que el aumento del consumo tiene una mayor incidencia en la región de *Asia Pacific*. Esto se debe, fundamentalmente, al desarrollo y crecimiento industrial de la región en las últimas décadas. Según las estadísticas de British Petroleum (2020b), China fue el mayor responsable por el aumento del consumo de petróleo en 2019, con un incremento de 680.000 barriles por día, aunque también se registraron aumentos considerables en otras economías emergentes como la de India. Por otra parte, la demanda de GNL estuvo

liderada por Estados Unidos (27 bcm⁸) y luego China (24 bcm). A su vez, Rusia y Japón registraron las mayores caídas en el consumo, con 10 y 8 bcm respectivamente.

Continuando con otros aspectos de la situación global, según Deloitte (2020), los volúmenes de GNL estaban en alza en 2019. Sin embargo, la consultora afirma que la aprobación de nuevos proyectos de GNL puede experimentar dificultades en el futuro. Según el estudio, la capacidad exportadora de Estados Unidos ha crecido exponencialmente desde 2016 y seguirá creciendo hasta llegar a la máxima capacidad de los proyectos en desarrollo. Como el precio del gas en Estados Unidos (Henry Hub) está en baja pero es inferior a los valores de Asia y Europa, la opción de exportar fue y sigue siendo la mejor alternativa por el momento para Estados Unidos. Sin embargo, si los valores siguen en la tendencia actual (a la baja), será difícil ejecutar nuevos proyectos y según la consultora, las operadoras harán foco en optimizar los desarrollos existentes antes de invertir en nuevas exploraciones. Esta observación aplica tanto para Estados Unidos como para otros países. En la figura 4, se puede observar la tendencia del precio del GNL y la diferencia entre precios según el mercado, lo que evidencia la opción exportadora de Estados Unidos y la disminución del valor en general.

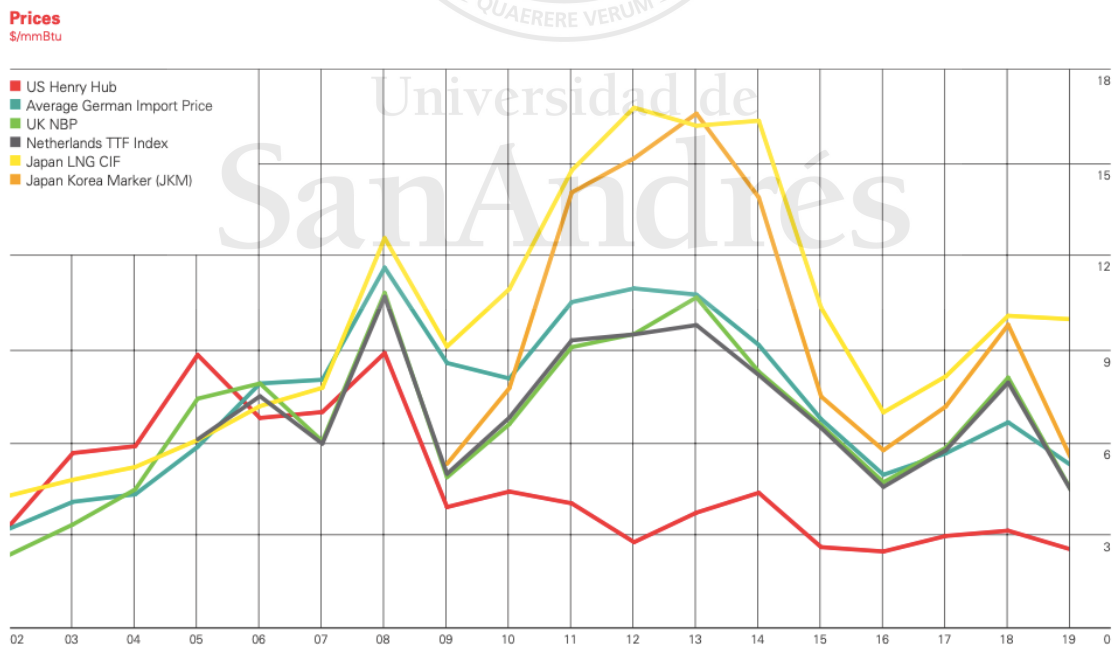


Figura 4. Evolución del precio del GNL (British Petroleum, 2020b)

⁸ Bcm se refiere a las siglas en inglés de miles de millones de metros cúbicos.

En lo que respecta a la expectativa de los inversores, la situación para las empresas tampoco es favorable, siendo que la proporción de capitalización de mercado de todas las empresas de petróleo y gas combinadas, cayó a su mínimo histórico, representando el 4,5% a fines de 2019 (Deloitte, 2020). La desconfianza del mercado financiero en la industria no se debe únicamente a los valores bajos del crudo o la volatilidad de los precios, y tampoco a la posible baja en la demanda de los años venideros. Según los analistas, el balance financiero de las empresas es lo que más está condicionando el accionar de los inversores. El atractivo se redujo principalmente por las variaciones del desempeño financiero del sector, donde se observaron cambios de prioridad entre las inversiones y los balances de *cash flow* (deudas, inversiones y distribución). Según el estudio de Deloitte (2020), se espera que los operadores y las empresas de servicio que componen el sector, trabajen en conjunto para alcanzar eficiencias del capital invertido, logrando reducciones de costo de producción sin afectar los márgenes ni la sustentabilidad de los proyectos. En resumen, se debe apuntar a lograr la excelencia operativa y mantener la disciplina financiera.

Para completar la información del mercado, presentaremos las 10 principales empresas del sector, teniendo en cuenta los ingresos obtenidos en 2018. De acuerdo a Muspratt (2019), existen más de 200 compañías de petróleo y gas en el mundo y las empresas tradicionales están experimentando una mayor competencia de las empresas nacionales. Estas últimas, son entidades estatales que poseen, en muchos casos, el derecho casi exclusivo sobre la exploración de las reservas del país. Coincidentemente, en varios casos, se trata de los países con las mayores reservas de recurso natural (ver **anexo 8.1**, sobre distribución de reservas por región). Para presentar la información de las principales empresas de forma más ordenada, construimos la tabla 2 en base a la nota de (Muspratt, 2019).

Puesto	Empresa	Ingresos totales 2018 (USD miles de millones)	Propiedad	Nacionalidad	Ganancia neta 2018 (USD miles de millones)	Barriles por día 2018 (millones)
1	Sinopec	377	Estatal	China	9,1	4,88
2	Saudi Aramco	355,9	Estatal	Arabia Saudita	111,1	13,6

3	China National Petroleum	324	Estatal	China	5,4	1,9
4	Royal Dutch Shell	322	Pública	Inglaterra / Holanda	23,9	3,7
5	British Petroleum (BP)	303,7	Pública	Inglaterra	9,58	4,1
6	ExxonMobil	241	Pública	Estados Unidos	20,84	4,91
7	Total	156	Pública	Francia	13,6	2,8
8	Valero	117	Pública	Estados Unidos	4,1	3,1
9	Gazprom	112	Pública	Rusia	5,8	9,7
10	Phillips 66	111	Pública	Estados Unidos	5,106	2,2

Tabla 2. Principales empresas de petróleo y gas por ingresos 2018 (confección propia en base a (Muspratt, 2019))

Por último, debemos destacar la ratificación de la transición hacia energías renovables. La componente de este tipo de energía en el total del consumo es aún muy baja y se espera que el petróleo y gas toquen máximos en 20 o 30 años, sin embargo, no se debe desestimar su potencial a largo plazo porque año tras año su crecimiento es cada vez mayor. En la figura 5, se observa que porcentualmente, el gas y las energías renovables son las 2 fuentes en crecimiento de consumo, mientras que el petróleo es el claro perdedor. De acuerdo a las estadísticas de British Petroleum (2020b), las energías renovables, incluyendo al biodiesel, registraron un incremento record de consumo. Proporcionalmente, fue la fuente que más creció en 2019. La energía eólica, seguida de la solar fueron las que más aumentaron, siendo que China, Estados Unidos y Japón fueron los países que más contribuyeron a dicho crecimiento. Un dato interesante para destacar es que la generación de electricidad tuvo un incremento de tan sólo 1,3%, alrededor de la mitad de su crecimiento promedio de los últimos 10 años.

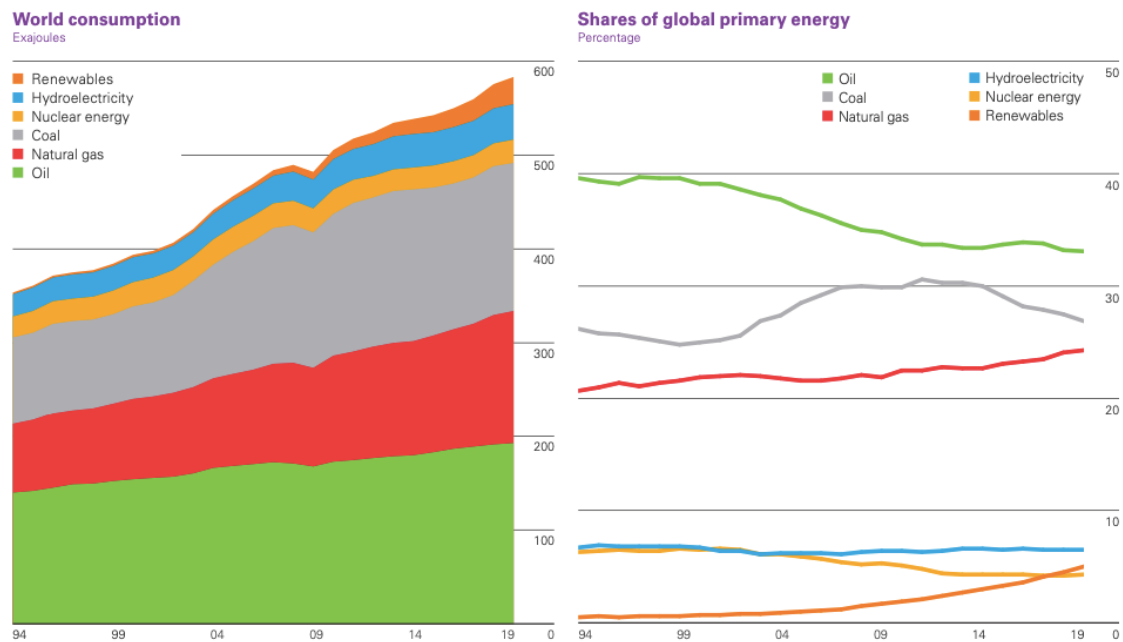


Figura 5. Consumo mundial de energía y aporte proporcional por tipo de energía (British Petroleum, 2020b).

Un hecho significativo relacionado con la adopción de energías renovables es el cuidado del medio ambiente. Dado esta nueva tendencia, las empresas de petróleo y gas están obligadas a reducir sus emisiones de CO₂ y trabajar fuerte para asegurar la sustentabilidad de la producción (reducir el desperdicio de agua y el uso de agua potable en la extracción del *shale*, eliminar las pérdidas de metano que contribuyen al efecto invernadero, minimizar los derrames, etc). Aunque lo anterior tiene que estar acompañado, a su vez, por un aumento en la producción para asegurar la demanda a largo plazo. Según British Petroleum (2020b), el crecimiento de las emisiones de CO₂ en 2019 fue del 0,5%, menos de la mitad del promedio de la última década. Sin embargo, no todas son buenas noticias ya que en 2018 el incremento fue del 2,1%, muy superior a lo previsto.

De acuerdo a los analistas de Deloitte (2020), esta adaptación más centrada en la sustentabilidad de las exploraciones, es necesaria para mantenerse relevantes ante los consumidores y la sociedad. Por otro lado, esas mismas empresas corren el riesgo de perder mercado o incluso desaparecer, si no toman medidas claras para anticiparse a las futuras demandas de otros tipos de energía.

2.2. El impacto de la pandemia

Anteriormente, describimos el escenario global de la industria en los últimos años, sin considerar los efectos de la pandemia. En esta sección, presentaremos el impacto de la misma, con la intención de entender la visión a corto y mediano plazo del sector.

A esta altura no es ninguna novedad decir que la expansión del Covid-19 ha generado una situación sin precedentes en la industria. Sin embargo, otros factores contribuyeron a esta nueva crisis del sector, que algunos apuntan como de las mayores desde el descubrimiento del petróleo en 1859 (Dickson, 2020). A la pandemia global, que causó una reducción en la demanda de energía por los motivos que todos conocemos y el consiguiente desplome del precio del petróleo, debemos agregar la existencia de una sobre oferta mundial de crudo y gas causada por diferencias entre Rusia y la OPEC (también conocidos como OPEC+) que no lograban llegar a un acuerdo para limitar la producción mundial y así contener los precios. Para los analistas, Rusia temía que al hacerlo, perdería cuota del mercado antes sus competidores, especialmente ante Estados Unidos, que se convirtió en el mayor productor mundial gracias al *shale*. Por detrás de esta maniobra, radicaba el hecho que Rusia estaba dispuesta a tolerar un precio de USD 40, o incluso menos, para consolidar la industria. Hay que tener en cuenta que los costos de producción del *shale* americano es muy superior a los de Rusia y la OPEC, con lo cual, los productores americanos se verían afectados (BBC, 2020). **Esta combinación entre caída abrupta de la demanda, disminución del precio del petróleo y sobre oferta, creó un escenario de “tormenta perfecta” de la cual todavía no se conoce el final.**

En lo que respecta a la demanda del crudo, Covid-19 afectó profundamente a los combustibles, en particular, los que alimentan a los aviones y se espera que la velocidad de recuperación sea diferente según el tipo. El impacto fue tan importante en el precio del barril WTI (West Texas Intermediate) que luego de arrancar el año en USD 60, llegó a alcanzar valores negativos de USD -30 por un período muy corto, para finalmente ubicarse en aproximadamente USD 40. En la figura 6, podemos observar la variación del precio del barril WTI en el último año y el hecho histórico de los valores negativos.



Figura 6. Evolución precio petróleo WTI (Trading Economic, 2020)

Para entender mejor la magnitud de la reducción en la demanda, podemos citar algunos ejemplos (Woods, 2020):

- La demanda de barriles de petróleo cayó aproximadamente 20%, equivalente a 78 millones de barriles por día, en abril de 2020 en comparación con los 101 millones en diciembre de 2019.
- La producción de automóviles globales cayó 60% en abril de 2020, en comparación al mismo mes del año anterior, afectando la venta de productos químicos y lubricantes.
- Los vuelos comerciales cayeron 70% en el mismo período, afectando de forma drástica la venta de combustibles para aviación.

Ante esta situación, la industria empezó a tomar medidas para aliviar el efecto y tratar de sobrevivir a la “tormenta”. En principio, la mayoría tomó acciones para bajar permanentemente su estructura de costos. En algunos casos, dejaron de tomar deuda, en otros, están llevando a cabo reestructuraciones que incluyen el despido de personal. A su vez, se están acelerando los procesos de automatización en lo que respecta a la producción y perforación. Cada vez es más frecuente, el uso de herramientas de trabajo remoto que permiten cumplir con los protocolos de distanciamiento social y mantener el ritmo de producción.

Entre las medidas más agresivas se encuentran las reducciones significativas de inversiones de capital y los recortes en flujos de caja operativos. Para esto, muchas empresas están postergando proyectos, revisando su portfolio y enfocándose en aquellos negocios que son más rentables y que otorgan más flexibilidad para poder ajustar la producción de forma dinámica. Sin embargo, hay consultoras que recomiendan que los cortes en las inversiones en 2020 no deben afectar la capacidad de las empresas de escalar su producción en el corto y mediano plazo ya que todo indica que la demanda seguirá creciendo luego de la pandemia (Dickson, 2020).

Para dar cuenta del impacto y las acciones concretas que tomaron y están tomando las grandes empresas del sector, relevamos los anuncios realizados en las notas de prensa durante la primera mitad de 2020. Presentamos las medidas y los resultados más relevantes de algunas de las empresas más importantes (ExxonMobil, 2020; British Petroleum, 2020a; Total, 2020).

ExxonMobil

- Pérdidas acumulada en la primera mitad de 2020: USD 1.690 millones
- Reducción en su plan de inversión de capital de USD 33.000 millones para USD 23.000 millones.
- Disminución del 15% de sus gastos operativos.
- Evaluación de reducción de personal en todos los países. Hasta el momento Australia y Europa fueron anunciados. Más de 1600 empleados afectados en Europa.
- Aumento del nivel de deuda para tener liquidez. Decisión de no tomar más deuda durante 2020.
- Continúa la consolidación de su portfolio con la inversión en Guyana y foco en los activos más rentables.
- Principal reconfiguración de su operación para la producción de insumos de higiene y protección para hacer frente al Covid-19.
- Investigación de nuevas tecnología para almacenamiento y captura de carbono. Descubrimiento de tecnologías y soluciones más eficientes con el potencial de reducir emisiones.

BP

- Pérdidas acumulada en la primera mitad de 2020: USD 6.700 millones.
- Reducción de dividendos en 50%.
- Reducción de 10.000 puestos de trabajo para fines de 2020.
- Anunciaron cambio de estrategia de IOC (International Oil Company) para convertirse en IEC (International Energy Company).
- Plan de reducción de producción de petróleo y gas en 40% hasta 2030, considerando los valores de 2019. Foco de las inversiones en los activos más rentables de petróleo y gas que generen flujo de caja para financiar la transición de energía.
- Aumento de la inversión en energías con baja emisión de carbono. Consideran invertir USD 5.000 millones hasta 2030.

Total

- Pérdidas acumulada en la primera mitad de 2020: USD 8.335 millones.
- Igual a ExxonMobil, buscan mayor disciplina financiera, reducción de la inversión (Capex) en USD 3.300 millones y aceleración de los ahorros en Opex en USD +500 millones para disponer de flujo de caja. Excelencia operativa en todos sus activos para lograr mayor rentabilidad por activo.
- Similar a BP, Total anunció que desde ahora se llamará Total Energy y no solamente Total Oil & Gas.
- Presentaron plan de conversión de sus refinerías a biorefinerías.
- A pesar de anunciar una transición hacia energías con menor emisión de carbono, señalaron que van a enfocar su portfolio en los activos de petróleo y gas más rentables.
- La tendencia positiva del aumento en la demanda de gas y la transición de energía, impulsa la continuación de los proyectos de LNG. Foco en Mozambique, Ártico y Nigeria.
- Comprometidos con lograr el ambicioso objetivo europeo de emisiones netas de carbono nula para 2050.

En resumen, las empresas del sector presentaron pérdidas históricas en 2020 y poseen objetivos agresivos de reducción de *capex* y *opex*. Existe una tendencia a la consolidación de los activos más rentables y desinversión en los proyectos no estratégicos. En ese sentido, también buscan lograr la excelencia operativa y eficiencias en todos sus activos, incluyendo reducción de personal. Contar con liquidez suficiente para seguir apalancando los proyectos estratégicos también es sumamente importante para evitar endeudarse y poder suplir la demanda luego de la pandemia. Por otra parte, las grandes empresas europeas están más decididas en llevar a cabo la transición hacia energías de menor emisión de carbono y poseen proyectos en marcha para lograr ese objetivo. A su vez, en su mayoría, anunciaron cambios organizacionales para apalancar esta nueva estrategia. En lo que respecta al precio del barril de crudo, la mayoría coincide en que se recuperará hacia 2023 donde alcanzará nuevamente USD 60.

A pesar del panorama complejo, como en toda crisis, también existen oportunidades. Las empresas que estén mejor preparadas para superar o resistir el impacto temporal, podrían optar por consolidarse a través de M&A⁹. Esto es particularmente relevante en el caso de la industria del *shale* americano que cuenta con muchas pequeñas y medianas compañías pasando por una difícil situación financiera.

Siguiendo con las oportunidades, el mercado de LNG presenta condiciones futuras favorables en los países con economías emergentes como India. De acuerdo con Dickson, (2020), la demanda futura de LNG en Asia y América Latina es promisoriosa y las empresas podrían evaluar hacer inversiones en este momento para asegurarse una posición predominante en esos mercados a futuro.

2.3. El panorama del shale en Estados Unidos

Decidimos dedicarle una sección de este capítulo para cubrir la revolución del *shale* en Estados Unidos por la relevancia que tiene actualmente en la producción global de energía y sobre todo, porque entendemos que existen numerosas similitudes con la formación Vaca Muerta que es el objeto de estudio de esta tesis. En el próximo capítulo, cubriremos en detalle la formación Vaca Muerta y qué es el *shale/tight oil* y *gas*, pero por ahora diremos que es un tipo de exploración de hidrocarburos no convencionales del mismo tipo que la existente en nuestro país y cuyas técnicas de extracción también son las mismas. Como poseen muchas características en común y la extracción del *shale* en

⁹ M&A se refiere a las siglas en inglés de fusiones y adquisiciones (*merge and acquisition*)

Estados Unidos comenzó casi 10 años antes que en Argentina, es interesante conocer la situación actual para anticiparse a los potenciales desafíos que enfrentará la exploración de Vaca Muerta en el futuro.

Empezaremos por decir que la producción de petróleo y gas en Estados Unidos comenzaba a presentar signos de estancamiento a principios del año 2000. Sin embargo, debido a la aparición y comercialización a valores razonables de técnicas de fractura hidráulica o *fracking* (veremos más detalles en el próximo capítulo) y nuevas tecnologías para la perforación horizontal de pozos, la exploración no convencional en la formación Barnett Shale, empezó a expandirse rápidamente a partir de 2005. El optimismo aumentó en los años siguientes cuando la EIA anunció enormes reservas de *shale gas* y *tight oil* en las diversas cuencas del país (Deloitte, 2019a). Así, Estados Unidos se ubica en el segundo lugar en el mundo en reservas de petróleo no convencional y cuarto en gas no convencional. Vaca Muerta, como referencia, se ubica cuarto en petróleo y segundo en gas no convencional (Secretaría de Gobierno de Energía, 2018). El crecimiento fue tan masivo que para mediados de 2019, la producción de petróleo del país alcanzó un record, siendo superior a los 12 millones de barriles por día (12MMbbl/d) y 90.000 millones de pies cúbicos por día (90Bcf/d) de gas. Si consideramos solamente el aporte de *tight oil*, unos 8,5 MMbbl/d, estamos frente a más del 10% de la producción mundial de petróleo. Hoy en día, Texas produce más petróleo que cualquier país miembro de la de OPEC, con la excepción de Arabia Saudita (Deloitte, 2019a). En la figura 7, podemos ver la evolución de la producción de *shale* por formación (Permian, Eagle Ford, etc) y su porcentaje sobre el total producido en el país.

The shale revolution

■ Permian ■ Appalachian ■ Eagle Ford ■ Bakken ■ Haynesville ■ Anadarko ■ Niobrara — Oil share

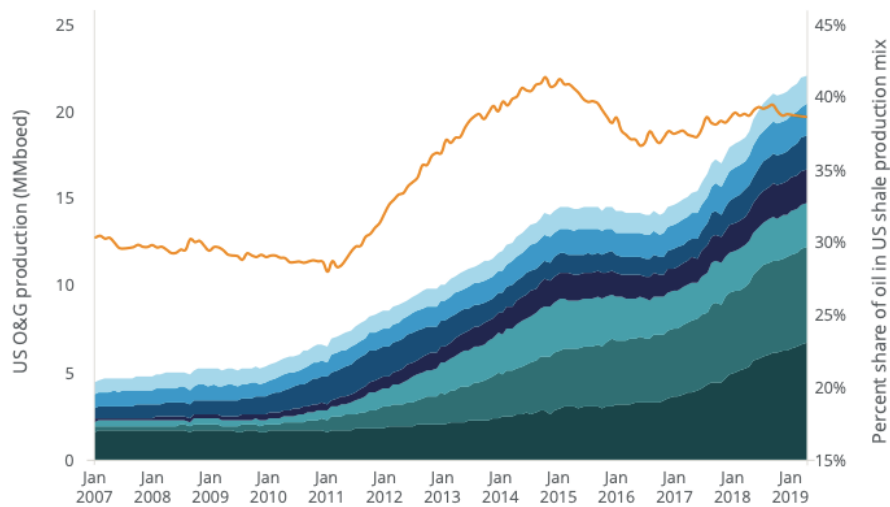


Figura 7. Evolución de la producción de *shale* en Estados Unidos (Deloitte, 2019a)

El caso más emblemático de todas las cuencas de *shale* es Permian, cuyas reservas potenciales alcanzan los 46.000 millones de barriles y cuya producción actual está solamente detrás de 5 países. El uso de técnicas innovadoras y las fuertes inversiones de capital (entre USD 20.000 y USD 25.000 millones anuales) lograron triplicar la producción en los últimos 5 años (ver figura 8). A este crecimiento fenomenal lo apalancaron también un marco regulatorio maduro y atractivo para que muchos operadores y otras empresas de servicios se radiquen en la zona y construyan un ecosistema propicio para la exploración. Por estas razones, no sólo los pequeños y medianos operadores se encuentran presentes en Permian, empresas como Chevron y ExxonMobil anunciaron planes ambiciosos de expansión con el objetivo de alcanzar los 0.9–1 MMbbl/d para 2023. Por último, la infraestructura de la región sigue creciendo y ya existen numerosos proyectos de gasoductos terminados o a punto de ser terminados para llevar los hidrocarburos a las refinerías de Texas que son las mayores del país (Deloitte, 2019b).

The stunning Permian growth

■ Reeves (TX) ■ Midland (TX) ■ Lea (NM) ■ Eddy (NM) ■ Loving (TX) ■ Martin (TX) ■ Upton (TX)
 ■ Howard (TX) ■ Reagan (TX) ■ Glasscock (TX) ■ Ward (TX) ■ Andrews (TX) ■ Irion (TX) ■ Ector (TX)
 ■ Gaines (TX) ■ Others/unknown — Well completion

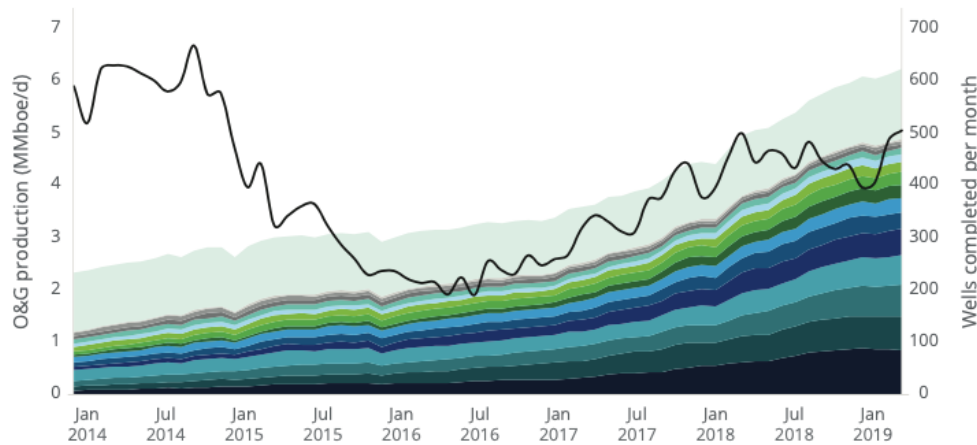


Figura 8. Evolución de la producción en Permian (Deloitte, 2019b)

Sin embargo, no todas son buenas noticias. Lograr mejorar la productividad del *shale* no es una tarea trivial. De acuerdo a un reporte de Deloitte (2019a), como cada formación (Permian, Eagle Fort, Bakken, Appalachian, etc) tiene características únicas y el desarrollo de este tipo de hidrocarburos se encuentra en una etapa relativamente inicial, muchos operadores siguen aprendiendo y todavía se encuentran en fase experimental. No es raro encontrarse con pozos de baja producción o incluso observar que al aumentar la longitud del pozo no se mejora la producción. Algo para destacar es la creencia que a mayor inyección de fluidos como parte de la técnica de fractura hidráulica, mayor la productividad obtenida. Si bien es cierto que en una primera fase eso se comprobaba, en los últimos 3 años esa regla no aplica para todos los pozos. De esta forma, muchos operadores registraron baja *performance* ya que los costos aumentaban por la mayor inyección y sin embargo, la producción se mantenía constante. Otro factor que impactó la productividad de varios productores fueron las falencias en el diseño del pozo. Se observaron casos donde no perforaban con la longitud suficiente e incluso casos, donde se perforaba más allá de lo debido. De esta forma, al costo superior propio de la necesidad del *fracking*, se suma el costo de experimentación propio del desconocimiento de los yacimientos. Si tenemos en cuenta que encima nos encontramos en un entorno de bajos precios del crudo, con una importante presión por mantener el crecimiento de la producción sin aumentar la inversión de capital, la situación se torna más compleja. Por ese motivo, cada vez son más frecuentes las preguntas sobre productividad, eficiencia y

retornos de la inversión por parte de los inversores, quienes han perdido el atractivo por el sector y han puesto a los pequeños y medianos productores en una difícil situación, la cual se encuentra agravada por la pandemia.

A pesar del entorno complejo, muchos operadores que supieron armar un portfolio de activos en las formaciones de mayor calidad (cuenca Permian y Appalachian) y/o realizaron diseños de ingeniería customizados (largo, profundidad, distancia entre pozos, etc), con un balance correcto entre productividad y estimulación intensiva de terminación (inyección de fluidos), sumado a una eficiente planificación en la superficie (reducción de días por metro perforado, logística, etc), están logrando las eficiencias necesarias para mantener y/o aumentar su producción. El crecimiento en la producción que mencionamos anteriormente es un reflejo del trabajo exhaustivo realizado por las operadoras hasta la fecha.

Según Deloitte (2019a, 2019b), para continuar con los excelentes resultados, es imprescindible que los operadores sigan aprendiendo de la experiencia propia y ajena, hagan uso de la ciencia aplicada y las técnicas de modelado, incorporen data *analytics* e implementen de forma amplia en todos sus pozos, las estrategias de terminación exitosas observadas en los pozos de mayor calidad.

2.4. Tendencias de la industria

Para concluir este capítulo sobre la situación global de la industria del petróleo y gas, presentaremos las principales tendencias del mercado desde el presente hasta 2040/50. Como mencionamos anteriormente, la industria estudiada se vale de estas tendencias para establecer sus estrategias y los proyectos de inversión. Por los tiempos y la necesidad intensiva de capital requerido en la mayoría de los proyectos de exploración, resulta imprescindible conocer la evolución a futuro de suministro y demanda de productos. La información que se presenta a continuación se obtuvo de diferentes fuentes (ExxonMobil, 2020; U.S. Energy Information Administration, 2019a, 2019b, 2019c, 2020a, 2020b).

- A. **El precio futuro del petróleo es incierto, el precio de referencia se estima en USD 100 para 2050.** Los analistas de la EIA proveen 3 escenarios para contemplar la incertidumbre del precio. En el caso de existir un precio alto, lo estiman en USD 185, la referencia es de USD 100 y para el caso de un precio bajo, lo ubican en USD 45.

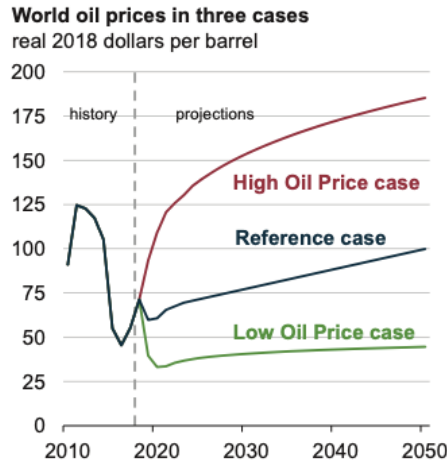


Figura 9. Proyección precio barril de petróleo (EIA, 2020b)

B. **La energía es fundamental para la vida moderna.** El acceso a la energía está directamente relacionado a la calidad de vida. En las próximas décadas, el aumento de la población y el aumento en el nivel de vida provocarán un aumento en la demanda por casas, negocios y transporte. Por consiguiente, la demanda de energía aumentará.

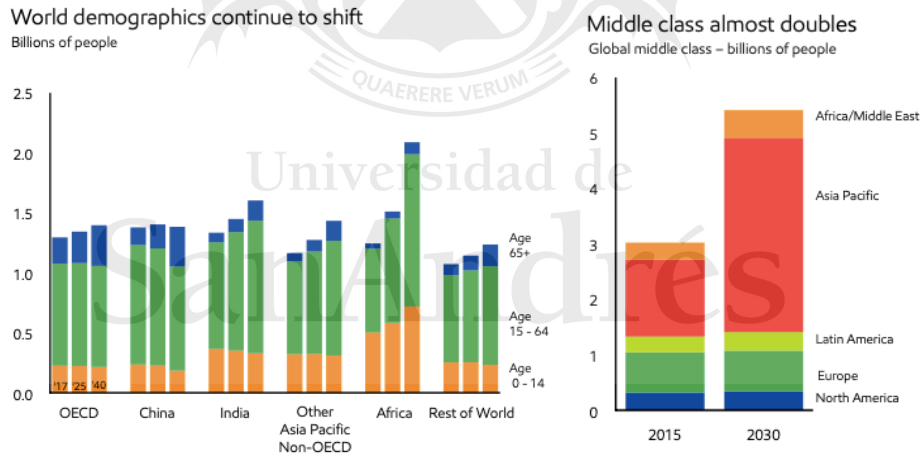


Figura 10. Crecimiento demográfico y aumento de la clase media (ExxonMobil, 2019)

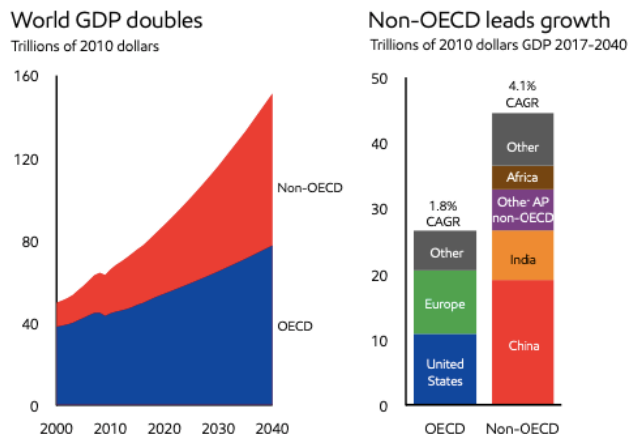


Figura 11. Evolución del PBI en países OECD y no OECD (ExxonMobil, 2019)

C. La demanda de energía aumentará 20% para 2040 según ExxonMobil (2020b) y el consumo aumentará 50% para 2050 según EIA (2020c). Ambos coinciden que la demanda difiere notablemente entre los países OECD¹⁰ y no-OECD. Las innovaciones van a permitir a los países que componen OECD expandir sus economías y a la vez lograr una reducción en la demanda de energía de 5% con una reducción de las emisiones de CO2 de 25%. Por el contrario, en los países no-OECD, el uso de energía y las emisiones de CO2 aumentará cerca de 25% de la mano del aumento de la población y las mejoras en las condiciones de vida.

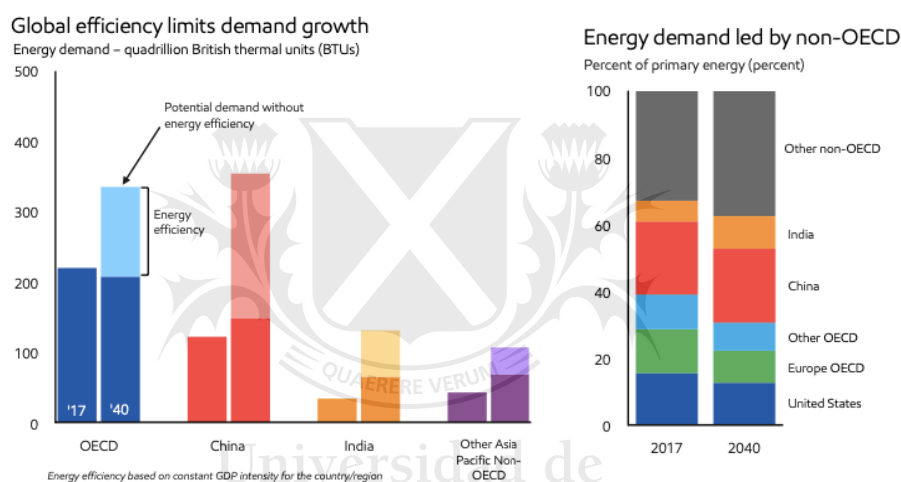
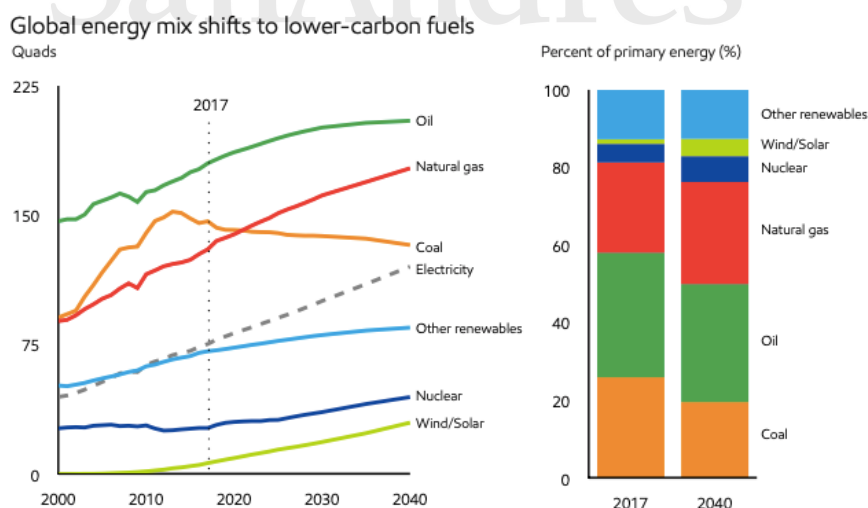


Figura 12. Crecimiento de la demanda de energía limitado por eficiencias y distribución del aumento de energía por países (ExxonMobil, 2019)



¹⁰ OECD se refiere a las siglas en inglés de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. Es un organismo de cooperación internacional, compuesto por 37 estados, cuyo objetivo es coordinar sus políticas económicas y sociales. La OCDE fue fundada en 1961 y su sede central se encuentra en Francia. La integran los países más ricos del mundo.

Figura 13. Transición a energías con menor emisión de CO2 y porcentaje por tipo de energía (ExxonMobil, 2019)

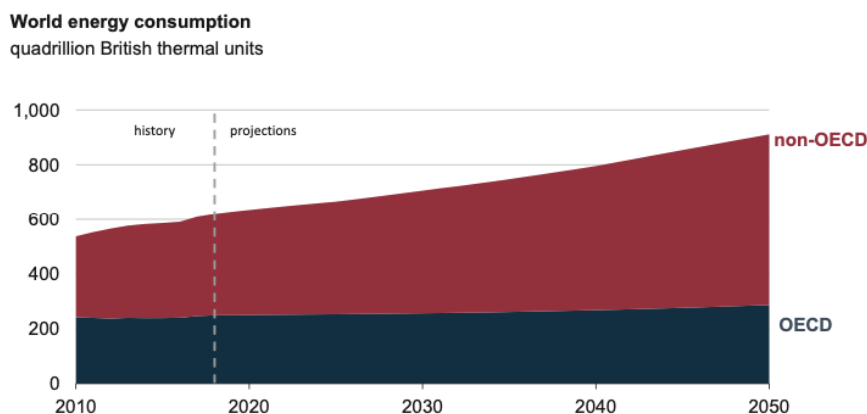


Figura 14. Consumo mundial de energía (EIA, 2019c)

D. La demanda global por electricidad aumentará 60%. La tendencia de los vehículos eléctricos, el uso de electricidad en casas y edificios, la automatización y los dispositivos inteligentes, estimularán aún más el uso de electricidad. La energía solar, eólica y LNG se presentan como las fuentes que más crecerán en el futuro como generadoras de electricidad. El mix de fuentes generadoras varía según la región de acuerdo a la disponibilidad, costos y políticas públicas. El carbón, por su parte, seguirá reduciendo su aporte.

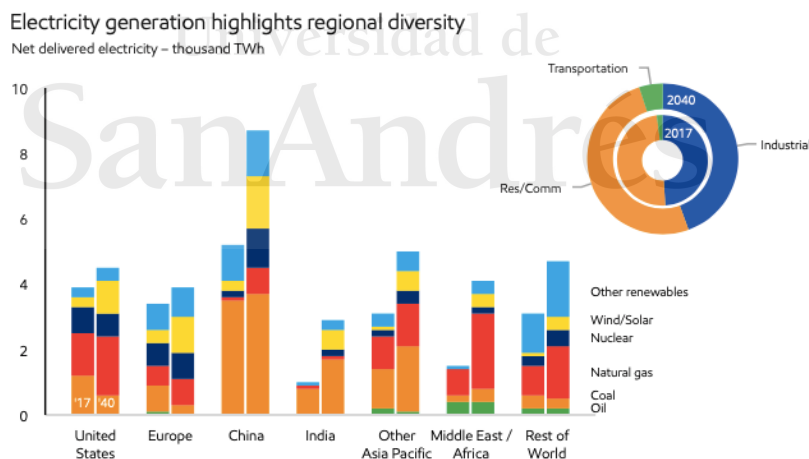


Figura 15. Origen de generación de electricidad por región (ExxonMobil, 2019)

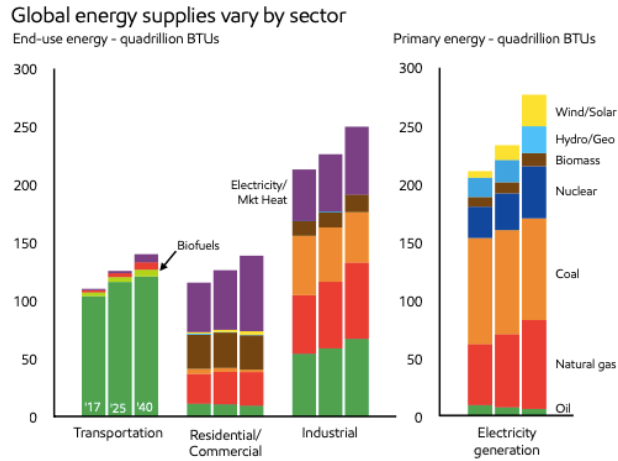


Figura 16. Suministro de energía por sector (ExxonMobil, 2019)

E. **Casi la mitad de la energía mundial se destina al uso industrial.** Como resultado del aumento de la población y de la urbanización, nuevas casas, caminos y electrodomésticos se construirán. El acero, el cemento y los químicos son elementos esenciales para satisfacer estas necesidades y todos ellos requieren consumo intenso de energía para su fabricación.

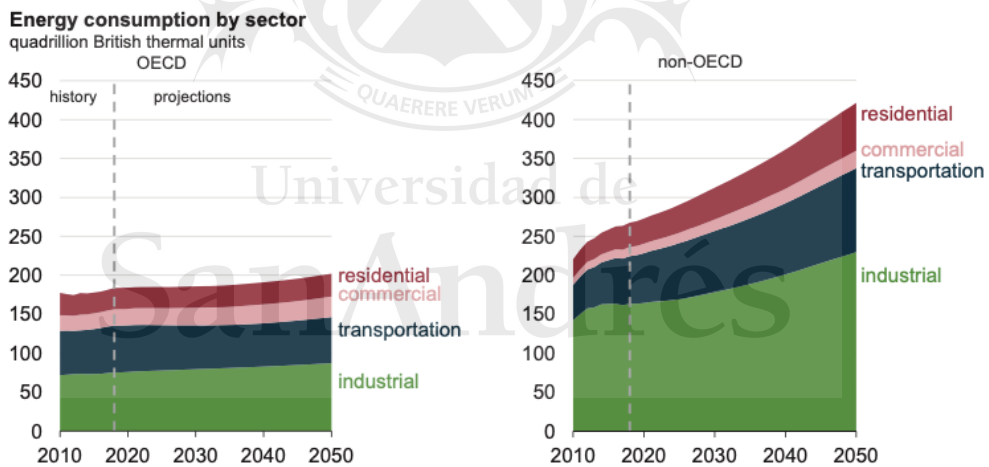


Figura 17. Consumo de energía por sector (EIA, 2019c)

F. **El comercio y el intercambio son los factores que seguirán impulsando el consumo de energía en el transporte, aumentándolo en 25%.** La demanda de combustible para el transporte liviano reducirá de la mano de los autos eléctricos, sin embargo, la demanda de combustible neta aumentará por el transporte comercial. El traslado de personas y productos por micros, aviones, trenes, camiones y barcos seguirá siendo impulsado por combustibles destilados del petróleo.

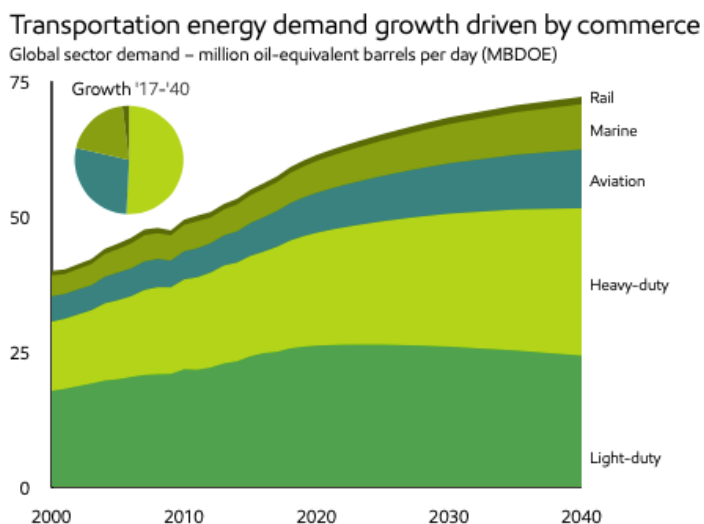


Figura 18. Crecimiento de la demanda de combustible para transporte por tipo de uso (ExxonMobil, 2019)

G. La emisión global de CO₂ debido al consumo de energía disminuirá pero seguirá por encima de los 2C. Mayores eficiencias energéticas y la transición hacia energías más limpias ayudarán a bajar la curva de emisión de CO₂ aunque eso no servirá para alcanzar la reducción de 2C en 2030 propuesta como parte del Acuerdo de Paris. Tecnologías y soluciones innovadoras y políticas públicas son imprescindibles para lograr las aspiraciones de la sociedad.

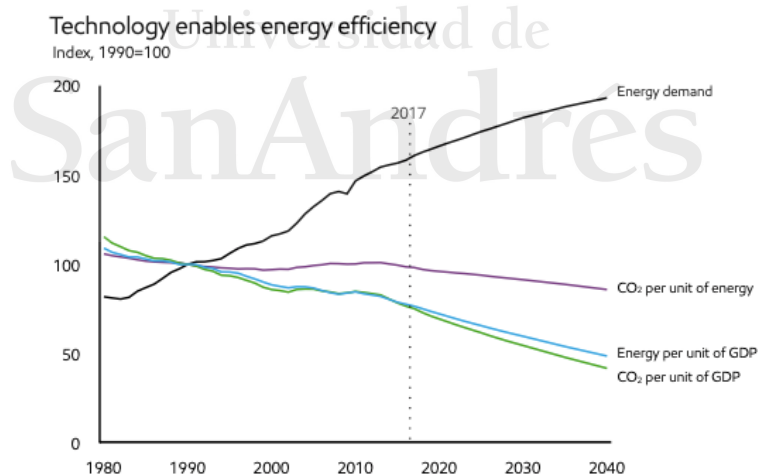


Figura 19. Impacto de la tecnología en la eficiencia energética (ExxonMobil, 2019)

H. Petróleo y gas seguirán siendo fuentes importantes de energía y requerirán fuertes inversiones. El petróleo y el gas representan el 55% del consumo actual de energía. Para 2040, todo indica que seguirán subministrando el 50% de la energía global. El gas natural es la fuente de energía que más crecerá, alcanzado casi el 25% del total de la demanda de energía. Inversiones en ambas

exploraciones son necesarias para dar cuenta de la demanda futura y financiar la transición de energía.

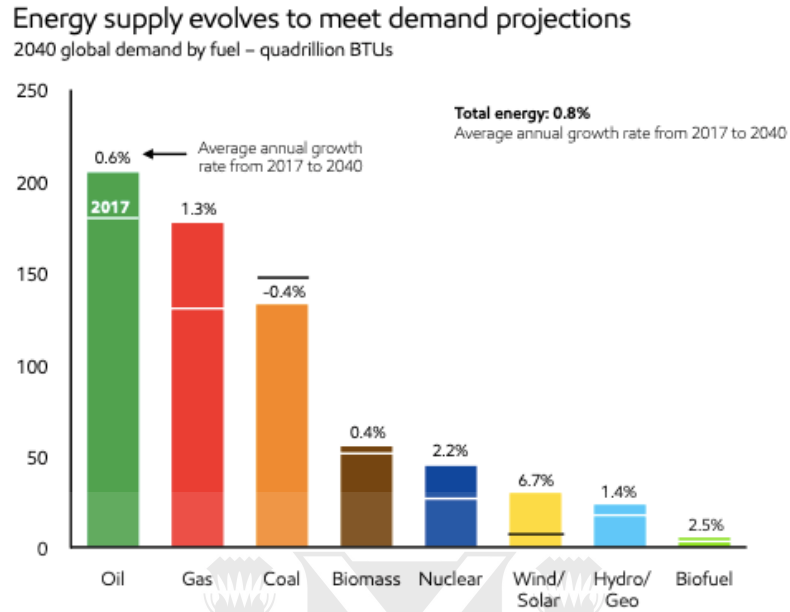


Figura 20. Proyección del suministro de energía para 2040 (ExxonMobil, 2019)

3. Sobre Vaca Muerta y su potencial de desarrollo

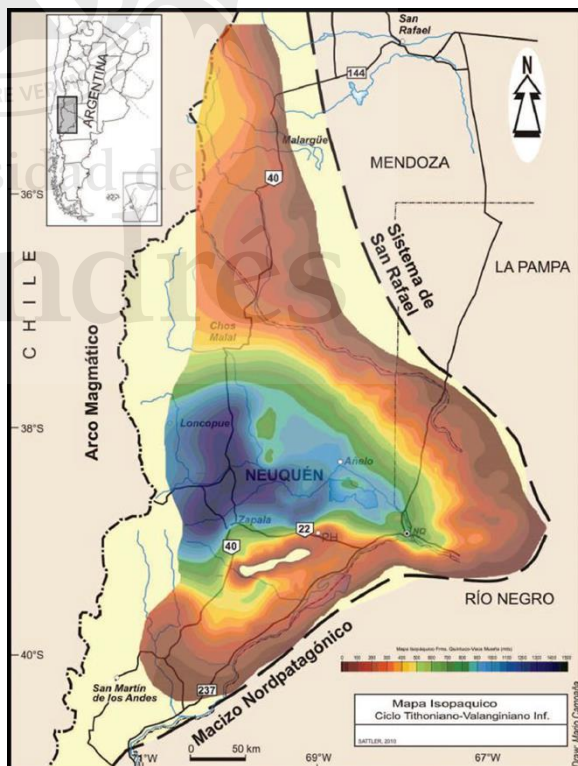
A efectos de entender la relevancia de Vaca Muerta para el desarrollo energético argentino, a continuación, haremos una breve descripción del estado de situación de la exploración, presentaremos las principales empresas productoras y mostraremos su potencial de desarrollo.

3.1. ¿Qué es y dónde se encuentra Vaca Muerta?

De acuerdo a Robles (2012), Vaca Muerta es una formación sedimentaria depositada en un mar de edad jurásica, en la Cuenca Neuquina, ubicada al noroeste de la región patagónica en Argentina. Fue denominada con ese nombre en 1931 por el estadounidense Charles Edwin Weaver (1880-1958), doctor en Geología y Paleontología, que la encontró aflorando en toda la sierra de Vaca Muerta. Esta formación está constituida por sedimentitas denominadas margas bituminosas, debido a su alto contenido de materia orgánica y constituye la roca generadora de hidrocarburos líquidos y gaseosos más prolífica de la cuenca Neuquina.

En la figura 21 podemos ver que ocupa casi la totalidad de la superficie de la provincia de Neuquén, con una extensión de aproximadamente 30.000 km². Posee un clima semiárido con un bajo régimen de precipitaciones y estepas arbustivas. La ocupación poblacional es escasa.

Según el Instituto Argentino de Petróleo y Gas (IAPG), no fue hasta el año 2010, con la perforación de los primeros pozos, que se tomó conciencia del enorme recurso energético (gas y petróleo) que contiene la formación Vaca Muerta. Se conocía su potencial pero ni la tecnología ni los costos permitían aprovecharlo. Hoy, esta situación se ha revertido. La actividad para extraer estos recursos se ha vuelto intensiva y va en aumento.



Mapa isopácuico del ciclo Tithoniano a Valanginiense Temprano en la Cuenca Neuquina.
 De la publicación: "LA FORMACIÓN VACA MUERTA Y EQUIVALENTES (JURÁSICO TARDÍO-CRETÁCICO TEMPRANO) EN LA CUENCA NEUQUINA"
 Autores: Héctor A. Leana, Federico Sattler, Ricardo S. Martínez y Osvaldo Carbono.
 Expuesto en el RELATORIO DEL XVIII CONGRESO GEOLOGICO ARGENTINO • NEUQUÉN, 2011

Figura 21. Mapa de la formación Vaca Muerta (Instituto Argentino de Petróleo y Gas, 2020)

Las dos técnicas factibles de desarrollar en la formación Vaca Muerta son el *shale gas* y *shale oil* que están dentro del tipo de exploraciones que se conocen como “no convencionales”. Se trata del mismo hidrocarburo que los “convencionales” pero la principal diferencia radica en la forma que se encuentran almacenados, tanto el gas como el petróleo.

El IAPG explica muy bien estos conceptos (Instituto Argentino de Petróleo y Gas, 2020). Según éste, durante años, las operaciones estuvieron dirigidas a la búsqueda y extracción de petróleo y gas alojados en los poros microscópicos de rocas permeables; es decir, cuyos poros están interconectados entre sí. Al estar interconectados, los fluidos (el gas y el petróleo) pueden viajar por el interior de esas formaciones, normalmente en dirección a la superficie. En algunos casos, en su camino hacia la superficie se encuentran con rocas impermeables que no los dejan avanzar y quedan atrapados. A estos se los conoce como yacimiento de hidrocarburos “convencionales”: una roca reservorio permeable, cuyos hidrocarburos almacenados se encuentran atrapados por una roca sello impermeable. En la Argentina, cuando se habla de “no convencionales”, se refiere específicamente a dos tipos de hidrocarburos: los de las formaciones *shale*, como Vaca Muerta, y los de las formaciones *tight*. En ambos casos, se trata de formaciones muy compactas. Las *tight*, de baja permeabilidad. Las *shale*, directamente impermeables. En el caso del *shale*, se trata de rocas formadas a partir del lecho de lagos y mares. En ellas, la materia orgánica atrapada se convirtió en gas y petróleo. Por eso es común leer o escuchar que al *shale* se lo llama también “roca generadora” o “roca madre”. Esta roca generadora, ha resultado fisurada por procesos físicoquímicos naturales. En algunos casos, por esas fisuras, una parte de los hidrocarburos migró, en general, en dirección hacia la superficie, pero buena parte de los hidrocarburos quedó allí, atrapada en la roca generadora. Cuando se habla de extraer el *shale gas* y *shale oil* es, precisamente, ir a buscar los hidrocarburos allí, en las formaciones en las que se generaron, y que quedaron sin migrar a formaciones permeables o yacimientos convencionales. En la figura 22, se ilustran los yacimientos convencionales y los no convencionales.

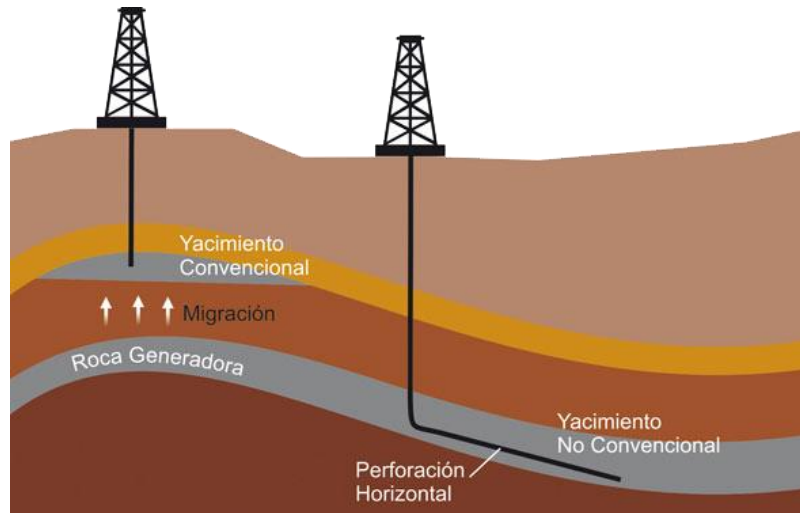


Figura 22. Yacimientos convencionales y no convencionales (Instituto Argentino de Petróleo y Gas, 2020)

Como el gas y el petróleo se encuentran distribuidos en millones de poros microscópicos que, a diferencia de los reservorios convencionales, no están interconectados entre sí, es necesario generar artificialmente vías para que puedan fluir hacia el pozo. Para eso se utiliza una técnica denominada estimulación hidráulica, fractura hidráulica o *fracking*. Una vez abierta las fisuras, pueden fluir los hidrocarburos hacia el pozo, para permitir su extracción.

Mencionamos también las formaciones *tight* o de "arenas compactas". Se trata de formaciones no generadoras. De hecho, recibieron hidrocarburos que se generaron en las formaciones *shale*, pero sus poros están muy mal interconectados (muy baja permeabilidad). También en este caso es necesario hacer estimulación hidráulica o *fracking*, para mejorar la permeabilidad, aunque a menor escala.

Algo a tener en cuenta es que la tecnología actual permite la exploración del *shale* y *tight* aunque el costo asociado a las técnicas de *fracking* lo hacen más costoso que el petróleo y gas convencionales. A su vez, el *shale* es más costoso de extraer que el *tight*.

Según datos de la Secretaría de Energía de la Nación (SESCO), la producción diaria promedio para el mes de junio de 2020 en Vaca Muerta fue de:

- Petróleo: 18.537 m³/d o 117 Mbd
- Gas: 31.529.602 m³/d

Según la misma fuente, al 31 de junio de 2020, se han perforado 1.370 pozos.

3.2. Cómo se ubica en el mapa mundial de exploraciones de hidrocarburo

De acuerdo a la U.S. Energy Information Administration (2017), Vaca Muerta representa el 60% del total de 27 mil millones de barriles de reservas técnicamente recuperables de *shale oil* de Argentina. Esto convierte a la Argentina y Vaca Muerta en la **cuarta mayor reserva de *shale oil* del mundo**. Por otra parte, se estima que las reservas recuperables de *shale gas* en Vaca Muerta alcanza 8,7 billones de metros cúbicos lo que la convierte en la **segunda mayor reserva mundial de *shale gas***.

Sin embargo, estos valores consideran a las reservas técnicamente recuperables de *shale* pero no las realmente comprobadas. Si hablamos de reservas comprobadas, de acuerdo al Análisis Estadístico Energético Mundial, a fines de 2019, Argentina poseía 2,4 mil millones de barriles de petróleo y 0,4 billones de m³ de gas (British Petroleum, 2020b). Estos valores representan el 0,1% y el 0,2% de las reservas mundiales de petróleo y gas respectivamente. De los 49 países productores de petróleo relevados, Argentina se ubicaba en el puesto 33. En el caso del gas, ocupaba el lugar 33 de 51 países relevados. Si tuviéramos en cuenta las reservas técnicamente recuperables de *shale*, estos valores ascenderían aproximadamente al 1,5% (puesto 13) y 4,2% (puesto 6) respectivamente. Desde ya que para poder considerar esto último, tendríamos que estar en una etapa de desarrollo muy avanzada de Vaca Muerta y ante un escenario optimista.

De esta forma, vemos que la Argentina ocupa un lugar relativamente bajo en el mapa mundial de hidrocarburo actual pero Vaca Muerta podría representar un salto cuantitativo para el país. En el capítulo anterior, mencionamos el rápido crecimiento de la producción de Estados Unidos a partir del desarrollo del *shale*. Teniendo en cuenta que las reservas potenciales de ambos países son comparables en magnitud, Argentina podría experimentar en el futuro un crecimiento similar si las condiciones globales y las regulaciones nacionales son favorables.

3.3. Los principales jugadores y el estado actual de desarrollo

Ahora que sabemos de qué se trata Vaca Muerta, trataremos de entender el estado actual de desarrollo y su aporte a la matriz energética de la Argentina. Resulta importante para este trabajo también conocer las principales empresas del sector petrolero que están llevando a cabo proyectos de exploración y producción en la formación. Esta información servirá de guía para el trabajo de campo y las entrevistas que se realizarán como parte de este estudio.

Hasta mediados de agosto de 2020, la provincia de Neuquén tenía concesionado casi el 30% de la formación Vaca Muerta. En un anuncio hecho por el gobernador Omar Gutiérrez el 13 de agosto de 2020 en ocasión de una nueva concesión no convencional, el mismo explicó: “Es la concesión número 39 en Vaca Muerta que otorga la Provincia. Esto implica que aproximadamente está concesionado el 30 por ciento de la formación, casi 9.000 kilómetros cuadrados.” (Subsecretaría de Energía, Minería e Hidrocarburos, 2020). En la misma nota de prensa destacan las inversiones esperadas para el total de las concesiones: “La etapa piloto de las concesiones vigentes significa inversiones por 8.418 millones de dólares y la perforación de 574 pozos. Por su parte, y de acuerdo a los resultados de la fase piloto, se esperan inversiones por 181.494 millones de dólares y la perforación de 12.959 pozos.”. En el **anexo 8.2** se puede ver la lista de anuncios de inversión en Vaca Muerta que publica el Ministerio de Economía en su página web.

Por otra parte, debemos remarcar que la producción de petróleo y gas en Neuquén, a partir de la explotación de Vaca Muerta, ha sufrido un giro importante en lo que se refiere al aporte de los fluidos no convencionales al total de la producción. Existe una marcada tendencia a la baja en lo que se refiere a convencionales y un aumento exponencial del *shale*. Esta tendencia, que empieza en 2014, también hace que la producción total de la provincia, después de experimentar una caída sostenida desde 2009, experimente un crecimiento en los últimos años. En el caso del petróleo, la curva revierte la tendencia a la baja en 2017 y en el caso del gas, la recuperación empezó antes y ya desde 2014 va en aumento. En la figura 23, podemos observar cómo, en los últimos años, la producción de petróleo convencional en la cuenca Neuquina decae y aumenta la producción de *shale oil*. En la figura 24, podemos ver que lo mismo ocurre con el *shale gas*. **Es importante destacar que hace 10 años, el aporte de los hidrocarburos tipo *shale* era menor al 1% del total de la producción y hoy representan el 47% del petróleo y casi el 40% del gas.**

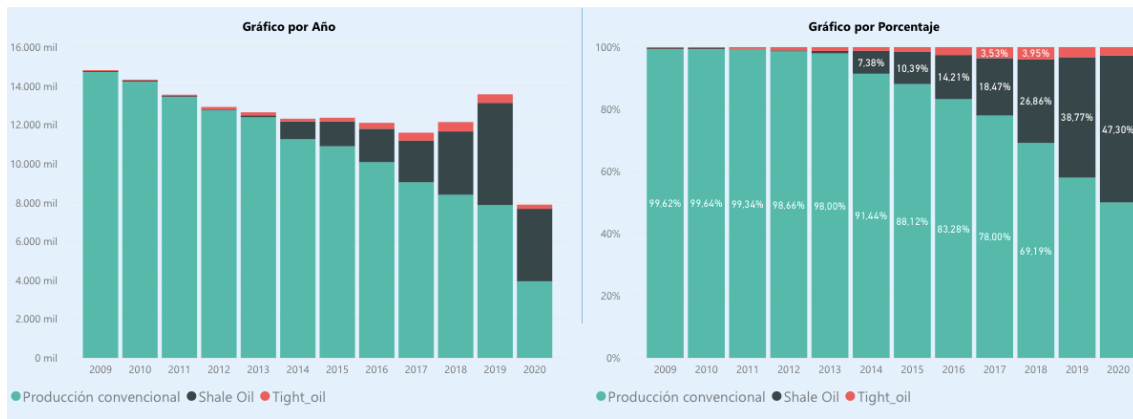


Figura 23. Producción total de petróleo en la cuenca Neuquina por tipo de exploración (Secretaría de Energía de la Nación, 2020).

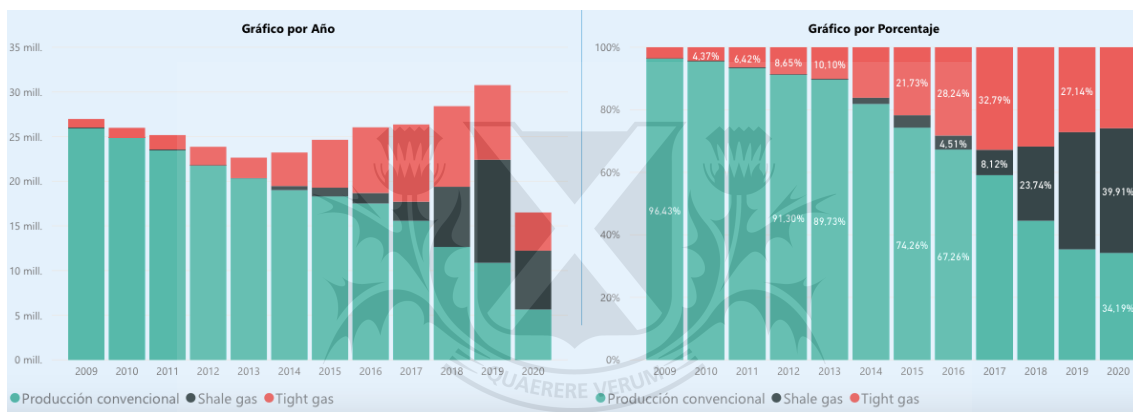


Figura 24. Producción total de gas en la cuenca Neuquina por tipo de exploración (Secretaría de Energía de la Nación, 2020).

En lo que respecta a la cantidad de pozos perforados, según la Subsecretaría de Energía, Minería e Hidrocarburos de la provincia de Neuquén (2020) es muy baja la cantidad de nuevos pozos convencionales y hay una marcada mayoría de nuevos pozos no convencionales. La evolución de pozos perforados en Neuquén se puede observar en la figura 25. El número de pozos no convencionales es la mitad de los casi 600 pozos perforados por día en Permian aunque la explotación intensiva en Vaca Muerta recién empieza.

EVOLUCIÓN POZOS PERFORADOS CONVENCIONALES Y NO CONVENCIONALES



Figura 25. Evolución de pozos perforados en Neuquén (Subsecretaría de Energía, Minería e Hidrocarburos de Neuquén, 2020).

Para entender cuáles son las empresas más importantes que están operando en Vaca Muerta, optamos por mostrar la producción desde enero de 2019 a agosto de 2020 (ver figura 6) de las principales 10 compañías (Secretaría de Energía de la Nación, 2020). De la figura 26, podemos ver que hay un marcado predominio de YPF en lo que se refiere al petróleo. En cambio, con respecto al gas, la distribución tiene como líder a Tecpetrol pero existen otros jugadores importantes. Vemos también que hay presencia de compañías nacionales o con participación nacional (YPF, Tecpetrol, Pan American Energy, etc) así como internacionales (Shell, ExxonMobil, Total, etc). Vale aclarar que la información presentada corresponde a las empresas operadoras y en muchos casos el aporte de capital incluye a otras compañías del sector. Es común ver en este tipo de desarrollos, donde se requiere una inversión intensiva de capital, la figura de *joint venture*¹¹. Podemos citar como ejemplo, el caso de ExxonMobil y Qatar Petroleum, en el cual la segunda adquirió en junio de 2018, el 30% de dos filiales que ExxonMobil posee en Argentina y que producen en Vaca Muerta (Al Sayegh, 2018). Otro caso muy conocido fue la colaboración entre YPF y Chevron al inicio de la exploración en 2013.

De esta forma, vemos bastante participación de empresas americanas en Vaca Muerta y esto, sin dudas, beneficia el desarrollo local ya que aportan el *know-how* derivado de la exploración del *shale* en Estados Unidos. Para completar la descripción de

¹¹ *Joint venture* hace referencia a una asociación empresarial en la que los socios comparten los riesgos de capital y los beneficios según las tasas acordadas

las empresas incumbentes, diremos que el listado de compañías productoras incluye 19 razones sociales tanto para *shale oil* como *gas*.

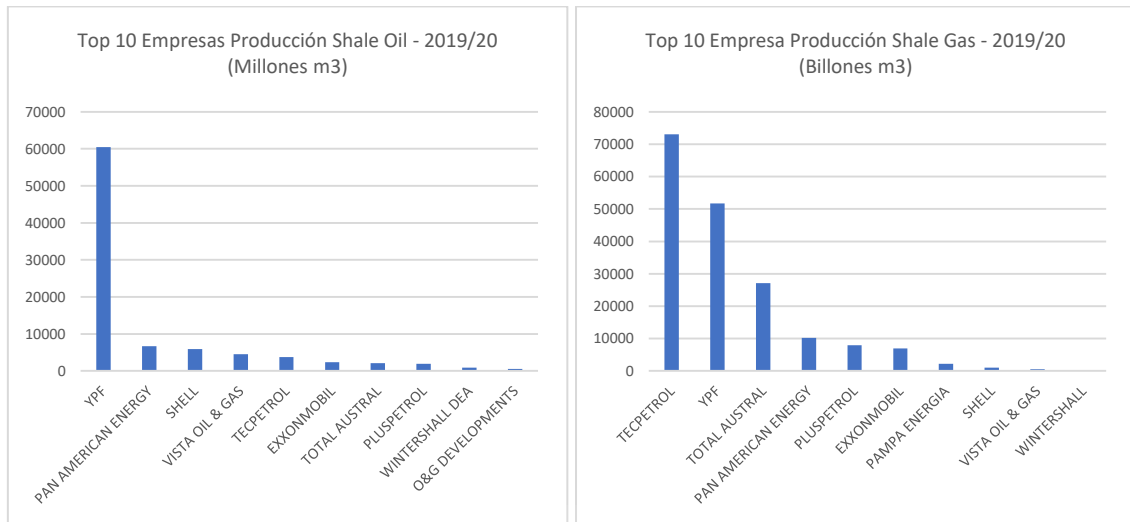


Figura 26. Top 10 empresas productoras de *shale oil* y *gas* en Vaca Muerta desde 2019 (Elaboración propia en base a datos de la Secretaría de Energía de la Nación, 2020).

Cambiamos el foco ahora hacia la producción nacional de hidrocarburo para entender el impacto de Vaca Muerta a nivel país. Según el cuadro de indicadores de la Secretaría de Energía de la Nación, tanto la producción convencional de petróleo como gas, registran una caída considerable desde 2009. Sin embargo, la producción de *shale*, que viene casi exclusivamente de la cuenca Neuquina y en particular de Vaca Muerta, no para de crecer. Por suerte, esto le permitió al país alcanzar un aumento sostenido de la producción en los últimos años. En el caso del petróleo, el aumento es todavía incipiente y no logra alcanzar los valores de 2009 pero en el caso del gas, ya lo ha superado. En las figuras 27 y 28 se puede observar la producción anual de petróleo y gas respectivamente a nivel nacional.

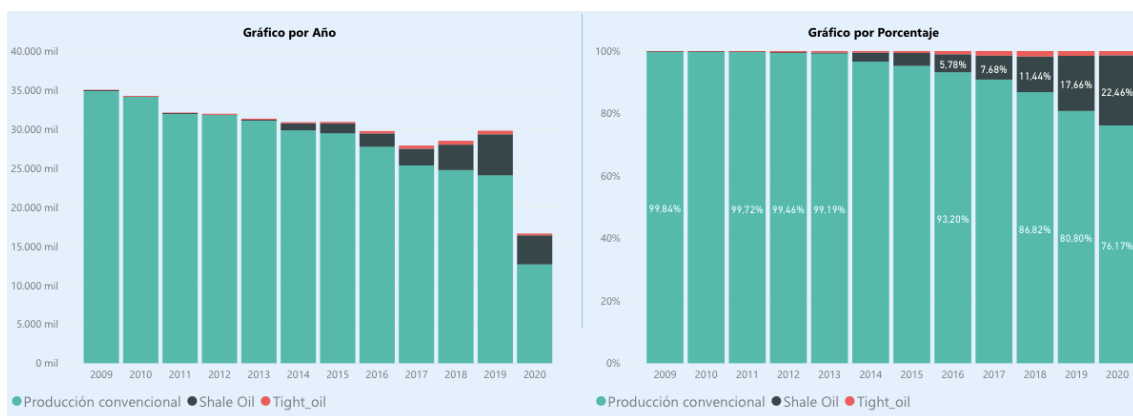


Figura 27. Producción nacional total de petróleo por tipo de exploración (Secretaría de Energía de la Nación, 2020).

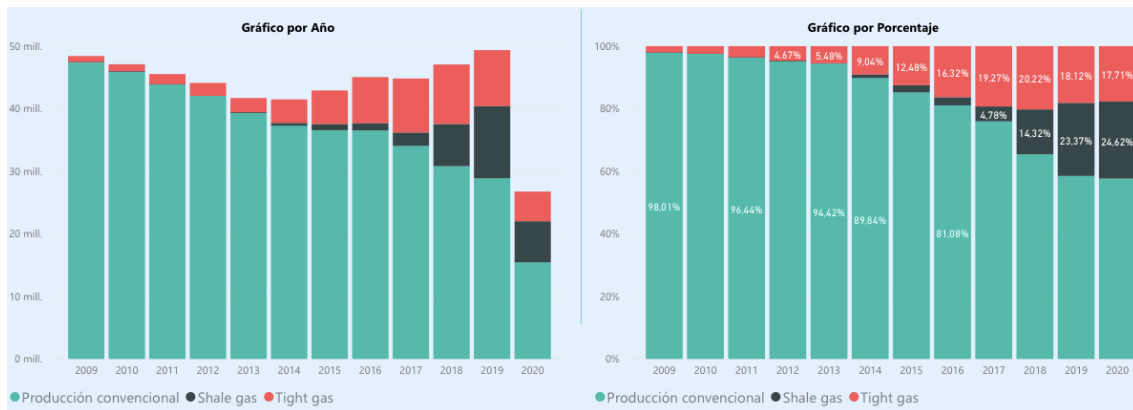


Figura 28. Producción nacional total de gas por tipo de exploración (Secretaría de Energía de la Nación, 2020).

Queda claro que a partir del desarrollo de Vaca Muerta, el *shale* empieza a tomar preponderancia y hoy en día representa más del 20% de la producción nacional tanto de petróleo como de gas.

Si la tendencia continúa y se sostienen los desarrollos en Vaca Muerta, en pocos años, la cuenca Neuquina será la principal productora de hidrocarburos de Argentina (hoy en día ya es la principal productora de gas) y Vaca Muerta liderará entre las formaciones que más aportan petróleo y gas al país. En la figura 29 podemos ver una lámina de la matriz energética argentina de 2017 realizada por Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, junto con el Ministerio de Energía y Minería y la Fundación Vida Silvestre Argentina. Si tenemos en cuenta que el 85% de la matriz energética del país corresponde a los hidrocarburos (52% gas y 33% petróleo), podemos afirmar que Vaca Muerta se perfila a ser la principal fuente de energía de Argentina en los próximos años.

La Energía en la Argentina

Nuestro país posee abundantes recursos naturales provenientes de diversas fuentes. Aprendamos de dónde viene, cómo se genera y distribuye y a usarla más responsable y eficientemente.

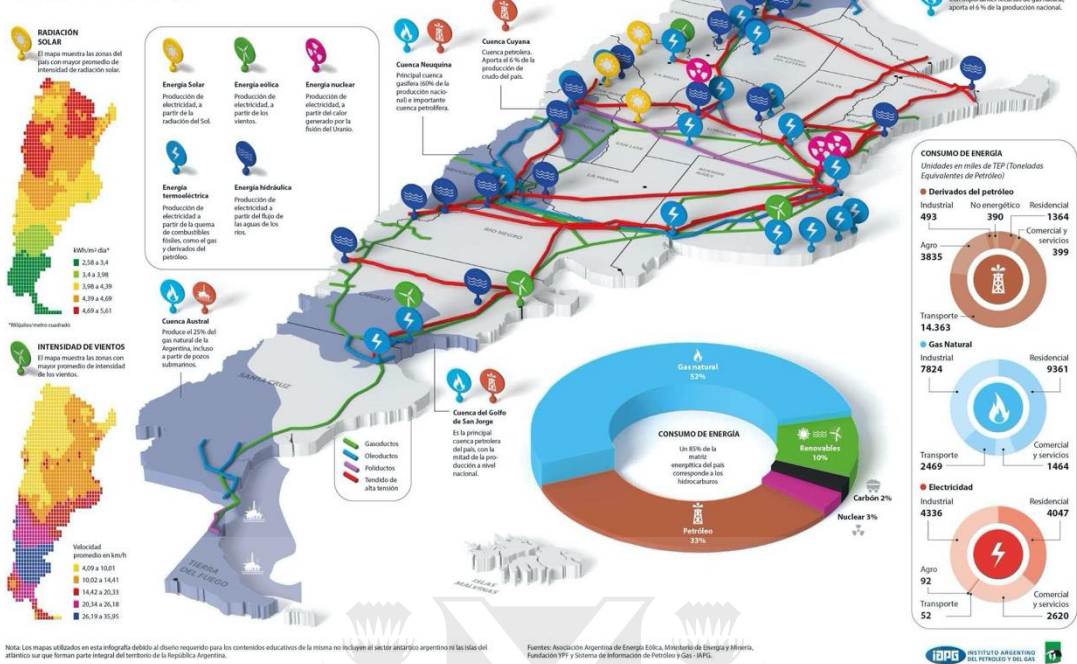


Figura 29. Matriz energética argentina (Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, 2017).

La afirmación anterior se encuentra alineada con la visión y los ambiciosos objetivos energéticos presentados en 2018 durante el gobierno de Mauricio Macri. Destacamos la visión de la Secretaría de Gobierno de Energía (2018, p. 2):

“Proveer a los argentinos de energía abundante, limpia y a precio accesible, y transformar al país en un proveedor mundial de energía mediante el desarrollo masivo y responsable de recursos no convencionales y de la incorporación de energías renovables, alcanzando costos competitivos para el desarrollo de las PyMEs, las industrias y el transporte.”

A su vez, 3 de los 6 objetivos principales de la misma secretaría están relacionados al desarrollo de Vaca Muerta, a saber (Secretaría de Gobierno de Energía, 2018, p.3):

1. “Duplicar la producción de gas en 5 años, llegando a 260MMm3 (9,2Bcf) por día, y exportando 100MMm3 (3,5Bcf) diarios.”
2. “Duplicar la producción de petróleo en 5 años, llegando a 1 millón de barriles por día, y exportando 500 mil barriles por día.”
3. “Generar 500 mil empleos asociados al desarrollo de Vaca Muerta.”

Sin embargo, existen algunos informes recientes sobre la situación actual de Vaca Muerta que marcan un panorama complicado y cuestionan el avance del Plan Energético Argentino (Hipple y Sanzillo, 2020). En este informe, destacan que las condiciones en Vaca Muerta ya eran difíciles antes de la pandemia por cuestiones de inestabilidad política y económica del país. Entre ellas, mencionan que el cambio de autoridades a nivel nacional luego de las elecciones para presidente causó incertidumbre en el sector, obligando a los productores a paralizar sus inversiones y aguardar señales de la nueva administración. Por otra parte, las medidas económicas de congelamiento de precios del crudo y la fuerte devaluación del peso y de los bonos nacionales, marcaron aún más el freno del sector. A este cambiante escenario local, se le han sumado las reducciones de inversiones de los socios extranjeros (Chevron, BP, ExxonMobil, Total, etc) debido a la baja demanda internacional, desaceleración del crecimiento económico global y caída en los precios.

Queda claro que las condiciones naturales propias de la formación Vaca Muerta representan una oportunidad única para nuestro país si tenemos en cuenta las tendencias a largo plazo del mercado descritas en el capítulo anterior. Sin embargo, igual de importante son las condiciones políticas y económicas nacionales para el desarrollo del sector. Como ejemplo, vimos que en el caso de Permian, se crearon regulaciones específicas para garantizar el crecimiento de la producción y la llegada de operadores e inversionistas. La situación económica global también es determinante y ya describimos el efecto de la pandemia a nivel mundial, no obstante, también destacamos que los desarrollos estratégicos deben seguir para dar cuenta de la demanda futura luego de la crisis internacional.

4. Marco Teórico

4.1. Transformación Digital

Industrial Internet of Things es una de las muchas tecnologías digitales asociadas a la cuarta revolución industrial que está innovando y transformando los ambientes productivos (Rook et al., 2017). Como tal, forma parte del proceso de Transformación Digital por el que están atravesando en mayor o menor medida todas las empresas. En este capítulo, presentaremos los aspectos más relevantes de la Transformación Digital y trataremos de describir y comprender el impacto en las compañías que están incorporando estas nuevas tecnologías.

4.1.1. ¿Qué es la Transformación Digital?

Como veremos, existe bastante divergencia entre los autores sobre la definición del concepto de Transformación Digital. Lo que no cabe dudas es que se trata de un tema que ha tomado relevancia en la última década y existe mucha literatura al respecto. De la misma forma, existen cada vez más líderes que están comprometidos a emprender la transformación de sus empresas.

Para algunos autores como Westerman et al. (2014), la transformación digital trata del uso de tecnologías para mejorar de forma radical el desempeño y el alcance de las empresas. En coincidencia, Piccinini et al. (2015) plantea como una de las principales características, el uso de nuevas tecnologías digitales para impulsar mejoras significativas del negocio.

Sin embargo, otros autores como Rogers (2017), afirman que supone mucho más que la tecnología y hablan de un cambio holístico de la estrategia y una forma completamente nueva de pensar. Quienes también destacan la importancia de pensarlo desde el punto de vista de la estrategia, son Bharadwaj et al. (2013). Según ellos, lo definen como una estrategia organizacional formulada y ejecutada mediante el uso de recursos digitales para crear un valor diferencial.

Buchheit et al., (2020) en un *paper* del Industrial Internet Consortium (IIC), coinciden con Rogers (2017) y Bharadwaj et al. (2013) y conciben la transformación digital como una estrategia y una travesía que tienen que adoptar los líderes pero agregan que la misma tiene que estar guiada por una visión clara. Según los autores, se trata de una estrategia que requiere un abordaje diseñado a medida para cada empresa. Es una

nueva manera de pensar y no debe darse por mera casualidad. En el mismo *paper*, destacan que la transformación digital es primeramente un objetivo del negocio y plantean una definición desde un punto de vista industrial: “La transformación digital en la industria, hace uso de dispositivos conectados para transformar procesos y operaciones y así producir mejores resultados” (Buchheit et al., 2020, p.5).

Para Katz et al. (2016) la transformación digital se define como la incorporación de tecnologías digitales en todas las etapas de la cadena de valor del negocio, desde su inicio en la cadena de suministros, pasando por la manufactura y la distribución, con el propósito de mejorar la productividad, reducir costos y crear ventajas competitivas a través de la diferenciación por producto. En este caso, vemos que existe una idea de cambio significativo de los procesos productivos con el objetivo final de agregar valor al negocio. Esta idea de integración de las tecnologías digitales en todos los procesos del negocio también es destacada por Liu et al. (2011).

Un aspecto que también está presente en la literatura sobre el tema, es el concepto de “capacidades digitales”. El término hace referencia a los conocimientos tecnológicos que poseen o deben poseer los empleados y clientes para impulsar el uso y la adopción de las tecnologías digitales. Según Kane (2015), el simple hecho de utilizar tecnologías digitales para impulsar procesos de transformaciones digitales, no es suficiente. El autor recomienda apalancar la tecnología con el uso de capacidades digitales, estrategia, cultura y desarrollar el talento dentro de las organizaciones.

Por último, presentaremos la definición que viene a cubrir varias de las características mencionadas anteriormente. Destacamos esta definición por sobre las otras porque entendemos que es la más completa. En su estudio sobre la conceptualización de la transformación digital en las organizaciones, Morakanyane et al. (2017) proponen la siguiente definición: ***“La Transformación digital es un proceso evolutivo que se apalanca en capacidades digitales y tecnologías para desarrollar nuevos modelos de negocio, procesos operacionales y experiencias del cliente y así crear valor”*** (Morakanyane et al., 2017, p.437). Al considerarse como un proceso evolutivo, contempla el hecho de estar en curso y a su vez trae aparentado cambios radicales en ese período de tiempo. Como contempla las capacidades digitales, no sólo se refiere a la adopción de tecnologías nuevas y emergentes sino que tiene en cuenta el conocimiento y uso de esas innovaciones entre los empleados y los clientes para asegurar que se alcancen los objetivos buscados. Podemos decir también que esta definición expone las áreas que

más se ven impactadas por la transformación digital: modelos de negocio, procesos operacionales y experiencias del cliente. Para terminar, los autores consideran que la creación de valor, tanto para la organización como para los clientes, es el mayor beneficio del esfuerzo invertido en la transformación digital.

4.1.2. El rol de la innovación y otras características de la Transformación Digital.

En futuras secciones de este trabajo vamos a tratar el impacto que el proceso de transformación digital tiene en las organizaciones. Sin embargo, para llegar a comprender mejor sus fundamentos, mencionaremos las características más comunes del proceso de transformación y una coincidencia muy frecuente entre los autores: la innovación como piedra fundamental para la transformación digital.

Revolucionaria, radical, compleja, evolutiva y disruptiva son las características y los adjetivos más usuales que suelen estar asociados a la transformación digital.

Para Brynjolfsson y McAfee (2011) se trata de una **revolución** digital que está acelerando la innovación, impulsando la productividad y a su vez, transformando el empleo y la economía. Para Katz (2018), la digitalización de la producción implica una transformación **radical** de las empresas, requiriendo una refundación de las bases que llevan a la creación de valor. Janowski (2015) enfoca su estudio en el ámbito gubernamental y sostiene que el gobierno digital evoluciona hacia una mayor **complejidad**, con mayor presencia en los medios y la necesidad del uso de múltiples tecnologías para dar respuesta a los actores sociales. Asimismo, caracteriza la adopción de las tecnologías digitales como similar a un proceso **evolutivo**, que a su vez, conduce a cambios en la cultura y la sociedad. Por otro lado, Rogers (2017) habla de una escalada de nuevas amenazas **disruptivas** en todas las industrias que están transformando los modelos de negocios y procesos.

Hasta acá, mencionamos las principales características y adjetivos relevados en la bibliografía sobre el tema. Enfoquémonos ahora en la **innovación**. Según Katz (2018), la transformación digital de empresas representa una discontinuidad tecnológica similar al proceso de “destrucción creativa” descrito por Schumpeter (1942). Para el autor, la innovación reside en el corazón de la transformación digital (Katz et al., 2016) y es lo que permite pensar en nuevas estrategias competitivas, incluyendo nuevos productos y servicios, nuevos modelos de negocios y nuevos procesos. Bouée et al. (2015) coinciden

en que la transformación digital se puede asociar con el principio de “destrucción creativa” pues, según los autores, las nuevas herramientas digitales traerán cambios fundamentales a muchos modelos de negocios y procesos de valor agregado ya establecidos. Buchheit et al. (2020) lo enfocan desde un punto de vista más industrial y afirman que la transformación digital en la industria, debe, necesariamente, incluir el proceso de innovación al integrar IT (*Information Technology*) con OT (*Operations Technology*).

Por su parte, Roger (2017) invita a los líderes de las organizaciones, especialmente a los CIOs¹², a replantear la estrategia en 5 áreas específicas del negocio: clientes, competencia, datos, innovación y valor. En lo que respecta a la innovación, afirma que las tecnologías digitales están transformando la manera de innovar. Ahora es posible testear continuamente, con bajos costos e iterar rápidamente con comunidades de usuarios antes de lanzar un producto. Las compañías que no se enfoquen en innovaciones, corren el riesgo de desaparecer. La afirmación sobre la aceleración de la innovación es también compartida por Brynjolfsson y McAfee (2011).

En particular, Rook et al. (2017) plantean que las innovaciones son las fuerzas fundamentales que impulsan todas las revoluciones industriales. En este sentido, proponen estudiar las revoluciones industriales a partir de las innovaciones. Si consideramos la transformación digital como parte de la última revolución industrial, podemos aplicar el mismo concepto y analizarla desde el punto de vista de las innovaciones. Veamos con más detalle cada componente del análisis que plantean los autores para entender cómo se aplicaría a la transformación digital. En la figura 30 mostramos los 4 componentes del modelo.



Figura 30. Modelo centrado en innovaciones de las revoluciones industriales (Rook et al., 2017)

¹² CIO del inglés, *Chief Information Officer*, hace referencia al máximo responsable del sector de tecnología de la información en las empresas.

- **Ejes de innovación:** dimensiones a través de las cuales las tecnologías y compañías evolucionan, independiente de la revolución.
- **Patrones de innovación:** patrones de cambio en las tecnologías y compañías para cada eje de innovación, particular de cada revolución.
- **Tecnologías transformadoras:** manifestación de los patrones de innovación en forma de tecnologías específicas e influyentes.
- **Compañías innovadoras:** manifestación de los patrones de innovación en forma de negocios que implementa patrones utilizando tecnologías transformadoras.

En la tabla 3, mostramos un mapeo de algunas tecnologías transformadoras a los ejes de innovación y patrones de innovación del modelo. Dichas tecnologías, se asocian, según los autores, a la 4ª revolución industrial pero es evidente que también aplican a la transformación digital.

Ejes de Innovación	Patrones de innovación 4ª revolución industrial (principios de 2010)	Ejemplo de tecnologías transformadoras
Control	Autonomía	Inteligencia Artificial, vehículos autónomos, drones, exploración espacial, blockchain
Integración	Hiperconectividad	<i>Internet of things</i> , redes sociales, <i>wereables</i>
Reconfiguración	Adaptabilidad	<i>App computing</i> , realidad aumentada/virtual, impresión 3D
Escala	<i>On-demand</i>	<i>Cloud computing</i> , <i>ubiquous mobile search</i> , <i>streaming media</i>
Impacto de la sustentabilidad	Renovable	Energía limpia, <i>smart cities</i> , vehículos electricos, <i>organic/fair trade</i>

Tabla 3. Mapeo de tecnologías transformadoras a patrones de innovación (elaboración propia en base a Rook et al., 2017)

De acuerdo al planteo de Rook et al. (2017), la triangulación entre patrones de innovación, tecnologías transformadoras y compañías innovadoras determinan la velocidad y el alcance del progreso de la revolución. Estos 3 componentes se retroalimentan entre sí creando un círculo virtuoso de aceleración de la innovación,

transformación económica y competencia. Si extendemos el análisis al proceso de transformación digital, podemos ver cómo la innovación actúa como la piedra fundamental de este fenómeno. Resulta tan importante la interacción de estos elementos, que KPMG (2020a) lo destaca en una de sus últimas encuestas a CEOs de todo el mundo como uno de los principales objetivos a alcanzar por los líderes. Según lo relevado por la consultora, la transformación de las organizaciones, la innovación y la disrupción tecnológica asegurarán una mayor competitividad y avances significativos en las diferentes industrias analizadas.

Sin embargo, las innovaciones por sí solas no aseguran el éxito de las empresas. Si nos detenemos a pensar en el tipo de estrategia de innovación a adoptar para un producto o para el uso de una tecnología, debemos mencionar la teoría de la innovación disruptiva (Christensen et al., 2017). La misma puede ayudar a elegir estratégicamente si se requiere seguir una trayectoria de innovación sostenida o una disruptiva. La innovación sostenible es aquella que mejora los productos considerados buenos por los clientes actuales de ese negocio. La innovación disruptiva nace de dos mercados. El primero es el segmento menos exigente, que se encuentra desatendido por los negocios más establecidos. El segundo, son los mercados nuevos, es decir, que se genera un mercado donde antes no lo había. Una vez establecidas en estos mercados, las empresas disruptivas buscan migrar hacia los mercados principales. En el armando estratégico entre estructuras organizacionales, innovación y disrupción tecnológica, es sumamente importante tener presente el tipo de trayectoria de innovación a utilizar. Según dicha teoría, el crecimiento de las empresas puede estar impulsado por la innovación, sin embargo, los diferentes tipos de innovación exigen diferentes enfoques estratégicos.

4.1.3. Las claves del proceso de Transformación Digital

Como destacamos en las secciones anteriores, las tecnologías nuevas y emergentes junto con la innovación, son los dos elementos fundamentales que no pueden faltar en el proceso de transformación digital de las organizaciones. A continuación, sumaremos los motivos más frecuentes que se mencionan en la bibliografía como disparadores de este proceso de cambio. También enumeraremos los elementos que influyen y propician una implementación exitosa. Según los autores estudiados, estos elementos deben acompañar todo proceso de transformación digital y es por eso que los identificamos como los puntos claves a tener en cuenta.

4.1.3.1. Disparadores del proceso de transformación

Podemos agrupar varios de los principales motivos dentro de lo que algunos autores consideran como **presiones de los stakeholders**. Más precisamente se refiere a las exigencias de los accionistas para lograr una mayor rentabilidad y un aumento de los ingresos. Dentro de este grupo también se puede incluir la búsqueda por incrementar la eficiencia operativa, incrementar la productividad de los empleados y reducir costos en diferentes áreas (Ezeokoli et al., 2016). Preocupados por la subsistencia de los negocios frente al impacto de la pandemia de Covid-19, la presión de los *stakeholders* se hizo presente con más fuerza que nunca últimamente y esto hizo que se aceleraran los procesos de transformación digital. De acuerdo con una encuesta realizada por KPMG (2020c) a líderes de empresas globales, 80% afirma que la pandemia aceleró los procesos de transformación, cuyo foco se hizo más evidente y necesario en lo que respecta a la digitalización de la operación. En dicha encuesta, destacan que en 30% de los casos se alcanzó un nivel de transformación inimaginable antes de la pandemia.

Por otro lado podemos agrupar las **presiones de la competencia**. Algunos de los factores relevantes aquí son: ganar ventajas competitivas para mantener la propuesta de valor de la compañía relevante en el mercado; la búsqueda para lograr una mayor agilidad de las empresas, entendiendo a esto como la velocidad de reacción ante cambios en el mercado (Ezeokoli et al., 2016). Para Buchheit et al. (2020), el hecho de que un jugador del mercado implemente exitosamente un proyecto de transformación puede hacer que la competencia se sienta forzada a encarar una transformación similar o correr el riesgo de perder competitividad. Y a esto, se suma la existencia de amenazas de los no incumbentes que pueden disrumpir el negocio, ofreciendo una mejor propuesta de valor a los clientes (Rogers, 2017).

A su vez, identificamos otro grupo que está dado por las **presiones de los clientes y empleados**. Como las expectativas digitales de los clientes son cada vez más elevadas, existe una presión por mantener y/o mejorar la satisfacción de los usuarios (Ezeokoli et al., 2016). Por otro lado, Rogers (2017) considera que las nuevas tecnologías pueden cambiar por completo las necesidades de los clientes y eso obliga a las empresas necesariamente a adaptar su negocio a esas nuevas realidades. En cuanto a los empleados, sus experiencias personales con las tecnologías digitales también son un factor que presiona a las empresas hacia una transformación ya que los colaboradores pretenden

disponer de esas mismas capacidades en el ámbito laboral. Esto también es necesario para estar en sintonía con los clientes, con los cuales interactúan a diario.

Según un reciente reporte de KPMG (2020c) las empresas están aumentando las inversiones en lo que respecta a proyectos de transformación digital para garantizar el futuro de sus negocios, dándole mayor resiliencia. La pandemia de Covid-19 resultó ser un gran disparador de esta necesidad y esto se ve reflejado en una declaración de Mark A. Goodburn, Global Head of Advisory, KPMG International, donde afirma que los CEOs están analizando cómo la digitalización de la operación y los avances tecnológicos pueden servir para acelerar las mejoras de la experiencia de los clientes y el compromiso de los empleados (KPMG, 2020c).

Ahora, si hablamos de acelerar la experiencia de los clientes, no podemos dejar de lado el concepto de **Singularidad**. Se trata de la noción de que las máquinas pueden llegar a ser más inteligentes que los humanos (Brunert, 2014). Con el avance de la Inteligencia Artificial (AI), el desarrollo de las súper computadoras y las redes informáticas, se cree que en un futuro cercano, los robots o los equipos de cómputos, tendrán la capacidad de auto mejorarse recursivamente, diseñando y construyendo robots o computadoras mejores que ellos. Este ciclo virtuoso causará una explosión de la inteligencia artificial y humana, fenómeno llamado **Exponencialidad**. Para Ray Kurzweil, director de ingeniería de Google, en algunos pocos años experimentaremos una explosión de conocimiento humano gracias a la madurez de la inteligencia artificial que se fusionará con los humanos, entrando a nuestros cuerpos y cerebros, multiplicando nuestra capacidad intelectual por mil millones, causando un cambio profundo y singular (Brunert, 2014).

Retomando el tema de las presiones de los clientes y empleados, estas nuevas capacidades que presentan la AI, pueden ser cruciales para pensar la experiencia de los mismos. Según un reporte reciente de Accenture (2020), las empresas que logren elevar la experiencia humana en colaboración con los clientes, empleados, socios, gobierno y el público en general, tendrán mayores oportunidades de éxito en el desarrollo de nuevos productos y servicios. Teniendo en cuenta el concepto de singularidad y exponencialidad, las empresas que logren vincular la AI a los valores esenciales de las personas, alcanzarán las nuevas expectativas de sus clientes con experiencias dinámicas y personalizadas. Estos nuevos aportes de la AI, sin dudas influenciarán las decisiones de las empresas para

su adopción y para ello, deberán recurrir a inversiones en la transformación digital de sus organizaciones.

Dentro de otro grupo de factores que motivan la transformación, tenemos la **presión de los proveedores**. Considerados, en muchos casos, aliados estratégicos de las empresas, los proveedores contribuyen para definir la agenda y hoja de ruta digital de sus clientes y a su vez, pueden acelerar la llegada de servicios que requieran la digitalización de parte o la totalidad de la cadena de valor (Banco Interamericano de Desarrollo, 2020). En algunos casos, los proveedores ayudan a entender los beneficios de las tecnologías digitales y eso motiva la adopción de las mismas pero es igualmente cierto, principalmente cuando los proveedores cuentan con un mayor poder de negociación que sus clientes, que muchas veces estos últimos no tienen otra opción más que contratar los productos o servicios ofrecidos. En este último caso, la presión de los proveedores es tan significativa que pueden lograr imponer el uso de herramientas digitales en sus clientes.

Existen varios autores que destacan la **disponibilidad masiva de datos** como otros de los motivos. De acuerdo con Buchheit et al. (2020), el solo hecho de contar con tanta cantidad y calidad de información, y que esté disponible a toda hora, hace que las empresas puedan pensar en transformar sus negocios de maneras que hasta el momento eran imposibles. Para Rogers (2017), la disponibilidad masiva de datos de forma gratuita (o muy económica) que provienen de nuevas fuentes no tradicionales, pueden ser usadas para resolver problemas o innovar. Se evidencia de esta forma, enormes oportunidades para las empresas si pueden convertir estos datos en activos que creen valor.

Por último, también encontramos autores que hablan de las **presiones regulatorias**. Esto es particularmente relevante para el sector industrial. Para Buchheit et al. (2020), éstas han existido históricamente y son uno de los motivos fundamentales para la transformación de los negocios. Como un dato interesante, los autores destacan que estas presiones van a aumentar a partir de la reciente pandemia de Covid-19. Para ellos, el foco en ese sentido, estará dedicado a crear ambientes seguros de trabajo.

4.1.3.2. Factores críticos para una implementación exitosa

Hemos mencionado los principales motivos que mueven a las organizaciones a adoptar procesos de transformación digital y a continuación veremos los factores que, según los expertos en la materia, son necesarios para transitar por una jornada exitosa.

Empezamos por destacar el rol de los líderes, y especialmente el de la alta gerencia, quienes deben compartir su **visión** transformadora y ejercer su **liderazgo** para el manejo de cambios. En este sentido, Westerman et al. (2014) destacan que para la transformación digital se necesita un liderazgo firme y sólido, capaz de conducir la empresa a través del cambio. Westerman et al. (2011) afirman que la transformación, como en cualquier otro cambio trascendental para las organizaciones, requiere un trabajo importante de arriba hacia abajo para ayudar a los empleados a concebir una realidad diferente y a su vez, mucha coordinación para asegurar que la compañía se mueve en la dirección correcta. Mencionan también que si los ejecutivos *seniors* no establecen una visión transformadora del futuro, la gerencia intermedia y baja tienen la tendencia de mantener el cambio dentro de los límites de su autoridad y por lo tanto, su efecto es local y no global. Por su parte, Katz et al. (2016) coincide con Westerman et al. (2011, 2014) en cuanto al rol de la alta gerencia como el punto clave para la transformación y resalta la dimensión del **esfuerzo** necesario para lograrlo. No se trata de una tarea sencilla sino que, por el contrario, los líderes deben dedicarle mucha energía, voluntad y empeño para lograr los resultados esperados. Para De Arteché et al. (2018) el liderazgo puede ser un factor habilitador del cambio, necesario para fomentar la innovación; sin embargo, el estilo a usarse dependerá de la situación específica por la cual esté pasando la empresa. En lo que respecta a la transformación digital, la finalidad debe ser crear una empresa enfocada en el desarrollo, gestión y control de la innovación.

Otro factor crítico y muy común en la bibliografía es la **estrategia** (Katz et al., 2016; Rogers, 2017; Christian et al. 2015, Westerman et al., 2011, 2014; Bharadwaj et al., 2013). Todos estos autores coinciden que no se puede llevar adelante este proceso sin una estrategia clara. Para Christian et al. (2015) al encarar un cambio de esta magnitud, es importante formular una estrategia de transformación digital que sirva como un ancla central y que permita integrar la coordinación, priorización y la implementación de las transformaciones digitales dentro de la empresa. A su vez, afirma que para asegurar una implementación exitosa de la estrategia y explotarla a su máxima capacidad, es esencial alinearla a 4 dimensiones: el uso de la tecnología, la creación de valor, los cambios estructurales y los aspectos financieros. Así planteada la estrategia, el impacto se refleja en múltiples áreas de la empresa y tiene un alcance transversal a toda la organización. Por ese motivo, entienden que la misma tiene que estar alineada con las otras estrategias de

negocio. Su planteo se hace evidente si observamos la figura 31, donde se muestra la relación entre la estrategia de transformación digital y otras estrategias corporativas.

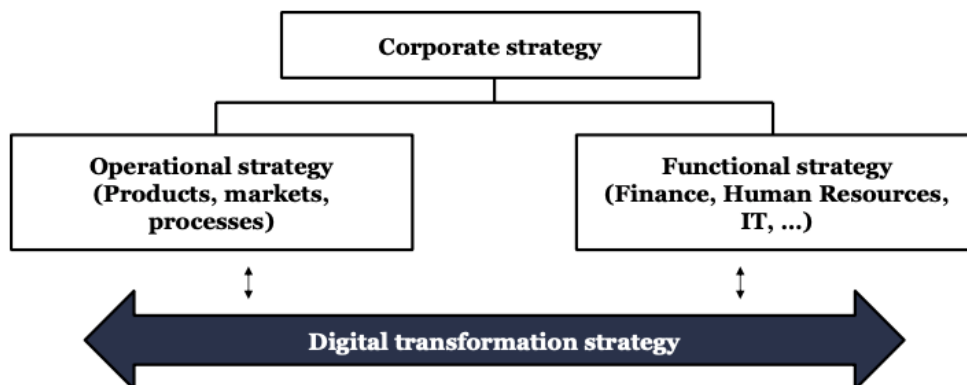


Figura 31. Relación entre la estrategia de transformación digital y otras estrategias corporativas (Christian et al., 2015)

Para ilustrar lo sugerido por Christian et al. (2015), podemos recurrir a la encuesta de KPMG (2020a). Según la consultora, más del 60% de los CEOs encuestados en todo el mundo, pretenden invertir en la compra de nuevas tecnologías y digitalización para poder lograr los objetivos estratégicos de negocio.

El planteo de Christian et al. (2015) está relacionado, en cierta forma, a la idea de “estrategia digital de negocio” de Bharadwaj et al. (2013) pero se trata de conceptos diferentes. Los primeros entienden la “estrategia de transformación digital” como un plan de acción que ayuda a las empresas que pretenden gobernar su transformación. Mientras que Bharadwaj et al. (2013) se remiten a dejar de lado la idea de una estrategia de IT subordinada a la estrategia de negocios y empezar a hablar de una complementación entre ambas. A esa fusión de estrategias de IT y de negocio, Bharadwaj et al. (2013) la definen como “estrategia digital de negocio”.

Mas allá de los diferentes matices entre los autores, si lo quisiéramos resumir, podríamos decir que el éxito de la transformación digital está supeditado a la concepción de una estrategia cuidadosamente diseñada para ese fin (Katz et al., 2016).

Siguiendo con los factores claves, Westerman et al. (2011) mencionan a la **cultura** como un posible obstáculo y lo resaltan como uno de los desafíos a tener en cuenta. Katz et al. (2016) y Morakanyane et al. (2017) también coinciden que hay ciertos aspectos de la cultura de las organizaciones que pueden determinar el éxito de la transformación. Entre algunos de los elementos que se mencionan como una barrera cultural, podemos

incluir: la existencia de silos entre área; culturas que no promueven y/o no crean ambientes propicios para la innovación; organizaciones poco flexibles al cambio y poca promoción de las actividades realizadas por los especialistas digitales.

Relacionado con la cultura y con el concepto de “capital intangible” de Cumming (2005), debemos mencionar a los **talentos** y el **capital humano** como otro de los elementos claves. Cumming define al “capital intangible” como la diferencia entre el precio de compra de una tecnología y el valor creado una vez que es asimilado en la cadena productiva de la empresa. Esa diferencia, no solamente se debe a los empleados pero no caben dudas que es un componente importante. La existencia dentro de las empresas de colaboradores con destreza hacia lo digital o motivados a incorporar conocimientos relacionado a lo digital son agentes de cambio que influyen positivamente la transformación (Morakanyane et al., 2017). También resulta importante desarrollar esas capacidades dentro de la organización. Según Morakanyane et al. (2017) a los talentos hay que capacitarlos y entrenarlos para poder apalancar el proceso de transformación digital. Algo no menor a tener en cuenta, es la necesidad de atraer y retener el talento (Katz et al., 2016). Esto último resulta tan importante que la literatura menciona la necesidad de transformar la cultura de negocio para permitir atraer y retener a los talentos. Para ejemplificar esta dependencia, en la última encuesta global de KPMG (2020d), al considerar los riesgos para el futuro crecimiento de las organizaciones, la variable asociada al talento subió 11 lugares desde principio de 2020 hasta octubre de 2020, ubicándose como la principal amenaza para los CEOs. Existe así un reconocimiento que la pérdida de empleados claves y la atracción de nuevos talentos tiene un impacto crítico para la *performance* de los negocios.

En la sección anterior mencionamos la disponibilidad masiva de datos como una oportunidad que debe ser aprovechada por las organizaciones. El uso de **big data** y **analytics** para la toma de decisiones es otra de las claves para la transformación digital (Rogers, 2017). Estas tecnologías tienen el poder de identificar las actividades que se requieren automatizar y las habilidades faltantes entre los talentos para poder cubrirlas con nuevas contrataciones o mediante socios estratégicos (KPMG, 2020d). Sin embargo, la capacidad de análisis de datos unificados debe ser acompañada por **políticas de seguridad y privacidad**. Esto es necesario para no incurrir en penalidades por filtración de datos o daños en la reputación de la compañía (Westerman et al., 2011).

Otro elemento relevado en la literatura, aunque con menor mención, es la necesidad de establecer un **proceso de gobierno de cambios y KPIs**¹³ para supervisar las iniciativas digitales (Katz et al., 2016; Westerman et al., 2011).

Para finalizar, mencionaremos los **incentivos monetarios y no monetarios** para los líderes (Katz et al., 2016). Como la transformación digital implica cambios fundamentales para la mayoría de las empresas, los autores recomiendan considerar el uso de incentivos atados a los KPIs mencionados anteriormente.

4.1.4. El impacto de la Transformación Digital en las organizaciones

Para completar el estudio sobre transformación digital, nos proponemos a identificar el impacto que tiene en las organizaciones. De acuerdo a la literatura, **la creación de valor es el principal beneficio causado por la transformación digital** y destacan que este beneficio es percibido por las empresas y también por los consumidores o clientes (Morakanyane et al., 2017). La creación de valor se logra a partir de varios factores, entre los cuales mencionaremos algunos, pero no están limitados únicamente a éstos: eficiencias operativas, mejoras en la experiencia de los clientes, mejoras en el modelo de negocios, mejoras en la colaboración y conectividad de los empleados, ventajas competitivas, mejoras en la relación con los *stakeholder*, reducciones de costos, etc. Por otra parte, el reciente impacto de la pandemia demostró que la transformación digital ya no es una elección sino una necesidad imprescindible. Por lo tanto, la forma que las organizaciones elijan explotar las tecnologías digitales se convertirá en una fuente de ventaja competitiva (KPMG, 2020d).

Para Westerman et al. (2011) **las 3 áreas de las empresas donde más ocurren los procesos de transformación digital son: la experiencia de los clientes, los procesos operativos y los modelos de negocios**. Por consiguiente, también afirman que es donde más se observan los efectos de la misma. En lo que se refiere a la experiencia de los clientes, los autores destacan el uso de nuevas herramientas digitales para entender a los clientes, mejorar la calidad de atención, los procesos de venta y mejorar los servicios donde tienen contacto con los consumidores. Por su parte, los procesos operativos se ven mejorados por la digitalización, nuevas capacidades y herramientas, trabajadores mejor equipados y conectados y nuevas funcionalidades para la gestión operativa como la transparencia y las decisiones basadas en datos. En cuanto a los modelos de negocio, se

¹³ KPI se refiere a las siglas en inglés de *key performance indicator* o indicador clave de rendimiento.

ven impactados por las modificaciones que lo digital impone en el negocio existente, la aparición de nuevos negocios digitales y la globalización. En la figura 32 se puede observar el detalle de las actividades que se ven afectadas en cada una de las 3 áreas mencionadas.

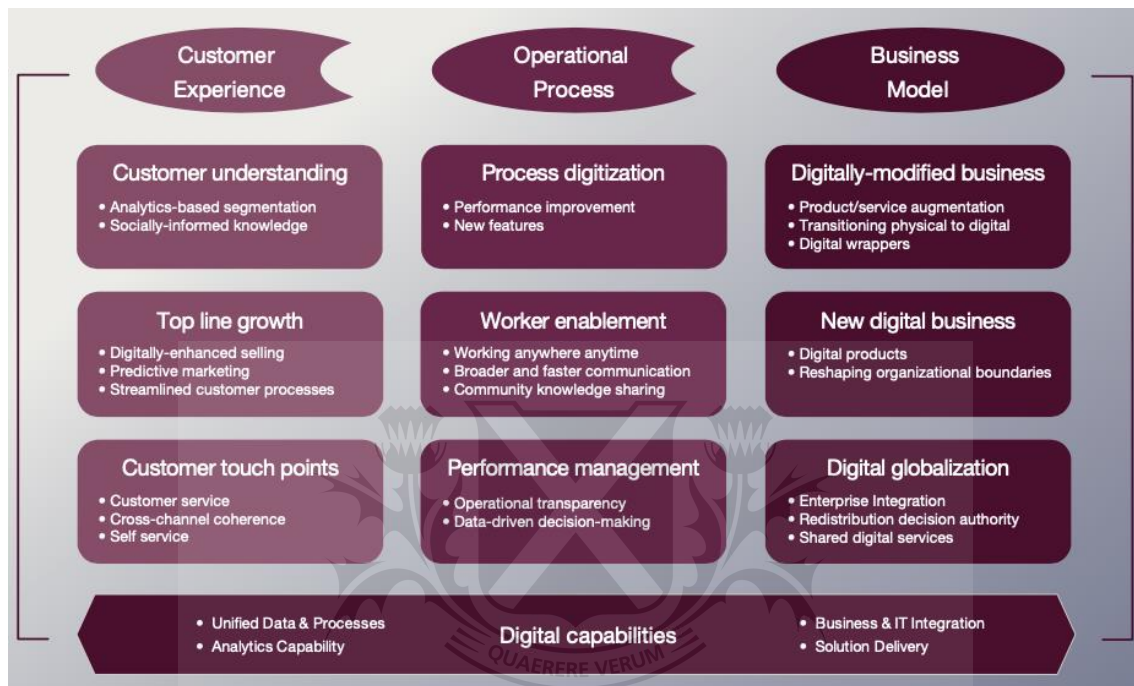


Figura 32. Principales áreas afectadas por la transformación digital (Westerman et al., 2011)

Similar a lo planteado por Westerman, para el Industrial Internet Consortium, las iniciativas de transformación digital se pueden agrupar en 3 categorías de acuerdo a las áreas que afectan (Buchheit et al., 2020):

- Iniciativas que abarcan nuevos modelos de negocios y que afectan las propuestas de valor y eficiencia.
- Iniciativas que afectan las operaciones y actividades de soporte pero no la experiencia de los clientes.
- Iniciativas que afectan la experiencia del cliente pero no las eficiencias operativas.

Por su parte, Katz et al. (2016) formulan ciertas consideraciones sobre las áreas impactadas por la transformación digital, que están destinadas especialmente para el sector industrial. Los autores consideran que para no caer en la paradoja de la productividad planteada por Robert Solow, donde “puedes ver la edad del ordenador en todas partes menos en las estadísticas de productividad” (Solow, 1987, p.37), la

transformación digital o mejor dicho, la adopción de tecnologías digitales en el sector productivo, tiene que estar acompañada por una **reingeniería de las áreas operativas, cambios en las estructuras organizacionales y una transformación de la cultura del negocio que permita atraer y retener el talento**. Aquí vemos nuevamente el concepto de “capital intangible” ya que los cambios en los procesos, la reestructuración organizacional y el conocimiento de los recursos humanos entran en esta definición y consisten en los elementos fundamentales para la creación de valor a partir de la implementación de nuevas tecnologías. Adicionalmente, los autores afirman que hay que repensar la cadena de suministros para reducir los costos de transacción y realizar cambios radicales en los procesos productivos, generando nuevos modelos de negocios, nuevas formas de creación de valor y nuevos modos de toma de decisión y organización. A todo esto, recomiendan que los cambios mencionados se apliquen a lo largo de toda la cadena de valor, desde su inicio en la cadena de suministros, pasando por la manufactura e incluyendo al marketing, ventas, servicios de post-ventas, gestión, logística y transporte. En comparación con Westerman et al. (2011), observamos ciertas similitudes en lo que refiere al impacto de los procesos productivos y los modelos de negocios pero no se hace tanta mención a la experiencia de los clientes.

En sintonía con lo planteado por Katz et al. (2016), la consultora KPMG pudo confirmar en su última encuesta dedicada al futuro del área de Recursos Humanos, que las empresas que están atravesando un proceso de transformación digital, sufrirán un impacto en ese sector ya que se necesitarán que los empleados estén más y mejor conectados, nuevas formas de colaboración e impulsar la cultura de innovación. Según su encuesta, muchas empresas están buscando nuevas maneras de capacitar al talento no técnico para cubrir necesidades técnicas y así también crear una fuerza de trabajo más ágil (KPMG, 2020d).

En línea con los anteriores autores, Lerner (2018a) afirma que es importante que la adopción de tecnologías disruptivas causen un impacto positivo en áreas tales como: experiencia de cliente, mejoras en el modelo de negocio y capacidad para resolver problemáticas operacionales complejas. A su vez, resalta el valor agregado que las tecnologías de gestión disruptivas podrían aportar al negocio. Tecnologías como las RPA (*Robotic Process Automation*) están cambiando lo que hacemos y cómo lo hacemos. Tienen el potencial de reducir costos en IT, reducir costos transaccionales de las áreas operativas, facilitar el acceso a herramientas transformacionales que den solución a

problemas cotidianos, brindar datos para respaldar la toma de decisiones, generar relaciones significativas con los clientes y ayudar a la colaboración. Sin embargo, no se trata del impacto de una tecnología en particular, sino, del rol transformador que la digitalización está teniendo en los procesos, la estrategia y la cultura. Para Lerner y Magnano (2018), la transformación digital es un cambio de cultura organizacional que requiere nuevas estrategias para poder hacer frente a la competencia tecnológica. En virtud de ello, se deberán llevar a cabo cambios en:

- Procesos internos. Adoptando más automatización y el uso de AI y RPA.
- Formación. Buscar alternativas que tengan un impacto directo en la productividad y establecer una nueva relación laboral con sus trabajadores que incentiven nuevas formas de trabajo y la aceptación de nuevas tecnologías.
- Experiencia del cliente. Conectar la empresa con el cliente y buscar su bienestar.
- Estrategia de datos. La finalidad es la obtención de información valiosa (calidad de atención, procesos, finanzas, riesgos, etc.) para la toma de decisión.
- Estrategia de negocios. Requiere un cambio fundamental de la propuesta de valor, la forma de competir y las operaciones principales.
- Gestión de talento. Reclutar y capacitar en base a las necesidades digitales.

Por último, Christian et al. (2015) coinciden con los anteriores autores y mencionan que los efectos de la transformación digital se observan más allá de los propios límites de las empresas, impactando los productos, procesos de negocios, canales de venta y la cadena de suministro. En cuanto a los beneficios, resaltan, el incremento en las ventas, la productividad, las innovaciones en cuanto a la creación de valor y nuevas formas de interacción con los clientes, entre otras. Como resultado de la transformación, afirman que hasta el mismo modelo de negocios puede ser modificado o reemplazado.

Por lo que podemos ver, existen bastantes similitudes entre los autores estudiados y a modo de resumen podemos decir que el impacto más evidente se observa en la experiencia de los clientes, la cultura y la fuerza de trabajo, los procesos productivos y los modelos de negocio. A su vez, los cambios tienen un objetivo en común que es la búsqueda de la creación de valor para las empresas, los empleados y los clientes.

4.1.5. Potencial económico de la Transformación Digital en la industria de Petróleo y Gas

En esta última sección, nos planteamos mostrar el potencial económico de la transformación digital en la industria del petróleo y gas. Como en las secciones anteriores vimos que el principal beneficio de la transformación digital es la creación de valor, resulta interesante tener una idea de la magnitud en cuestión para la industria objeto de estudio de este trabajo. El objetivo no es hacer un análisis en profundidad sino tener una noción en base a datos suministrados por consultoras de relevancia internacional. Por ello, presentaremos los principales beneficios identificados en un *paper* de enero de 2017 realizado por el Foro Económico Mundial en colaboración con Accenture.

De acuerdo a World Economic Forum y Accenture (2017), se estima que la digitalización de la industria del Petróleo y Gas podría traer **beneficios estimados entre USD \$1,6 y USD \$2,5 billones en la próxima década (2016 - 2025)** para la industria, los consumidores y la sociedad en general. Si tomamos el valor más conservador (USD \$1,6 billones), de acuerdo al informe, USD \$1 billón serían beneficios exclusivos para la industria, de los cuales \$580-\$600 mil millones corresponde al sector de *upstream*, \$100 mil millones a *midstream* y \$260-\$275 al *downstream*. Vemos aquí que *upstream* sería la vertical de la industria con mayores beneficios. En el estudio se identificaron los 4 temas con el mayor potencial:

A. Gestión digital del ciclo de vida de los activos. Nuevas tecnologías digitales que combinadas con nuevos conocimientos derivados de la existencia de datos, pueden transformar la operación, incrementando notablemente la agilidad y la toma de decisiones, creando nuevos modelos operativos. De acuerdo al *paper*, con iniciativas de este tipo se podría lograr:

- Nueva era de automatización: USD \$220 mil millones de valor agregado para la industria, reducción del 6% de los accidentes, reducción de 43.000 barriles de petróleo derramados en oleoductos y 66.000 en operaciones de *upstream*.
- *Analytics* avanzado y modelado: USD \$425 mil millones de valor agregado para la industria, reducción del 3% de los accidentes, reducción de 65.000 barriles de petróleo derramados en oleoductos y 54.000 en operaciones de *upstream*.
- Trabajadores conectados: USD \$100 mil millones de valor agregado para la industria, reducción del 13% de los accidentes y 76.000 trabajadores sustituidos.

B. Ecosistema de colaboración circular. Aplicar plataformas digitales integradas impulsa la colaboración entre los participantes del ecosistema, ayudando el desarrollo de innovaciones, reduciendo costos y posibilitando una mayor transparencia operativa. De acuerdo al *paper*, con iniciativas de este tipo se podría lograr:

- Abastecimiento en tiempo real: USD \$30 mil millones de valor agregado para la industria.

C. Más allá del barril. Modelos innovadores de captación de clientes, ofrecen flexibilidad y una experiencia personalizada, abriendo nuevas oportunidades para los operadores de la industria y nuevos servicios para los clientes. De acuerdo al *paper*, con iniciativas de este tipo se podría lograr:

- Servicios al cliente digitales: USD \$2 mil millones de valor perdido para la industria, USD \$1 mil millones de valor migrado de empresas tradicionales a *start-ups* y 21.000 nuevos puestos de trabajo.
- *Retail* omnicanal y servicios experimentales: USD \$6 mil millones de valor agregado para la industria, USD \$95 mil millones de valor migrado desde puntos de venta tradicionales a *retailers* omnicanales (de expendio de combustible) y 1,7 mil millones de horas ahorradas.

D. Promoviendo nuevas energías. La digitalización de los sistemas de energía promueve nuevas fuentes de energía y proveedores, y soporta modelos innovadores para optimizar y comercializar la energía. Para mantenerse atractivo a los consumidores, la industria de petróleo y gas debe entender el impacto que tienen estos cambios en el sistema energético. De acuerdo al *paper*, con iniciativas de este tipo se podría lograr:

- Elección energética para consumidores: USD \$70 mil millones de valor migrado desde las compañías de petróleo y gas al ecosistema energético (principalmente energía eléctrica) y 35.000 nuevos puestos de trabajo.

En la figura 33, presentamos a modo de resumen, las iniciativas evaluadas por el informe:

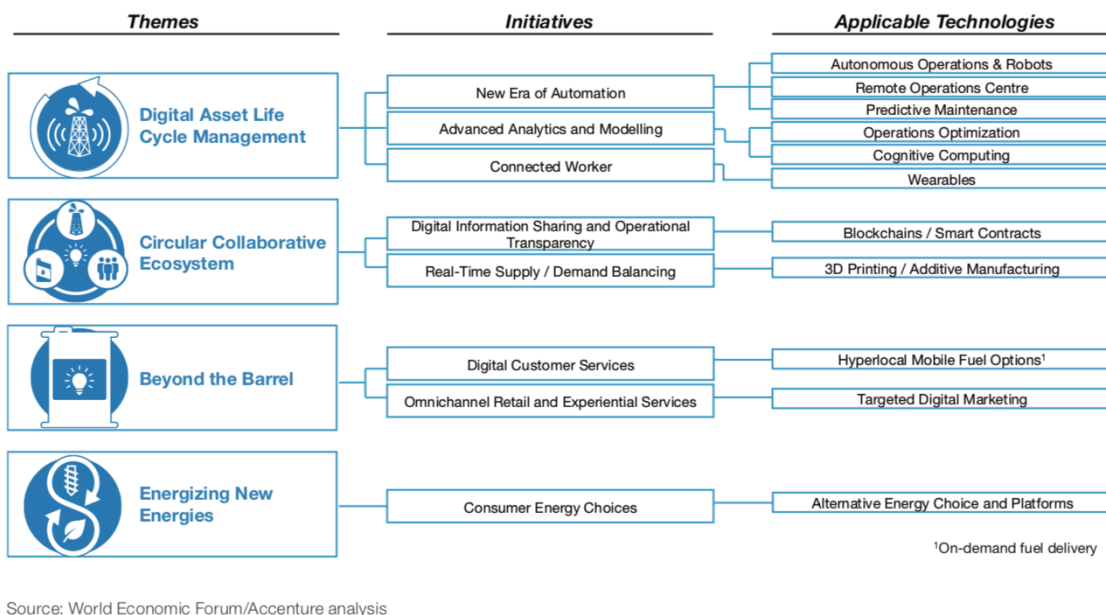


Figura 33. Iniciativas digitales en la industria del petróleo y gas (World Economic Forum & Accenture, 2017)

De esta forma, concluimos el capítulo sobre Transformación Digital. Como hemos visto, una parte fundamental del proceso de transformación, es la adopción de tecnologías digitales. Ya que el Industrial Internet of Things es una de las tantas tecnologías que está innovando y transformando los ambientes productivos, nos proponemos en el siguiente capítulo, estudiar las teorías sobre adopción y difusión tecnológica. El objetivo es entender cómo se produce la adopción y relevar los principales factores a tener en cuenta. Presentada la teoría, luego daremos cuenta del nivel general de adopción de IIoT en la industria de Petróleo y Gas. Pero antes de meternos en el siguiente tema, presentaremos un resumen ejecutivo del presente capítulo.

4.1.6. Cuadro ejecutivo sobre Transformación Digital

A modo de resumen ejecutivo, presentamos la tabla 4 con los principales conceptos y autores abordados en este capítulo.

Ejes conceptuales		Autores
Definición de Transformación Digital	<p><u>Definición adoptada:</u> “La transformación digital es un proceso evolutivo que se apalanca en capacidades digitales y tecnologías para desarrollar nuevos modelos de negocio, procesos operacionales y experiencias del cliente y así crear valor” (Morakanyane et al., 2017, p.437).</p> <p><u>Otros conceptos relevados:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Uso de tecnologías digitales para transformar procesos y operaciones y así producir mejores resultados - Cambio de la estrategia. - Nueva forma de pensar. - Travesía guiada por una visión. - Uso de tecnologías digitales en toda la cadena de valor del negocio 	<p>Morakanyane et al. (2017) Westerman et al. (2014) Piccinini et al. (2015) Rogers (2017) Bharadwaj et al. (2013) Buchheit et al., (2020) Katz et al. (2016) Liu et al. (2011) Kane (2015)</p>

		<ul style="list-style-type: none"> - Creación de ventajas competitivas. - Capacidades digitales de los talentos 	
Características de la Transformación Digital	Características más comunes	<ul style="list-style-type: none"> - Innovación – Piedra Fundamental - Revolución - Radical - Compleja - Evolutiva - Disruptiva 	<p>Brynjolfsson y McAfee (2011) Katz (2018) Janowski (2015) Rogers (2017)</p>
	Innovación	<ul style="list-style-type: none"> - La transformación digital está asociada con el principio de “destrucción creativa”. - La innovación reside en el corazón de la transformación digital y debe ser su foco estratégico. - Modelo de revoluciones industriales centrado en innovaciones. Según éste, las innovaciones son las fuerzas fundamentales que impulsan todas las revoluciones industriales. Componentes del modelo: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ejes de innovación ▪ Patrones de innovación ▪ Tecnologías transformadoras ▪ Compañías innovadoras - La retroalimentación entre patrones de innovación, tecnologías transformadoras y compañías innovadoras crean un círculo virtuoso de aceleración de la innovación, transformación económica y competencia. - Estrategia de innovación y teoría de la innovación disruptiva: innovación sostenible vs innovación disruptiva. Diferentes tipos de innovación exigen diferentes enfoques estratégicos. 	<p>Katz (2018) Schumpeter (1942) Katz et al. (2016) Bouée et al. (2015) Buchheit et al. (2020) Roger (2017) Brynjolfsson y McAfee (2011) Rook et al. (2017) KPMG (2020a) Christensen et al. (2017)</p>
Claves del proceso de Transformación Digital	Disparadores de la transformación	<ul style="list-style-type: none"> - Presiones de los <i>stakeholders</i> - Presiones de la competencia. - Presiones de los clientes y empleados. - Presión de los proveedores. - Presiones regulatorias. - Singularidad. - Exponencialidad - Disponibilidad masiva de datos 	<p>Ezeokoli et al. (2016) KPMG (2020c) Buchheit et al. (2020) Rogers (2017) Brunert (2014) Accenture (2020) Banco Interamericano de Desarrollo (2020)</p>
	Factores críticos	<ul style="list-style-type: none"> - Visión - Liderazgo - Esfuerzo - Estrategia - Cultura - Capital humano, talento - <i>big data y analytics</i> - Políticas de seguridad y privacidad - Proceso de gobierno de cambios y KPIs - Incentivos monetarios y no monetarios 	<p>Westerman et al. (2014) Westerman et al. (2011) Katz et al. (2016) De Arteché et al. (2018) Rogers (2017) Christian et al. (2015) Bharadwaj et al. (2013) KPMG (2020a) Morakanyane et al. (2017) Cumming (2005) KPMG (2020d)</p>
Impacto de la Transformación Digital		<ul style="list-style-type: none"> - La creación de valor es el principal beneficio: eficiencias operativas, mejoras en la experiencia de los clientes, mejoras en el modelo de negocios, mejoras en la colaboración y conectividad de los empleados, ventajas competitivas, mejoras en la relación con los stakeholder, reducciones de costos, incremento en las ventas y la productividad, mayor innovación, etc. - Las 3 áreas donde más ocurren los procesos de transformación son: la experiencia de los clientes, los procesos operativos y los modelos de negocios. - La transformación abarcará: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Procesos internos ▪ Reingeniería de las áreas operativas ▪ Estrategia de negocios ▪ Experiencia del cliente ▪ Estrategia de datos ▪ Estructuras organizacionales ▪ Cultura organizacional ▪ Gestión de talento ▪ Formación - Traspasa los límites de la organización, afectando: procesos de negocios, canales de venta y la cadena de suministro. 	<p>Morakanyane et al. (2017) KPMG (2020d) Westerman et al. (2011) Buchheit et al. (2020) Katz et al. (2016) Lerner (2018a) Lerner y Magnano (2018) Christian et al. (2015)</p>

Tabla 4. Resumen ejecutivo de Transformación Digital (elaboración propia)

4.2. Teoría de adopción y estado del arte en materia de IIoT en Petróleo y Gas

Para analizar la adopción de las soluciones de IIoT, primero describiremos los estudios teóricos existentes sobre la difusión y adopción de nuevas tecnologías. Elegimos como principal sustento teórico para este estudio el trabajo desarrollado por Everett Rogers. A su vez, completaremos el marco teórico con aportes de otros autores cuyos trabajos han sido vastamente utilizados, como es el caso del Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) de Fred Davis, el modelo matemático de Frank Bass y el concepto de abismo de Geoffrey A. Moore. El objetivo de sumar la perspectiva de diferentes autores es dar cuenta de los múltiples aspectos que se pueden considerar a la hora de estudiar la adopción de una innovación o tecnología. Luego, incluiremos una breve descripción de algunas consideraciones teóricas para la adopción de nuevas tecnologías en el entorno empresarial. Para ello, describiremos los puntos fundamentales de la obra de Nathan Rosenberg y Edwin Mansfield, quienes fueron pioneros en el estudio de adopción en empresas.

Presentada la teoría, a continuación exhibiremos datos provenientes de *papers* y consultoras reconocidas para dar cuenta del nivel actual de adopción de soluciones de IIoT en la industria petrolera. Se contrastará estos datos con la teoría anteriormente mencionada para llegar a una conclusión sobre el nivel de adopción general de la industria de Petróleo y Gas.

4.2.1. El modelo de difusión y adopción tecnológica. Teoría y autores.

Antes de mencionar las diferentes características y teorías sobre la difusión y adopción tecnológica, veamos su definición. “El estudio de la difusión de innovaciones, es el estudio del cómo, del por qué y a qué tasa, se divulgan las nuevas ideas o se adoptan nuevos productos o servicios. Entendemos a la difusión y adopción de innovaciones como al proceso por el cual una innovación (producto, tecnología, idea, etc.) es percibida y adoptada por miembros, grupos y/u organizaciones en una cierta comunidad o espacio a lo largo del tiempo.”(Prince, 2009 p.3). En su trabajo, Prince (2009) también explica que el estudio académico del tema, se remonta hacia la década del 50’ en Estados Unidos, donde los productores de televisión buscaban un método para medir la efectividad de la publicidad. Como veremos a continuación, es un campo de investigación relativamente joven y que incluye varias disciplinas y enfoques. Sin embargo, existe coincidencia entre

los autores sobre la forma en “S” que toma la curva de difusión, así como la curva de campana que clasifica los perfiles de los adoptantes.

Para Rogers (1962), la difusión de innovaciones es mucho más que una cuestión técnica y se trata de un proceso social. Como parte del mismo, el autor identifica 4 elementos claves: la innovación en sí, los canales de comunicaciones, el tiempo y el sistema social en el que se desarrolla. Por otra parte, describe la difusión de innovaciones como una secuencia de 5 fases:

1. **Conocimiento.** Esta etapa empieza cuando una persona o grupo se entera que una innovación existe y empieza a entender cómo funciona y qué hace.
2. **Persuasión.** En esta etapa la persona o grupo se inclina a favor o en contra de la innovación.
3. **Decisión.** En esta etapa se concreta la acción según la inclinación de la persona o grupo. Incluye la aceptación o rechazo de la innovación.
4. **Implementación.** Se trata del uso de la innovación.
5. **Confirmación.** Esta etapa incluye la búsqueda de evidencias que soporten la decisión tomada. En algunos casos, incluye abandonar la innovación si se presentan conflictos.

En su estudio, Rogers además define 5 determinantes que forman parte del proceso de difusión. Para el autor, estos 5 elementos se pueden resumir como:

- Las características de la innovación que pueden influenciar su adopción. Incluyen los conocimientos del funcionamiento y del uso de la innovación.
- El procedimiento de decisión, que ocurre cuando los individuos consideran adoptar una nueva idea, producto o práctica.
- Las características de los individuos que se muestran de acuerdo con adoptar una innovación.
- Las consecuencias o beneficios para los individuos y para la sociedad de adoptar una innovación.
- Los canales de comunicación usados en el proceso de adopción. El autor destaca a los medios masivos como los más eficientes.

A estos elementos, se deben agregar el hecho de que existen factores que pueden afectar la adopción como ser los juicios o prejuicios personales, las prácticas previas, los problemas y/o necesidades insatisfechas derivados de estas prácticas, las normas y costumbres sociales, etc. Adicionalmente, hay que tomar en consideración elementos externos que pueden intervenir, acelerando o retardando, el proceso de adopción. Entre estos elementos, el autor menciona el modo en que se define el proceso decisorio, es decir, si se trata de un proceso colectivo, individual o proveniente de una autoridad central. El tipo de canal de comunicación, es decir, si se trata de canales masivos o interpersonales. El grado de adhesión entre los miembros acorde a su naturaleza, normas y/o costumbres y por último, el peso y el accionar de los líderes de opinión o agentes de cambio.

En virtud de lo expuesto, Rogers (1962) propone una distribución cuantitativa para los individuos que adoptan una innovación o idea, categorizándolos como innovadores, adoptantes tempranos, mayoría temprana, mayoría tardía y rezagados.

1. Los **innovadores** (2,5% del total) son individuos con alta propensión al riesgo, buena actitud hacia las nuevas tecnologías y disponen de medios para soportar las pérdidas que pueden ocasionar la prueba de una nueva tecnología. Poseen la habilidad para entender y aplicar una innovación compleja, aceptan la incertidumbre respecto de una innovación pero suelen no ser comprendidos por otros individuos o grupos.
2. Los **adoptantes tempranos** (13,5% del total) son respetados socialmente e identificados como líderes de opinión. Al ser considerados exitosos, sirven de modelo de comportamiento para otros individuos. Poseen buena actitud hacia nuevas tecnologías pero son más pragmáticos que los innovadores.
3. La **mayoría temprana** (34% del total) son pragmáticos al momento de tomar una decisión de cambio o adopción y suelen deliberar entre el costo y el beneficio. Al igual que los adoptantes tempranos, también mantienen posiciones de liderazgo de opinión. Este grupo interactúa frecuentemente con sus pares.
4. La **mayoría tardía** (34% del total) son escépticos, resistentes al cambio y tienen necesidades económicas. Sólo adoptan una nueva tecnología cuando es reconocida como el estado del arte. Estos individuos son sensibles a la presión de sus pares y tienen una baja propensión al riesgo.

5. Los **rezagados** (16% del total) son los últimos en adoptar una nueva tecnología. Este grupo no goza de liderazgo de opinión alguno y su referencia principal es el pasado. Sus procesos de decisión o cambio son lentos y sus recursos, son limitados.

A partir de su estudio, Rogers (1962) comprobó que el patrón de adopción, basado en el porcentaje de personas que adoptan en el tiempo, determina una curva en forma de campana que se puede observar en la figura 34.

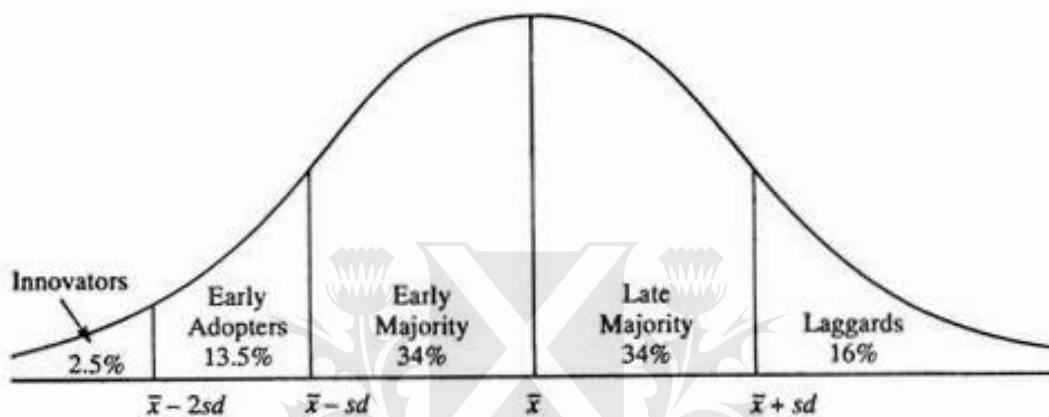


Figura 34. Curva de adopción de Rogers (Rogers, 2003)

Hasta el momento, cubrimos los puntos clave de la teoría de Everett Rogers que se usará como base de análisis para este trabajo. Sin embargo, vamos a completar la teoría con algunos enfoques complementarios de otros autores relevantes para esta tesis. De esta forma, consideremos el trabajo de Geoffrey A. Moore, quien toma la curva de adopción de Rogers y sus categorías para sumar un punto de inflexión crucial para que una tecnología sea adoptada, al que llama **el abismo** (Moore, 1991). Como se puede observar en la figura 35, este abismo separa los adoptantes tempranos de la mayoría temprana. El punto de inflexión se constituye como el punto crítico para llegar a la mayoría temprana. Según el autor, entender la existencia de este punto de inflexión es clave porque las necesidades de los grupos de consumidores del otro lado del abismo son muy diferentes de los primeros adoptantes y de no lograr cubrir esas necesidades, las empresas fracasarán. Para Moore, las empresas deben prepararse, a medida que transcurre el tiempo, para ir cubriendo las necesidades de cada grupo y así finalmente conquistar a toda la audiencia.

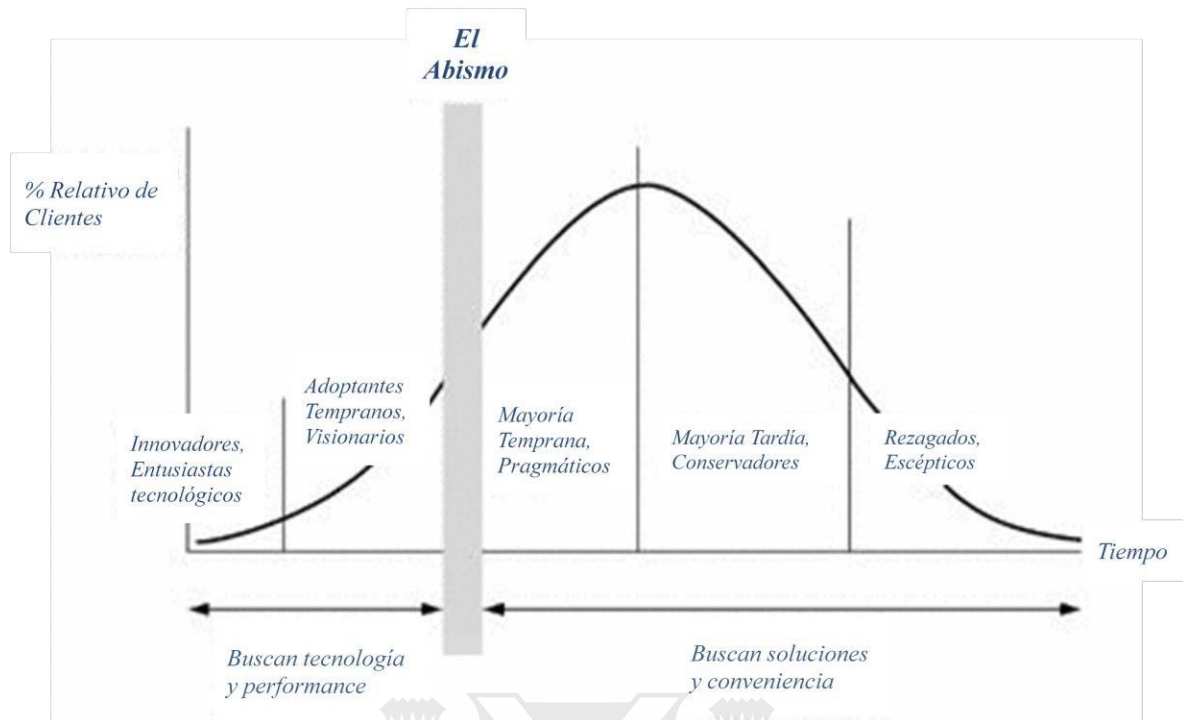


Figura 35. El abismo de Moore (elaboración en base a Moore, 1991)

Otros estudios se han realizados desde la perspectiva del marketing para entender la difusión de tecnología entre los consumidores. Autores como Bass (1969), plantearon modelos que mostraron que si bien los medios masivos son más eficientes en las fases iniciales de la difusión, a medida que transcurre el tiempo, el “boca a boca” tiene mayor relevancia sobre la adopción de bienes de consumo durables. Esta afirmación es compartida por Moore (1991), quién destaca que cuando los clientes comparten las experiencias positivas de un producto con sus pares, el “boca a boca” se convierte en el elemento de credibilidad necesario para cruzar el abismo.

Con el objetivo de estimar la demanda de nuevos productos, Bass (1969) desarrolló un modelo matemático para dar apoyo numérico a la adopción de tecnologías bajo ciertas condiciones. En resumen, su planteo afirma que el número de consumidores que compran un nuevo producto en un momento determinado, es función de la demanda de los individuos “innovadores” y de la demanda de los “imitadores”. En su teoría, Bass define a los primeros como aquellos individuos que adquieren un producto independientemente de lo que haga el resto de la sociedad, basados en sus aptitudes para evaluar los beneficios. Los segundos, los imitadores, los define como los individuos que adquieren el producto como resultado de la observación, interacción e influencia de los innovadores.

Al tomar cada vez mayor relevancia académica, fueron apareciendo otros modelos y teorías alternativas sobre la difusión y adopción. La Teoría de la Acción Razonada (Fishbein y Azjen, 1975) y la adaptación de esta misma por Davis, a través del Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) (Davis, 1989) basan sus postulados en una perspectiva de psicología social para el proceso de difusión tecnológica. El foco de análisis era comprender qué factores influyen en las conductas hacia el uso de tecnología, así como de los procesos de implantación de la misma en diversos ámbitos (Prince, 2009).

Fred Davis desarrolló su trabajo a partir de la Teoría de la Acción Razonada (TRA) de Fishbein y Azjen. El autor intentó predecir los comportamientos individuales, como resultado de una cadena causal de creencias, actitudes e intenciones (Davis, 1989). Según el mismo, la conducta de un individuo está determinada por la intención, y ésta a su vez es motivada por las actitudes. Estas actitudes están influenciadas por las creencias, que son fruto de una evaluación, mediante experiencia directa, de un objeto y sus atributos, siendo entre estos muy relevantes o determinantes para la tecnología, la utilidad y la facilidad de uso. El Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) como es conocido el trabajo de Davis, propone dos medidas de aceptación de la tecnología: la facilidad de uso y utilidad. La utilidad se entiende como la medida en la cual una tecnología mejorará el desempeño de un individuo y la facilidad de uso, como la expectativa de que su uso no implicará un gran esfuerzo previo de aprendizaje. Una crítica común, tanto al modelo TAM como al TRA, es que ambos incluyen fuertes elementos respecto de la conducta, asumiendo que cuando alguien forma una intención de actuar, esta acción es libre, lo que no se observa en la realidad (Prince, 2009).

Por otra parte, autores como Saga y Zmud (1994), quienes estudiaron la naturaleza de la implementación de tecnologías hicieron nuevos aportes sobre la utilidad y la facilidad de uso en sus trabajos. Como conclusión de sus estudios, observaron que la adquisición de conocimientos para aplicar una tecnología puede modificar las creencias y actitudes de un individuo en relación a la utilidad y facilidad de uso. En consecuencia, la adquisición de habilidades sobre la nueva tecnología puede mejorar su intención de uso y promover una mayor adopción.

Por último, elegimos presentar un tema que también está presente en la literatura sobre la adopción: los estándares. Lo incluimos porque creemos que puede ser relevante como elementos a tener en cuenta para la adopción de soluciones de IIoT. Al respecto, Shapiro y Varian (1999) resaltan la importancia de los estándares para la elección de una

tecnología o producto. Entre los beneficios de contar con estándares, podemos decir que permite la compatibilidad entre equipos, acelera la curva de aprendizaje, permite la adaptabilidad frente a cambios, permite desarrollar canales de servicios y mercados secundarios. Asimismo, de ser ampliamente aceptado y adoptado, tiene un impacto directo en el tamaño resultante del mercado, que a su vez, tiene efectos importantes en los costos y métodos de producción y comercialización. Por otra parte, Shapiro y Varian destacan la relevancia del concepto de “*lock-in*”, que se refiere al hecho de que una vez realizada una inversión en un estándar o tecnología, el costo de cambiarlo o reemplazarlo por otro, suele ser alto. Por ello, la escalabilidad e interoperabilidad de las tecnologías adoptadas son factores a tener en cuenta.

El modelo de Rogers y los otros autores que cubrimos previamente, están fundamentalmente dirigidos al estudio de adopción para individuos. Rosenberg (1972) y Mansfield (1968) fueron unos de los primeros autores en estudiar la difusión y aceptación de innovaciones tecnológicas en empresas. En sus trabajos, detallaron los factores que impiden o aceleran las tasas de innovación y la curva de difusión resultante producto de esas innovaciones.

Mansfield incluye a las grandes empresas en sus estudios dado que la innovación requiere una capacidad importante de las mismas para acaparar un sector importante del mercado y porque cuentan con el capital suficiente para soportar los costos de la innovación (Mansfield, 1968). Los estudios de Mansfield revelan que la difusión de una nueva técnica o tecnología es un proceso lento y el nivel de adopción o imitación, varía de una empresa a otra. Mansfield analizó las posibles variables que afectan a la difusión, entre las que consideró, la cantidad de empresas que poseen la nueva tecnología, el nivel de inversión que requiere su implementación y la rentabilidad asociada al uso de la misma. Así, pudo confirmar que esta última, sobresale como un factor crítico para la aceptación de una nueva tecnología.

Tanto Rosenberg (1972) como Mansfield (1968) trabajaron sobre la idea de la reducción de la incertidumbre para adoptar una tecnología. Según éstos, las empresas reducen la incertidumbre en cuanto al potencial de ganancias por el uso de una nueva tecnología al recolectar sistemáticamente información. A medida que la compañía continúa recopilando información, su estimación de dividendos se actualiza. La posibilidad de adoptar una tecnología que no genere ganancias es la razón por la cual las empresas continúan con la recolección de información.

Vemos que para esta teoría, la forma de transmisión de la información juega un papel primordial ya que de la misma, dependerá el proceso de difusión. Dicha información puede proceder de una fuente única o transmitirse mediante el contacto entre empresas. La hipótesis más aceptada es la segunda, lo que da origen a los modelos epidemiológicos o de contacto que también fueron estudiados por Moore (1991) y Bass (1969). La justificación se basa en que para adoptar una nueva tecnología, las empresas requieren dos tipos de conocimientos: conocimientos incorporados en los productos y conocimientos basados en la experiencia de uso de la tecnología. Los conocimientos del segundo tipo requieren la interacción entre empresas para poder ser transmitidos, mientras que los primeros pueden ser difundidos de forma centralizada.

Entre las conclusiones de Mansfield y Rosenberg sobre la difusión de innovaciones entre empresas, destacamos:

- La difusión de una nueva tecnología es un proceso lento.
- El nivel de adopción o imitación varía de una empresa a otra.
- Las innovaciones que requieren bajo esfuerzo de inversión inicial y un grado alto de rentabilidad son las que más rápido se adoptan.
- Las innovaciones se difunden más rápidamente en industrias menos concentradas (no existe un conglomerado de competidores dominante).
- La transmisión de información entre empresas es un factor determinante para la adopción de una innovación o tecnología.

De esta forma, completamos el abordaje teórico sobre difusión de innovaciones. Mostramos los puntos más relevantes para la adopción de nuevas tecnologías y presentamos el aporte de diversos autores sobre el tema. Estamos en condiciones de entender las variables que impactan en la adopción de IIoT en la industria del petróleo y gas.

4.2.2. Adopción general de IIoT en la industria del Petróleo y Gas

A continuación veremos que existen varias publicaciones y estudios que demuestran que la adopción de soluciones digitales, entre ellas el IIoT, aún sigue siendo relativamente baja en la industria del Petróleo y Gas. Si tenemos en cuenta la teoría de difusión de innovaciones (Roger, 1962), veremos que, de modo general y comparándola con otras industrias, el sector petrolero se ubica dentro de la mayoría tardía de usuarios

que utilizan estas tecnologías. De esta forma, la mayoría de las empresas del sector se caracterizan por adoptar la innovación después de observar cómo la mayoría temprana de usuarios de otras industrias se desempeñan con la misma.

De acuerdo al MIT Sloan Management Review y a un estudio global de negocios digitales realizados por Deloitte en 2015, la madurez digital de la industria de Petróleo y Gas está entre las más bajas, alcanzando 4,68 en una escala del 1 a 10. Según el mismo trabajo, las organizaciones menos madura digitalmente tienden a enfocarse en tecnologías individuales y tienen estrategias que son decididamente operacionales en foco (Slaughter et al., 2015). El mismo estudio se realizó en el año 2018 y como se puede ver en la figura 36, la madurez digital de la industria que nos interesa (curva celeste), continúa estando relegada en comparación con otros sectores (Kane et al., 2018). De las 46 respuestas obtenidas por la consultora para la industria de petróleo y gas, en su mayoría, los entrevistados respondieron que la madurez digital se encuentra en su etapa inicial (*early*) o en desarrollo (*developing*). Adicionalmente, el estudio indica que las compañías más antiguas, como es el caso de las principales empresas de petróleo, son generalmente menos maduras que otros sectores.

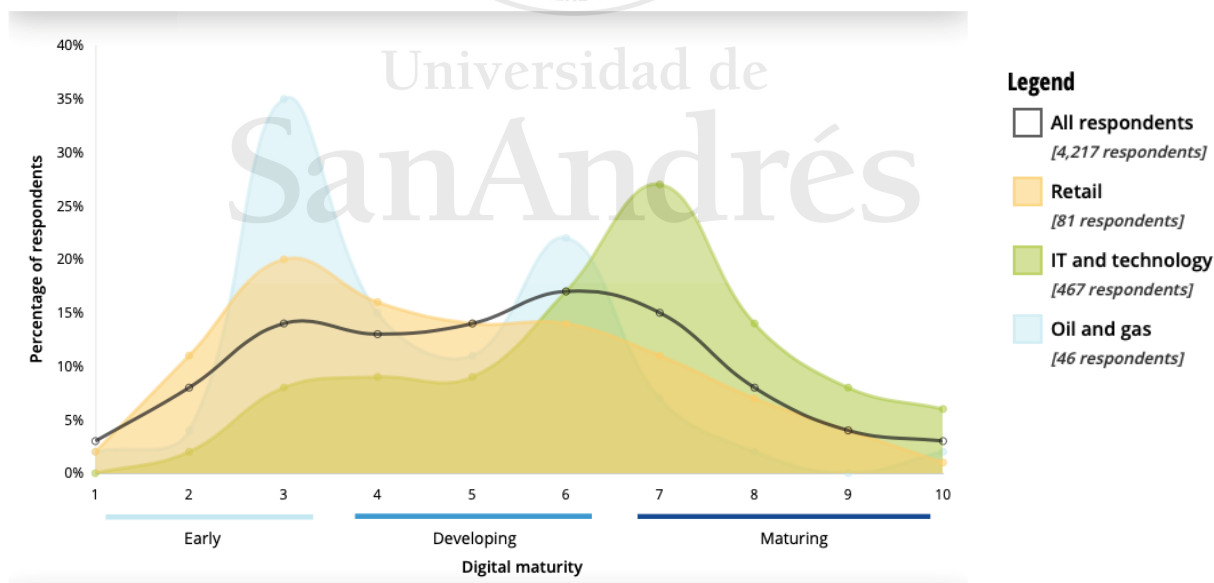


Figura 36. Comparación de madurez digital (Kane et al., 2018)

En un estudio más reciente sobre antecedentes para la adopción de IoT en la industria del Petróleo y Gas, Satar, Hussin, Ali et al. (2019) destacan que aunque varios trabajos demuestran el potencial de dicha tecnología, las soluciones de IoT aún no fueron correctamente adoptadas por varias industrias, incluyendo la que nos incumbe. En otro

estudio encabezado por el mismo investigador, Satar, Hussin y Yusof (2019) enfatizan que la adopción es dispersa y carece de foco en la industria petrolera. Por su parte, Lu et al. (2019) consideran que las tecnologías como *Big Data* e IIoT pueden cambiar por completo el *statu quo* de la industria de Petróleo y Gas, sin embargo, afirman que el uso de dichas tecnologías, se encuentra en una etapa temprana de implementación.

La consultora Bsquare realizó un trabajo entre agosto y septiembre de 2017 a más de 310 compañías de transporte, manufactura y petróleo y gas sobre la situación actual de la tecnología de IIoT en esos sectores. En ese estudio, observaron que la transformación digital en el ambiente del petróleo y gas está en su etapa inicial, empujando el uso de herramientas de IIoT. Sin embargo, el número de dispositivos conectados en esa industria es inferior al 40%, significativamente inferior a los valores de la industria del transporte (66%) y la manufactura (54%). Según Bsquare, esto es uno de los factores que impactan en la entrada tardía del sector a la adopción de IIoT. En el estudio, como se puede ver en la figura 37, también se observa que solo el 89% de las empresas de Petróleo y Gas tienen algún tipo de solución de IIoT, siendo que la mayoría de las mismas instalaron dichas soluciones en el último año (2017).



Figura 37. Estado de adopción de soluciones de IIoT (Bsquare, 2017)

Lo observado por Bsquare, también coincide con lo relevado por la empresa PTC en su investigación de mercado realizada el mismo año (Baron et al., 2017). Según PTC, las industrias que están liderando las implementaciones de IIoT son mayoritariamente las manufacturas, *high tech* y electrónica, seguida por la automotor. La industria de petróleo y gas, como se observa en la figura 38, posee un porcentaje muy bajo de adopción frente a los otros sectores. Para PTC, el motivo por el cual los primeros 4 sectores lideran la adopción es porque poseen procesos complejos de manufactura y operación. A esto, se

suma que los equipos que utilizan son altamente costosos. De acuerdo a la consultora, como las soluciones de IIoT aseguran la toma de decisiones basadas en datos, dichas industrias apuestan a dichas soluciones para asegurar que los procesos sean eficientes, sustentables y robustos.

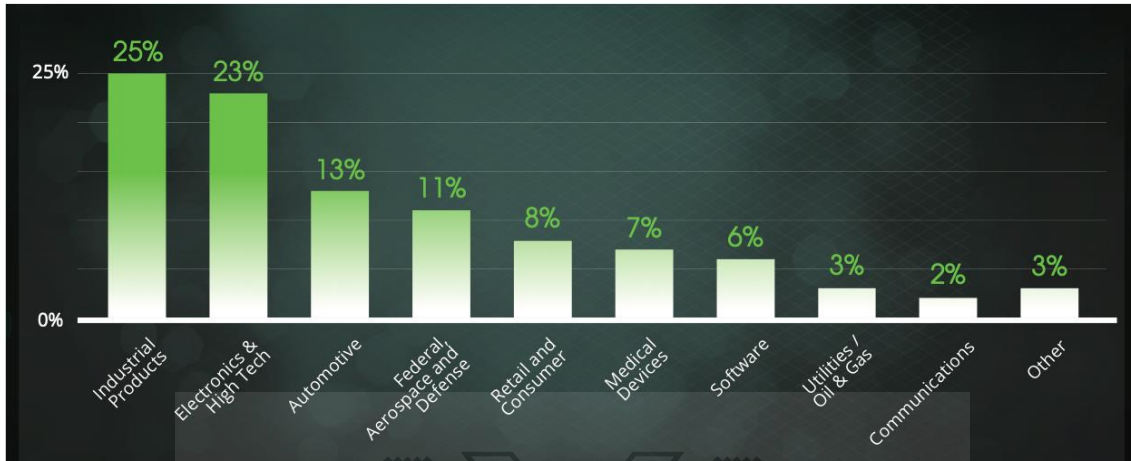


Figura 38. Adopción de IIoT por Industria (Baron et al., 2017)

Otro dato interesante relevado por PTC, es la distribución de la adopción por región. De acuerdo a la figura 39, vemos una mayor adopción en el continente americano, liderado por las empresas de manufactura industrial de Estados Unidos (Baron et al., 2017). Sin embargo, existe un potencial enorme en Asia Pacífico por el desarrollo industrial de dicha región.

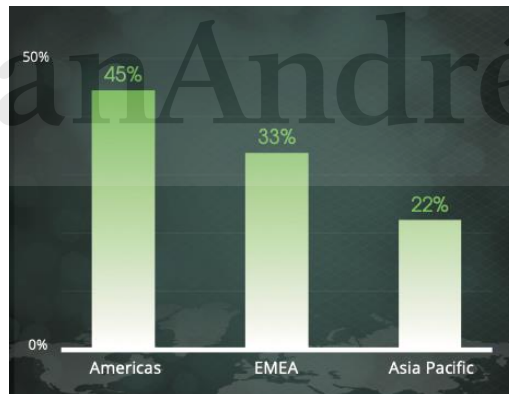


Figura 39. Adopción de IIoT por región (Baron et al., 2017)

Volviendo al estudio de Bsquare, también analizaron la adopción de herramientas de IIoT por industrias. En el mismo, definieron un índice con 5 niveles de adopción, en donde cada nivel implica la utilización o implementación del anterior. A medida que las empresas logran avanzar hacia niveles superiores del índice, es de esperarse que aporten mayor valor a sus operaciones. Como se observa en la figura 40, los niveles incluyen: 1) Conectividad de dispositivos - dispositivos que colectan datos y los transmiten a bases de

datos. 2) Monitoreo de Datos - Tableros de control y herramientas de visualización para monitorear datos en tiempo real. 3) Análisis de Datos - *Machine learning* y análisis complejo utilizado para predicción y nuevos descubrimientos. 4) Automatización - Desarrollar y ejecutar reglas lógicas que automaticen actividades del negocio y configuración de equipos. 5) *Edge Computing* - Análisis distribuido y orquestación a nivel de equipos. A continuación se muestra el índice con sus 5 niveles.

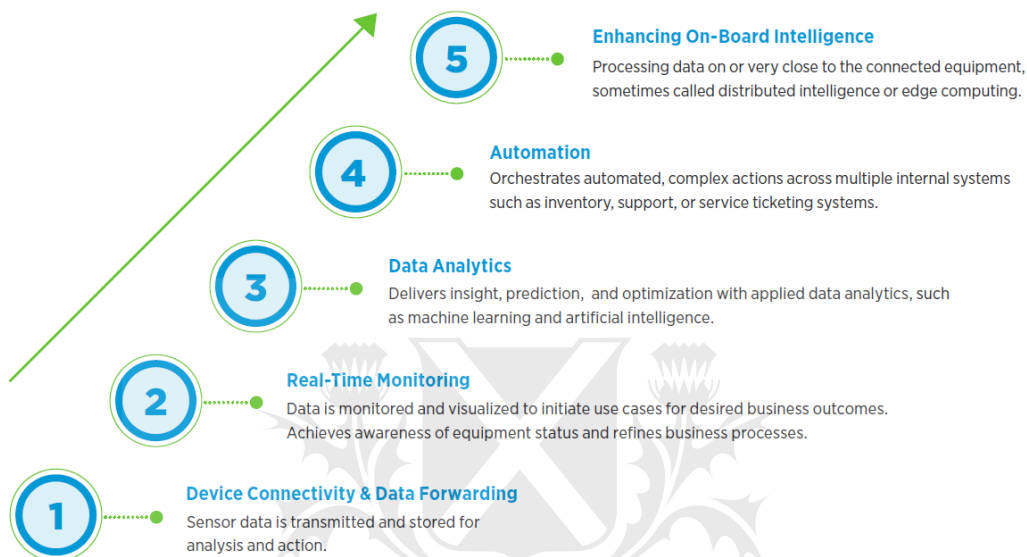


Figura 40. Los 5 niveles de adopción de herramientas de IIoT (Bsquare, 2017)

Para el sector de Petróleo y Gas, de acuerdo a la figura 41, la adopción de tecnologías de IIoT es progresiva, estando la mayor parte de ellas relacionadas con los niveles inferiores. Es evidente que la caída acentuada del número de empresas que utilizan una conectividad básica de dispositivos frente a las empresas que adoptaron tecnología de avanzada, representa una oportunidad significativa para aquellas organizaciones que quieran aportar mayor valor al negocio mediante inversiones en IIoT.

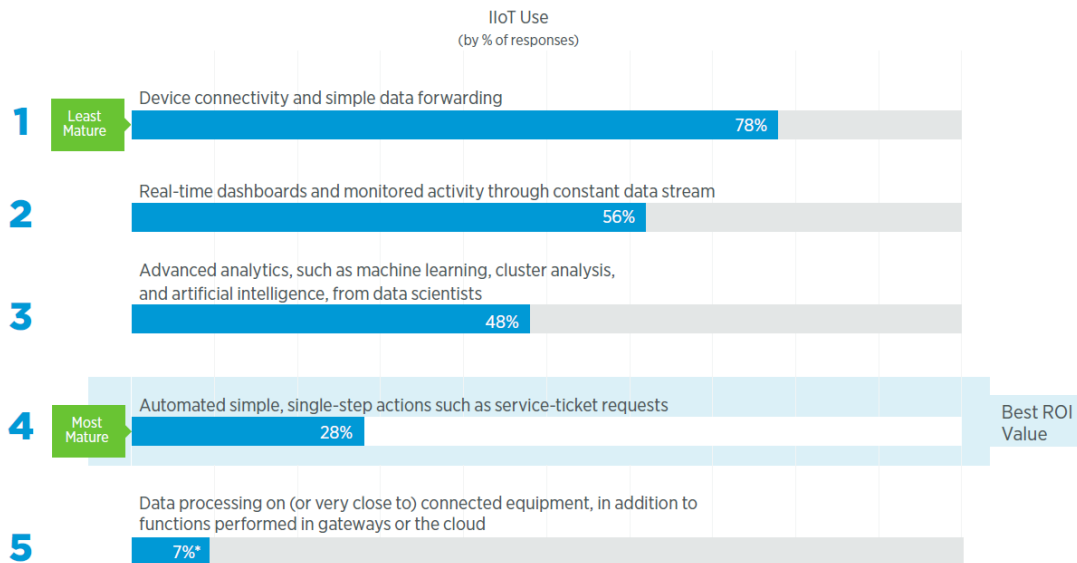


Figura 41. Uso de soluciones de IIoT (Bsquare, 2017)

En el caso de la investigación realizada por PTC, también observaron que los casos de uso que predominan son aquellos de monitoreo de activos e inteligencia operativa, similar a la categoría 1, 2 y 3 de Bsquare. Según los entrevistados por PTC, la visibilidad en tiempo real de indicadores claves puede aumentar la eficiencia operativa. A su vez, el monitoreo de activos, ayuda a reducir los costos de manufactura y mejora la calidad de la producción, siendo los puntos claves para la adopción de soluciones de IIoT.

En otro estudio realizado por el World Economic Forum y Accenture (2017), identificaron que las soluciones implementadas por la industria petrolera correspondían a un perfil de adopción preparatorio ya que las soluciones apuntaban a la eficiencia operativa que corresponde a un nivel de adopción inicial, según lo indicado también por Bsquare y PTC.

A pesar de que los estudios presentados muestran un nivel inicial de adopción, existen motivos para creer que la tendencia puede acelerar. Según Lu et al. (2019), aunque las compañías de petróleo y gas se han mostrado rezagadas en la adopción de nuevas tecnologías, ya han reconocido que para competir en la era digital, van a requerir transformar su modelo de negocios, procesos y operaciones. Por ese motivo, los autores destacan que existe una rápida penetración de soluciones de IoT y coinciden con Bsquare y PTC en las aplicaciones más frecuentes. Por otra parte, en un artículo de la revista *Power Engineering International*, Largue (2019) destaca que la adopción de tecnologías digitales como el IIoT, ha experimentado un importante crecimiento últimamente. Según la autora, esto se debe a una reacción frente a la caída abrupta del precio del petróleo de

los últimos años. La idea subyacente, según el artículo, es lograr mayor dinámica y adaptabilidad frente a factores externos y consideran que la implementación de estas tecnologías es uno de los factores principales para lograr ese objetivo.

Como podemos ver en base a los estudios presentados, la madurez digital de la industria de petróleo y gas, en general, se encuentra en una etapa temprana o en vías de desarrollo. Esto se refleja en el nivel de adopción de soluciones de IIoT. Es evidente que otras industrias han tomado la delantera en el uso de dichas soluciones. Si tenemos en cuenta la teoría de difusión de Rogers, podemos decir que las manufacturas industriales y las empresas de *high tech* se encuentran entre las innovadoras o adoptantes tempranas mientras que las petroleras, presentan un perfil que corresponde a la mayoría tardía o en el mejor de los casos, una mayoría temprana. En este sentido, la mayoría de las empresas del sector, tienden a observar cómo la mayoría temprana de usuarios de otras industrias se desempeñan con las soluciones de IIoT antes de adoptarla. Si consideramos a Bass, estamos frente a una industria “imitadora” ya que probablemente las compañías petroleras adquieren soluciones de IIoT como resultado de la observación, interacción e influencia de las industrias innovadoras.

Por otra parte, vemos que las soluciones más frecuentes son las que requieren un menor esfuerzo de inversión y son las más fáciles de implementar y utilizar (monitoreo, análisis de datos provenientes de sensores, etc.). Esto coincide con la teoría de Mansfield y Davis respectivamente. Según Mansfield, las innovaciones que requieren bajo esfuerzo de inversión inicial y un grado alto de rentabilidad son las que más rápido se adoptan y para Davis, la facilidad de uso es una de los componentes determinantes para la adopción tecnológica.

4.2.3. Cuadro ejecutivo sobre teoría de adopción y estado general de IIoT en Petróleo y Gas

A modo de resumen ejecutivo, presentamos la tabla 5 con los principales conceptos y autores abordados en este capítulo.

Ejes conceptuales		Autores
Teorías de difusión y adopción tecnológica	<u>Definición adoptada:</u> “El estudio de la difusión de innovaciones, es el estudio del cómo, del por qué y a qué tasa, se divulgan las nuevas ideas o se adoptan nuevos productos o servicios.” (Prince, 2009 p.3)	Prince (2009)
	<u>Difusión de innovaciones de Rogers:</u> - 4 elementos claves: <ul style="list-style-type: none"> ▪ La innovación en sí ▪ Los canales de comunicaciones ▪ El tiempo 	Rogers (1962)

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El sistema social en el que se desarrolla. - 5 fases de la difusión de innovaciones: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Conocimiento ▪ Persuasión ▪ Decisión ▪ Implementación ▪ Confirmación - 5 determinantes que forman parte del proceso de difusión: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Las características de la innovación ▪ El procedimiento de decisión ▪ Las características de los individuos ▪ Las consecuencias para los individuos y para la sociedad ▪ Los canales de comunicación usados - Curva de adopción de Rogers: distribución cuantitativa para los individuos que adoptan una innovación o idea. Categorías: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Innovadores (2,5%) ▪ Adoptantes tempranos (13,5%) ▪ Mayoría temprana (34%) ▪ Mayoría tardía (34%) ▪ Rezagados (6%) 	
	<u>El abismo de Moore:</u> El abismo separa los adoptantes tempranos de la mayoría temprana. Es un punto de inflexión, crítico para llegar a la mayoría temprana.	Moore (1991)
	<u>Modelo matemático de Bass:</u> El número de consumidores que compran un nuevo producto en un momento determinado, es función de la demanda de los individuos “innovadores” y de la demanda de los “imitadores”.	Bass (1969)
	<u>El Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) de Davis:</u> adaptado de la Teoría de la Acción Razonada de Fishbein y Azjen, basa sus postulados en una perspectiva de psicología social. Propone dos medidas de aceptación de la tecnología: la facilidad de uso y utilidad.	Fishbein y Azjen (1975) Davis (1989)
	<u>Estudio de implementación de tecnologías de Saga y Zmud:</u> la adquisición de conocimientos para aplicar una tecnología puede modificar las creencias y actitudes de un individuo en relación a la utilidad y facilidad de uso.	Saga y Zmud (1994)
	<ul style="list-style-type: none"> - Importancia de los estándares, escalabilidad e interoperabilidad para la elección de una tecnología. - La relevancia del concepto de “lock-in”. 	Shapiro y Varian (1999)
	<u>Factores de difusión y adopción de innovaciones en empresas:</u> <ul style="list-style-type: none"> - La difusión de una nueva tecnología es un proceso lento. - El nivel de adopción o imitación varía de una empresa a otra. - Las innovaciones que requieren bajo esfuerzo de inversión inicial y un grado alto de rentabilidad se adoptan más rápido. - Las innovaciones se difunden más rápidamente en industrias menos concentradas. - La transmisión de información entre empresas (“boca a boca”) es un factor determinante para la adopción de una innovación o tecnología. 	Rosenberg (1972) Mansfield (1968)
Adopción general de IIoT en la industria del Petróleo y Gas	<u>Características relevadas:</u> <ul style="list-style-type: none"> - Baja madurez digital de la industria de Petróleo y Gas - Entrada tardía del sector a la adopción de IIoT con respecto a otras industrias. Comparativamente, posee un porcentaje menor de adopción frente a los líderes: manufacturas, <i>high tech</i> y electrónica. - Perfil de adopción preparatorio ya que las soluciones apuntan a la eficiencia operativa que corresponde a un nivel de adopción inicial. - La adopción es deficiente, dispersa y carece de foco. - Uso de tecnologías individuales y poca integración. - Los principales casos de uso: conectividad básica de dispositivos, monitoreo de activos en tiempo real e inteligencia operativa. 	Slaughter et al. (2015) Kane et al. (2018) Satar, Hussin, Ali et al. (2019) Satar, Hussin y Yusof (2019) Lu et al. (2019) Bsquare (2017) Baron et al. (2017) World Economic Forum y Accenture (2017)
	<u>Tendencias:</u> <ul style="list-style-type: none"> - Rápida penetración de soluciones de IoT - Optar por un perfil “imitador” - Las soluciones más frecuentes son las que requieren un menor esfuerzo de inversión y son las más fáciles de implementar y utilizar. - Reconocimiento por parte de la industria de la necesidad de transformación para competir en la era digital. 	Lu et al. (2019) Largue (2019)

Tabla 5. Resumen ejecutivo de teoría de adopción y estado general de IIoT en Petróleo y Gas (elaboración propia)

4.3. Entendiendo al IIoT, objetivos y desafíos detrás de su adopción en la industria de Petróleo y Gas

En este apartado nos sumergiremos de lleno en el tema principal de esta tesis. Presentaremos una definición de IIoT y el ecosistema que compone dicha tecnología. Como veremos, el IIoT es un sistema que se compone de otras tecnologías digitales como es el caso de *big data* o *analytics*. El objetivo de presentar el ecosistema, es mostrar cómo el IIoT hace uso de otras tecnologías para formar las diferentes aplicaciones existentes en el mercado. Por otro lado, trataremos de entender cómo las soluciones de IIoT contribuyen a la gestión de las empresas y cómo impacta en la industria de petróleo y gas. Por último, y quizás lo más importante de este capítulo, estudiaremos informes y reportes de consultoras para entender los objetivos y desafíos detrás de la adopción de soluciones de IIoT. De esta forma, junto a los temas vistos en el capítulo de transformación digital y la teoría de adopción de innovaciones, estaremos en condiciones de relevar y entender la situación actual de IIoT en Vaca Muerta, objetivo principal de este trabajo.

4.3.1. ¿Qué entendemos por IIoT?

En la biografía relevada sobre IIoT es común observar el uso indistinto entre “*Industrial Internet of Things*” e “*Industrial Internet*”. Para nuestro estudio, asumimos que ambos términos se refieren a lo mismo y los consideramos sinónimos. De acuerdo a nuestra investigación, el término “*Industrial Internet*” fue utilizado por primera vez por General Electric y de acuerdo a un reporte de la empresa, se refiere a la convergencia del sistema industrial global a través del poder de cómputo avanzado, *analytics*, sensores de bajo costos y nuevos niveles de conectividad impulsados por Internet (Evans y Annunziata, 2012). Posteriormente, en otro reporte en conjunto con Accenture lo definieron como:

“...a source of both operational efficiency and innovation that is the outcome of a compelling recipe of technology developments: Big Data, Internet of Things, Analytics and industrial equipment outcomes [...]. The resulting sum of those parts gives you the Industrial Internet—the tight integration of the physical and digital worlds. The Industrial Internet enables companies to use sensors, software, machine-to-machine learning and other technologies to gather and analyse data from physical objects or other large data streams—and then use those analyses to manage operations and in some cases to offer new, value-added services.” (Accenture y General Electric, 2015, p. 7).

Otros artículos consideran a las personas dentro de la definición de “Industrial Internet” ya que asumen que su impacto es igualmente importante para los negocios como para los individuos. Así es como el Industrial Internet Consortium (IIC), propone la siguiente definición:

“...the industrial internet is an internet of things, machines, computers and people enabling intelligent industrial operations using advanced data analytics for transformational business outcomes, and it is redefining the landscape for business and individuals alike.” (IIC, s.f.)

Una variante que merece mención por su semejanza, es el concepto de “*Industry 4.0*”. Introducido en 2011 en el contexto del desarrollo económico e industrial alemán, se basa en el uso de CPS (*Cyber-physical systems*). Se trata de sistemas capaces de comunicarse entre ellos y tomar decisiones de forma descentralizada y autónoma con el objetivo de incrementar la eficiencia, productividad, seguridad y transparencia industrial (Boyes et al., 2018). En el mismo *paper* presentan la siguiente definición:

“Industrie 4.0 is a collective term for technologies and concepts of value chain organisation. Within the modular structured Smart Factories of Industrie 4.0, CPS monitor physical processes, create a virtual copy of the physical world and make decentralized decisions. Over the IoT, CPS communicate and cooperate with each other and humans in real time. Via the IoS [Internet of Services], both internal and cross-organizational services are offered and utilised by participants of the value chain” (Hermann et al, 2015, como se citó en Boyes et al., 2018, p. 2)

Como podemos ver, tanto en la definición de “*Industry 4.0*” como “Industrial Internet”, está presente la idea de captura y análisis de datos para la toma de decisiones y tienen en cuenta la participación de las personas. A nuestro entender, “*Industry 4.0*” es un concepto más amplio que IIoT. Para “*Industry 4.0*”, el IIoT es una parte del módulo Smart Factory. *Industry 4.0* implica cambios organizacionales que van más allá de las soluciones IIoT. En este sentido, también es común encontrar en la literatura, referencias a la 4^{ta} Revolución Industrial cuando se habla de “*Industry 4.0*”. Es evidente que “*Industry 4.0*” involucra cambios más profundos y por tal motivo, no lo aceptamos como sinónimo de IIoT.

Por otro lado, algunas empresas emplean otros términos para aludir a IoT. Cisco por ejemplo, ha utilizado el término “*Internet of Everything*” y también aparece en la

literatura alguna referencia a “Internet 4.0”. Entendemos que se debe a cuestiones de marketing más que a diferencias representativas de significado.

Asimismo, encontramos de forma recurrente en la bibliografía, el uso genérico del término “Internet of Things” o “IoT”, por sus siglas en inglés, independiente del ambiente de uso en el cual es implementado. En varios reportes analizados para la industria del petróleo y gas, si bien los autores y consultoras muestran soluciones e implementaciones de uso industriales, se refieren a la tecnología como IoT, lo cual no es completamente acertado. Para Gilchrist (2016), es importante diferenciar la vertical de IoT por sobre el concepto amplio de “Internet of Things” porque existen grandes diferencias en cuanto a los clientes, requerimientos técnicos y estrategias, dependiendo de cada caso. Según el autor, existen 4 verticales: empresarial, consumidores, comercial e industrial. Siguiendo la clasificación de Gilchrist, para el público general, el mercado más frecuente de soluciones de IoT se encuentra en *Smart home*, *wearables*, equipos integrados de entretenimiento y monitores personales en automóviles. En el mercado comercial, las soluciones más frecuentes se refieren a productos financieros y de inversión, como los existentes en la banca, seguros e *e-commerce*, cuyo foco está destinado a los hábitos de consumo, *performance* y valor. En lo que refiere a IoT empresarial, incluye a los pequeños, medianos y grandes negocios aunque el autor no brinda mayores detalles o ejemplos. Por último, destaca la vertical industrial por ser la mayor de todas, incluyendo múltiples disciplinas como la producción de energía, manufactura, agricultura, cuidados médicos, *retail*, transporte, logística, aviación y muchas otras. Para dar una dimensión del tamaño de mercado de cada vertical, Gilchrist muestra la figura 42.

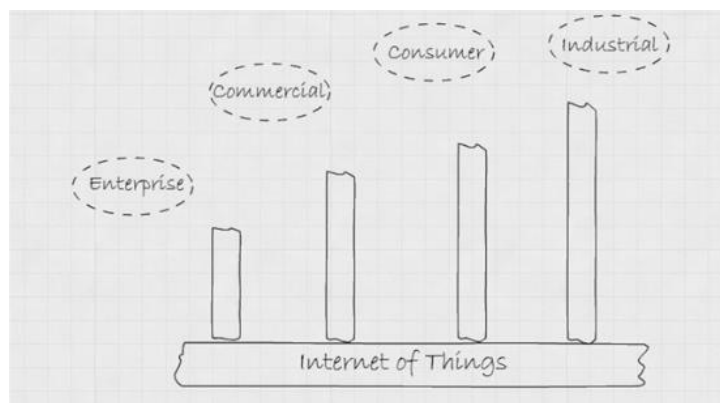


Figura 42. Aspectos verticales y horizontales de IoT (Gilchrist, 2016)

Profundizando en la literatura específica que utiliza el término “*Industrial Internet of Things*”, consideramos la definición del Industrial Internet Consortium. Esta entidad global sin fines de lucro fue creada en Estados Unidos en 2014 y la integran empresas,

gobiernos y casas de estudio. Su objetivo principal es acelerar el crecimiento de Industrial Internet a través de la promoción de *best practices*. Cabe destacar que GE, quien acuñó el término “Industrial Internet” y otras numerosas empresas norte-americanas son sus principales miembros. Para dicha entidad, IIoT es una de las tecnologías claves la de cuarta revolución industrial. Se trata de conectar “cosas” a la red y capturar datos operativos y contextuales (potencialmente *big data*) sobre esas “cosas” con el propósito de controlarlas y optimizar su operación (Buchheit et al., 2020). Adicionalmente, los sistemas IIoT conectan e integran el *edge*¹⁴ con los sistemas corporativos, los procesos de negocios y herramientas de *analytics*.

Consideramos la definición anterior un tanto imprecisa ya que no describe lo que refiere como “cosas” y tampoco expresa claramente la finalidad y los beneficios de dicha tecnología. En ese sentido, encontramos la definición de Gilchrist (2016) más completa:

“The Industrial Internet provides a way to get better visibility and insight into the company’s operations and assets through integration of machine sensors, middleware, software, and backend cloud compute and storage systems. Therefore, it provides a method of transforming business operational processes by using as feedback the results gained from interrogating large data sets through advanced analytics. The business gains are achieved through operational efficiency gains and accelerated productivity, which results in reduced unplanned downtime and optimized efficiency, and thereby profits.” (Gilchrist, 2016, p. 3)

Por último, presentaremos la definición que consideramos superadora de las anteriores ya que incluye los puntos claves mencionados, aportando detalle sobre el manejo que se puede hacer de los datos y el valor entregado a la industria. Dicha definición fue propuesta por Boyes et al. (2018) en un *paper* donde trata de entender el significado de IIoT y termina proponiendo su propia definición:

“...A system comprising networked smart objects, cyber-physical assets, associated generic information technologies and optional cloud or edge computing platforms, which enable real-time, intelligent, and autonomous access, collection, analysis, communications, and exchange of process, product and/or service information, within the industrial environment, so as to optimize overall production value. This value

¹⁴ *Edge* o “periferia” en español, se refiere a un tipo de informática que ocurre en la ubicación física del usuario, de la fuente de datos, o cerca de ellas. Suele estar alejado de los centros de cómputo o la nube.

may include; improving product or service delivery, boosting productivity, reducing labour costs, reducing energy consumption, and reducing the build-to-order cycle.” (Boyes et al., 2018, p. 3).

De esta forma, concluimos esta sección habiendo recorrido distintas definiciones de IIoT, mencionando algunas similitudes con otros términos y presentando la definición que entendemos como la más completa para empezar a entender el impacto que puede tener esta tecnología en la industria del petróleo y gas. A seguir, cubriremos el ecosistema de las soluciones IIoT, mencionaremos el marco de referencia para la arquitectura de las soluciones y presentaremos brevemente otras tecnologías que potencian al IIoT.

4.3.2. Ecosistema y arquitectura de soluciones IIoT

Como mencionamos en su definición, entendemos al IIoT como un sistema y como tal, está compuesto por múltiples tecnologías. Al integrarse dichas tecnologías, es posible entregar más valor al negocio que si sólo considerásemos cada parte por separado. Asimismo, los avances tecnológicos en cada uno de sus componentes, como ser el caso de los sensores, *big data*, *analytics*, *edge computing*, *cloud computing*, hiper conectividad, etc. han permitido la aparición de una amplia variedad de soluciones de IIoT que están transformando el ambiente industrial. Sin embargo, para potenciar todavía más el avance de dichas soluciones, es necesario contar con un marco o referencia arquitectónica estándar, abierta y ampliamente adoptada para el desarrollo de las mismas. Por este motivo, el Industrial Internet Consortium (IIC), creó lo que denominaron “[*Industrial Internet of Things Reference Architecture*](#)” o IIRA (Shi-Wan et al., 2017). Se trata de una arquitectura de referencia para todas las soluciones de IIoT compuestas por bloques intercambiables e interoperables. Al estar destinada a múltiples industrias, fue pensada con un alto nivel de abstracción, lo que permite que el diseño de las soluciones se adapte a sus directrices sin mayores restricciones. A continuación, presentaremos a grandes rasgos sus componentes, con el objetivo de tener una visión más acabada sobre las diferentes tecnologías que pueden estar presentes en las soluciones de IIoT.

Empezaremos por decir que el IIRA es un marco abierto, genérico, creado para múltiples industrias que fomenta la interoperabilidad de las soluciones, permite mapear las tecnologías y guía el desarrollo de nuevos estándares y tecnologías. Es importante destacar que está pensada para trascender las tecnologías existentes ya que no hace

referencia a ninguna en particular sino que utiliza bloques genéricos que apuntan a funcionalidades.

Como todo marco de arquitectura, está compuesto por “puntos de vista” o “*viewpoints*” que es una forma de clasificar los intereses principales y más comunes, para luego describirlos y analizarlos. En IIRA contamos con 4 puntos de vistas (ver figura 43):

1. **Negocios.** Se refiere a los objetivos buscados por los *stakeholders* con la implementación de IIoT. Trata de identificar la visión de negocio y el valor que aporta la solución.
2. **Uso.** Se refiere a los intereses de quienes van a utilizar el sistema. Se trata de entender el uso de la solución. Incluye el conocimiento de las secuencias de actividades necesarias para utilizar el sistema.
3. **Funcional.** Se refiere al funcionamiento de los componentes, sus interfaces e interacciones. Incluye la relación e interacción con componentes externos para soportar el uso y las actividades en general del sistema.
4. **Implementación.** Se refiere a las tecnologías necesarias para implementar los componentes funcionales, su esquema de comunicación y procesos de ciclo de vida.

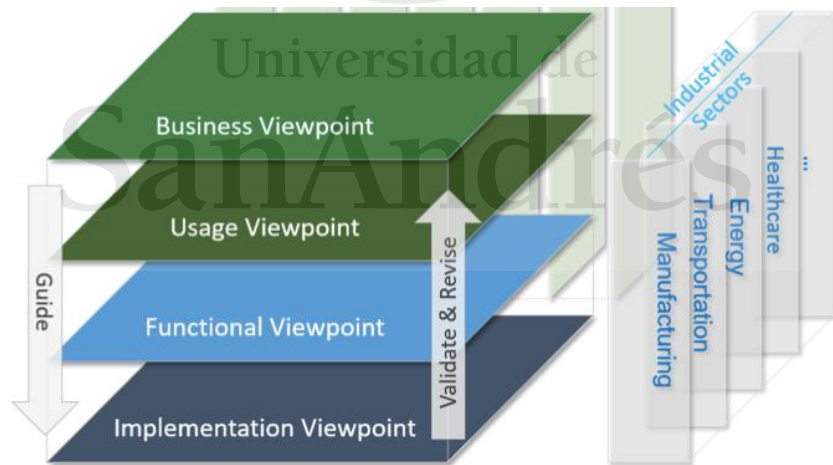
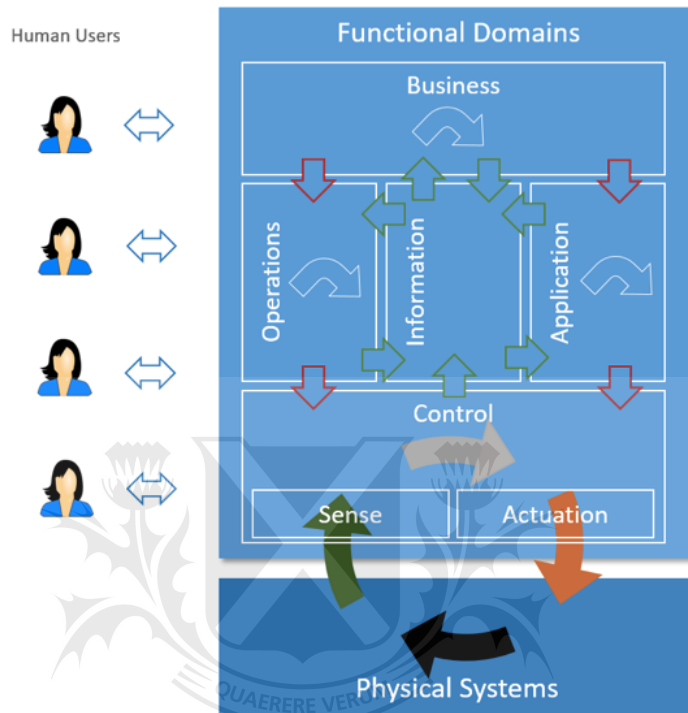


Figura 43. Puntos de vista del IIRA (Shi-Wan et al., 2017)

Con el fin de entender las tecnologías y el ecosistema que componen las soluciones de IIoT, analizaremos únicamente los puntos de vista (*viewpoints*) funcional y de implementación.

- **Punto de vista funcional:**

El punto de vista funcional está, a su vez, dividido en 5 dominios con características y funciones bien definidas: Control, Operación, Información, Aplicación y Negocio. En la figura 44 podemos ver cómo los dominios se relacionan y también observamos la presencia de flujos de datos y de control entre los bloques.



Green Arrows: Data/Information Flows; Grey/White Arrows: Decision Flows; Red Arrows: Command/Request Flows

Figura 44. Dominios funcionales del IIRA (Shi-Wan et al., 2017)

Algo para destacar, es que a medida que la información sube a través de los bloques, el alcance de la misma es mayor y se vuelve más poderosa. Esto facilita la aparición de nuevos datos y una mayor inteligencia del sistema. Veamos la función de cada dominio y las tecnologías que lo componen con más detalle.

- **Dominio de control.** Representa la colección de funciones que son realizadas por el sistema de control industrial (ICS, por sus siglas en inglés). La función primordial es censar datos, aplicar reglas lógicas y ejercer algún tipo de control sobre los sistemas físicos a través de actuadores (ver figura 45). Es una función crítica y los componentes que la implementan suelen estar próximos a los sistemas físicos que controlan. Por tal motivo, suelen estar distribuidos en zonas de difícil acceso. Vemos aquí que una de las tecnologías que está transformando este dominio de control son los **sensores**. Éstos son cada vez menores, de menor costo, con diferentes tipos de conexión

(incluyendo no cableadas) y para diferentes usos: temperatura, presión, movimiento, humedad, gases, etc. La posibilidad de contar con elementos de **cómputo distribuidos** cercanos a los sistemas físicos también es otra de las tecnologías con fuerte impacto en este dominio. El último componente para destacar es el de comunicación. El *framework* no define el protocolo de comunicación justamente para aceptar cualquier tecnología futura. Así, los **avances en las comunicaciones wireless**, la reducción de la potencia necesaria para transmitir datos, el uso de ethernet e internet, entre otros, agiliza la incorporación de las soluciones de IIoT.

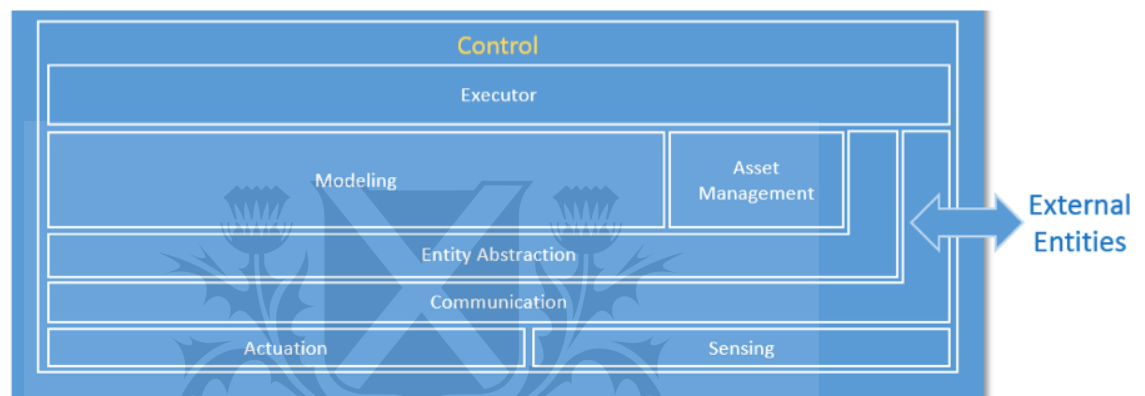


Figura 45. Componentes del dominio de control del IIRA (Shi-Wan et al., 2017)

- **Dominio de operación.** Representa la colección de funciones responsables por el aprovisionamiento, gestión, monitoreo y optimización de los sistemas en el dominio de control. Dentro de este dominio, el módulo de provisión y despliegue, registra, configura, hace seguimiento, despliega y retira los activos de operación. Tiene que ser capaz de hacerlo de forma remota, segura y a escala. El módulo de gestión, tiene la capacidad de enviar y recibir instrucciones hacia y desde los sistemas de control. Por su parte, el módulo de monitoreo y diagnóstico, permite la detección y predicción de problemas. Es responsable por el monitoreo en tiempo real de los activos pero a su vez, realiza diagnóstico de fallas y envía alertas. Uno de sus objetivos es colaborar con el personal de operaciones y mantenimiento para reducir el tiempo de respuesta ante incidentes. El módulo de pronóstico sirve como un motor de análisis predictivo para identificar problemas antes que ocurran. Para terminar, el módulo de optimización busca mejorar la performance y confiabilidad de los activos. Entre sus funciones está la de reducir el consumo, aumentar la disponibilidad, asegurar que el nivel de operación se

encuentre en el pico de eficiencia de cada activo. Como vemos, este dominio trabaja con grandes volúmenes de datos y análisis avanzado lo que supone el uso de **Big Data** y **Analytics**. De hecho, estas dos tecnologías pertenecen al dominio de información pero como dijimos anteriormente existe un flujo de datos constante entre los dominios. En la figura 46 vemos los módulos mencionados para el dominio de operación.

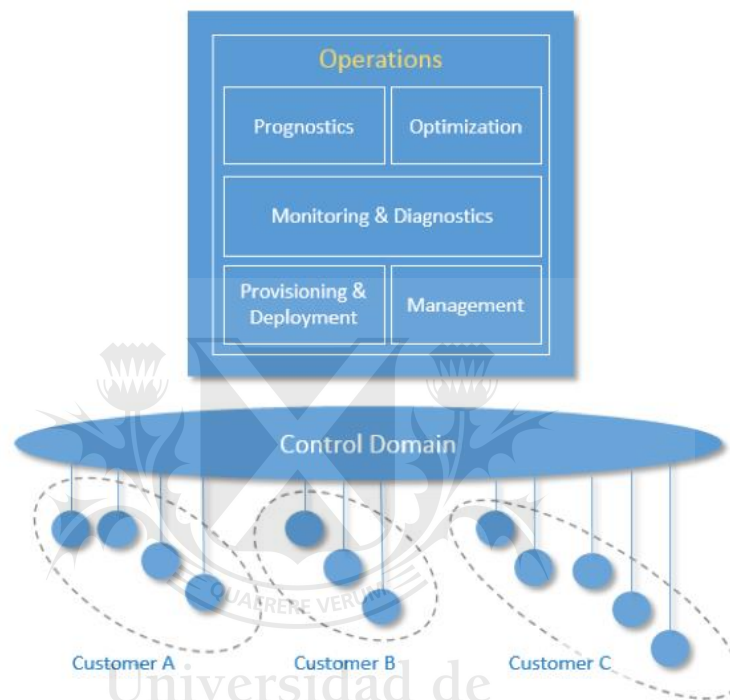


Figura 46. Componentes del dominio de operaciones del IIRA (Shi-Wan et al., 2017)

- **Dominio de información.** Representa la colección de funciones que capturan los datos de los diferentes dominios para transformarlos y analizarlos con el objetivo de obtener un alto nivel de inteligencia sobre el sistema. El análisis de datos en este dominio es complementario al del dominio de control que actúa directamente sobre los sistemas físicos de forma casi colocada con los mismos. El dominio de información produce conocimientos complementarios que ayudan a la toma de decisiones y la optimización de los sistemas. Pueden o no estar en el mismo lugar que el dominio de control y usualmente se encuentra en *data-centers*, *head-quarters* y ahora, más frecuentemente, en la nube como un servicio. No debe sorprendernos que los dos módulos que componen este dominio se denominen Data y Analytics. De esta forma vemos que las soluciones de IIoT, pueden requerir el uso de

tecnologías como *big data*, *analytics*, *cloud computing* o *edge computing* para su implementación. Ver figura 47 para más detalle de este dominio.

- **Dominio de aplicación.** Representa la colección de funciones que son necesarias para implementar las funcionalidades específicas del negocio. Entre sus componentes están las reglas y la lógica para generar las funcionalidades de cada caso de uso. Asimismo, contiene el módulo de API para que otras aplicaciones consuman sus funciones y el módulo de UI (*user interface* o interfaz de usuario) para permitir la interacción del usuario con la aplicación. Ver figura 47 para más detalle de este dominio.
- **Dominio de negocio.** Permite la operación del sistema IIoT mediante la integración con otros sistemas industriales que soportan funciones del negocio, incluyendo las de procesos y procedimientos. Algunos ejemplos de esas funciones de negocio incluyen: *Enterprise Resource Planning* (ERP), *Customer Relationship Management* (CRM), *Product Lifecycle Management* (PLM), *Manufacturing Execution System* (MES), *Human Resource Management* (HRM), gestión de activos, pagos a proveedores, etc. En la figura 47 mostramos los últimos tres dominios mencionados.

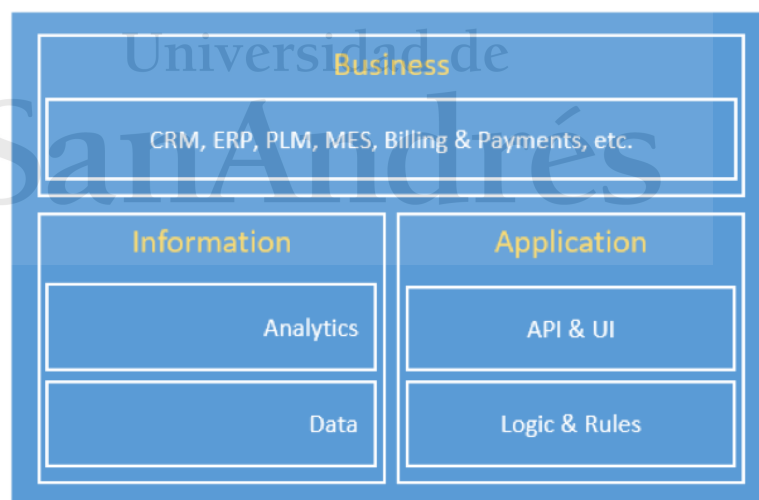


Figura 47. Componentes de los dominios de información, aplicación y negocio del IIRA (Shi-Wan et al., 2017)

Hasta el momento, cubrimos las características de cada uno de los dominios funcionales que son generalmente necesarios para soportar los casos de uso de IIoT. Sin embargo, otras funciones son requeridas para alcanzar todo el potencial de los sistemas IIoT. Por ello, la arquitectura de referencia identifica **funciones transversales** (*crosscutting functions*) que atraviesan todos los

dominios (ver figura 48). Dos de las fundamentales son la función de conectividad (*connectivity*) y la de gestión o administración de datos (*data management*). La primera se encarga de la interacción entre los componentes mencionados. La segunda, es necesaria porque varios de los dominios dependen del análisis de datos provenientes de los activos y necesitan disponer de la capacidad de administrar los datos.

A su vez, dentro de la arquitectura de referencia, existe otro apartado que hace referencia a la calidad de funcionamiento del sistema. A este apartado lo identifican como **características del sistema** (*system characteristics*), las cuales son necesaria para mantener el correcto funcionamiento del mismo. Entre ellas figuran: seguridad, fiabilidad, resiliencia, privacidad, escalabilidad, etc. Es preciso destacar el concepto de “*trustworthiness*” o confianza del sistema pues el IIRA le asigna una importancia destacada. Se trata de la suma de 4 componentes: seguridad, fiabilidad, resiliencia, privacidad. Es recomendado considerar la confianza del sistema en todos los casos de uso.

El IIRA pone especial énfasis en la importancia de una correcta integración entre las funciones (de cada dominio y las transversales) y las características del sistema. Esto es necesario para no comprometer los objetivos del negocio que la solución de IIoT busca alcanzar. La integración entre estos elementos se puede ver en la figura 48.

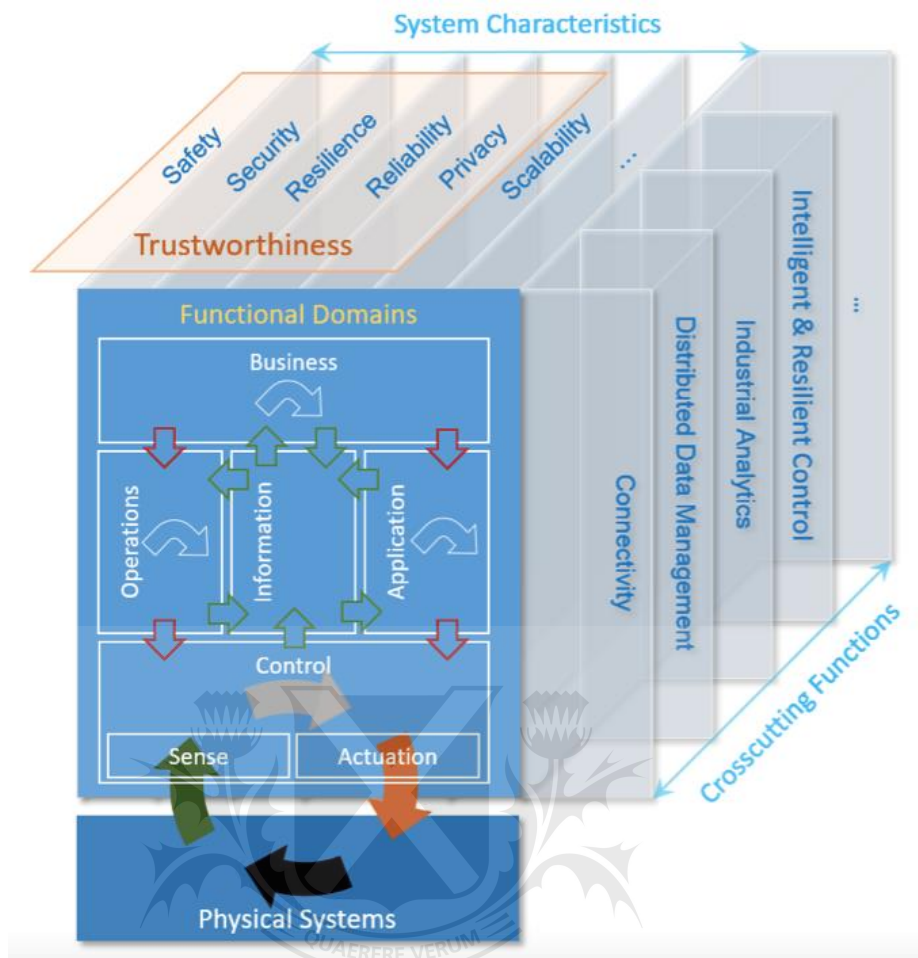


Figura 48. Funciones transversales y características del sistema (Shi-Wan et al., 2017)

Por último, según el IIRA, la convergencia entre OT (*Operational Technology*) y IT (*Information Technology*) que es lo que posibilita el IIoT, está impulsado por los avances tecnológicos en hiper conectividad y cómputo ubicuo. En este sentido las nuevas tecnologías de redes (alta *performance*, conectividad *wireless* de baja potencia, SDN o *Software Defined Network*, etc.) están apalancando la interconexión de miles de dispositivos utilizando el protocolo de internet. De la misma forma, las nuevas capacidades de cómputo y las diferentes variantes del servicio (*edge computing*, *cloud computing*, *Infrastructure as a Service*, *Platform as a Service*, *Solution as a Service*, virtualización, *containers*, etc.) permitieron contar con altas capacidades computacionales a demanda y en un entorno escalable, de fácil acceso y a un costo razonable.

De esta forma, pudimos mostrar cómo los sistemas IIoT se basan en diferentes tecnologías para entregar soluciones a medida del negocio. Presentamos los bloques funcionales genéricos que componen las soluciones y asociamos las diferentes

tecnologías a dichos dominios funcionales. Consideramos a continuación, las variables de implementación que plantea el marco arquitectónico.

▪ **Punto de vista de implementación:**

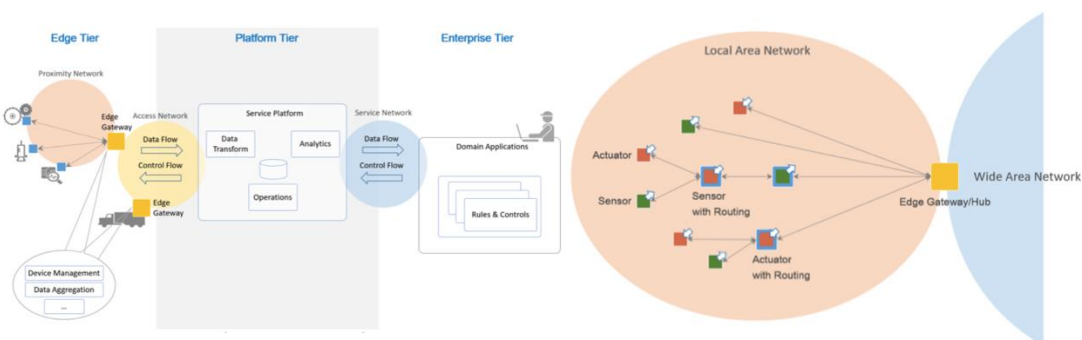
El punto de vista de implementación hace referencia a la representación técnica de los sistemas IIoT. Se enfoca en las tecnologías y los diferentes componentes necesarios para la implementación. La arquitectura y la elección de las tecnologías usadas se eligen de acuerdo al punto de vista del negocio e incluyen consideraciones de costo, *time to market*, estrategias de negocio, etc. De esta manera, el punto de vista de implementación incluye:

- La arquitectura general del sistema: la estructura y distribución de los componentes y su topología.
- Descripción técnica de los componentes: interfaces, protocolos, etc.
- Mapa de actividades identificadas en el punto de vista de uso.
- Mapa de implementación para las características del sistema.

Para terminar, los 3 patrones más comunes de arquitectura son:

- *Three-tier arquitectura* (arquitectura de 3 niveles)
- *Gateway-Mediated Edge Connectivity and Management architecture* (arquitectura de conectividad y administración del *edge* mediada por *gateway*)
- *Layered Databus* (Databus de capas)

Mostramos los 3 ejemplos de arquitectura respectivamente en la figura 49.



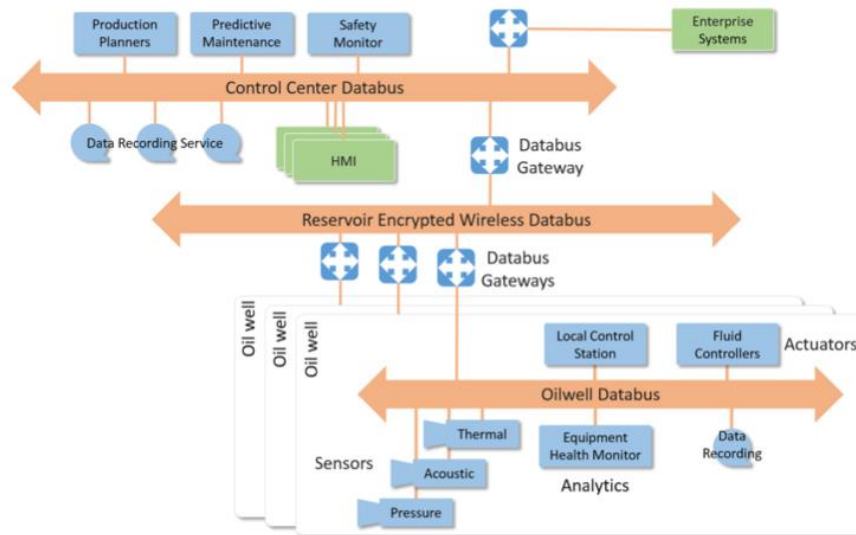


Figura 49. Los 3 patrones más comunes de arquitectura (Shi-Wan et al., 2017)

Hasta acá, recorrimos los principales elementos de la arquitectura de los sistemas IIoT al describir el “*Industrial Internet of Things Reference Architecture*” o IIRA. Por otro lado, vimos cómo se compone el ecosistema IIoT al mencionar las tecnologías que lo impulsan y que permiten la integración entre OT e IT. Para completar esta sección, quisiéramos presentar brevemente algunos de los fabricantes de soluciones de IIoT. Para tal fin, elegimos el cuadrante mágico de Gartner (2020) de plataformas de IIoT. El mismo se observa en la figura 50. Se advierte una marcada tendencia de los proveedores de nichos y pocos líderes, entre los que se encuentran PTC, Hitachi y Microsoft. De acuerdo a Gartner (2020), los CIOs deben enfocarse en los beneficios a largo plazo de IIoT y también en el impacto a corto plazo, donde las complejas integraciones entre OT/IT están acelerando la aparición de nuevas soluciones de IIoT. En los próximos apartados describiremos el impacto de los sistemas de IIoT en la industria del petróleo y gas. Enunciaremos los objetivos y beneficios más frecuentes para la industria así como los desafíos.

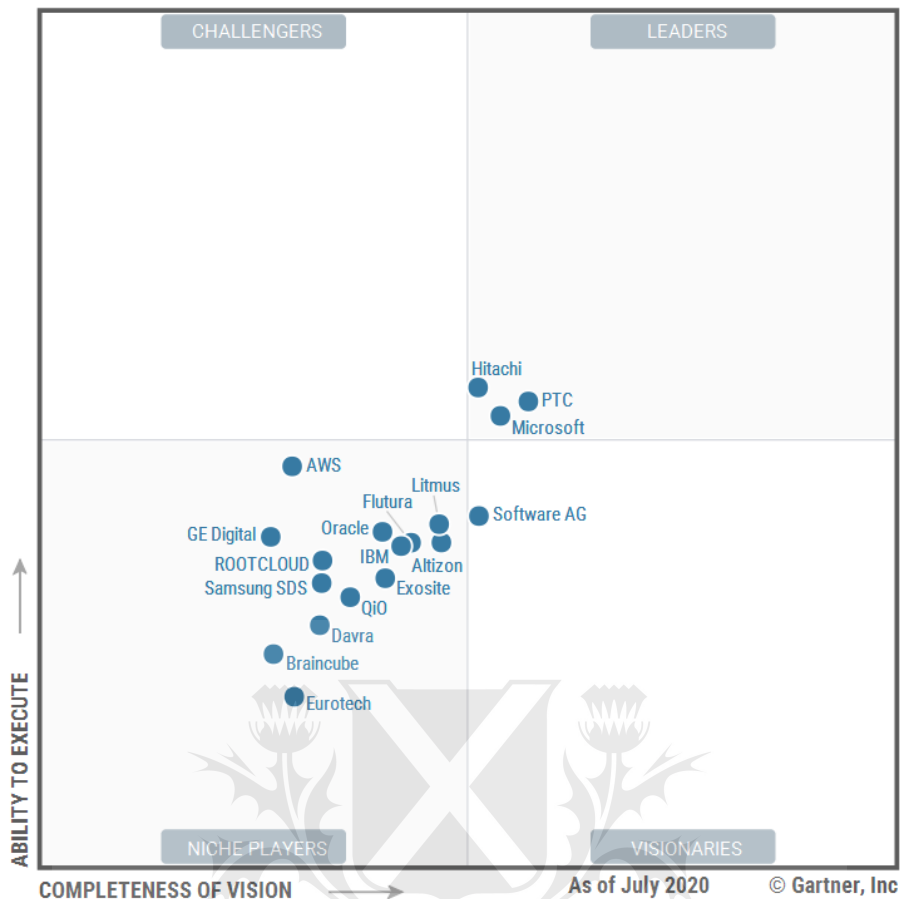


Figura 50. Cuadrante mágico para plataformas IIoT (Gartner, 2020)

4.3.3. Impacto de IIoT en la industria de Petróleo y Gas

En las diferentes definiciones indicadas para los sistemas IIoT, están presentes algunos de los objetivos o beneficios buscados con su implementación. De forma general, la definición que elegimos, plantea la búsqueda por la optimización global del valor entregado en el área productiva. Con el fin de entender mejor cómo el IIoT contribuye a dicha entrega de valor, trataremos de exponer los puntos de vista del negocio encontrados en la literatura. La fuente de información utilizada para identificar objetivos y beneficios fue principalmente reportes y encuestas de consultoras reconocidas, artículos web con entrevistas a expertos de la industria y en menor medida, publicaciones académicas y libros. La falta de publicaciones académicas, entendemos que se debe a la reciente relevancia de este tipo de soluciones.

En primer lugar, debemos decir que solamente en los últimos años las soluciones de IIoT alcanzaron la madurez y estabilidad necesaria para ser consideradas por los líderes de la industria. Asimismo, las tecnologías que componen los sistemas de IIoT,

recientemente alcanzaron la escala y estructura de costos que permiten su implementación en el sector del petróleo y gas (Gilchrist, 2016). Dada la factibilidad y el potencial de dichos sistemas, es cada vez más frecuente encontrar artículos y reportes sobre las ventajas y beneficios de IIoT en la industria petrolera. Trataremos de identificar los más importantes en este apartado de la tesis.

Para empezar, mostraremos el resultado de 2 encuestas realizadas por entidades reconocidas a líderes de decenas de industrias. Luego nos enfocaremos en el sector petrolero y exhibiremos la opinión de algunos referentes del rubro. Finalmente, presentaremos un listado con los principales beneficios que fuimos identificando como parte del análisis de los reportes y material académico mencionado anteriormente.

Nos alejamos brevemente del sector petrolero con el objetivo de tener una perspectiva global de los atractivos para la adopción de IIoT en la industria en general. Para ello, destacamos el resultado final de una encuesta realizada por Morgan Stanley y la revista *Automation World* donde más de 200 ejecutivos señalaron que los 2 motivos críticos para la adopción son: **mejorar la eficiencia operativa y la productividad** (Morgan Stanley, 2016). Mostramos a su vez, el resultado de la encuesta en la figura 51 para tener en cuenta otros aspectos mencionados. Como veremos en distintos reportes, muchos de las variables aludidas como la **creación de nuevas oportunidades de negocio, la reducción de los períodos de inactividad y la maximización del uso de los activos** también aplican a la industria que nos interesa y se deben tener en cuenta.

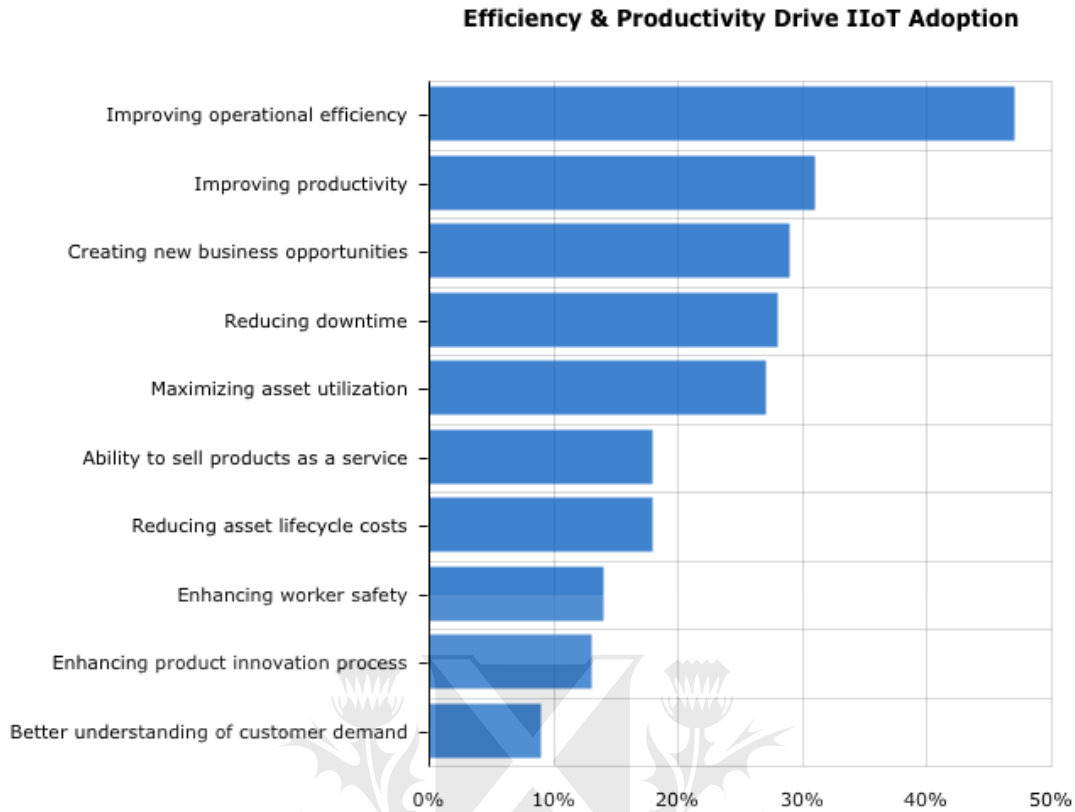


Figura 51. Beneficios para la adopción de IIoT (Morgan Stanley, 2016)

Como parte de otro estudio similar, en este caso, realizado por el World Economic Forum en colaboración con Accenture, se trató de entender las oportunidades y riesgos para los negocios y la sociedad relacionados con la adopción de IIoT. Como conclusión de su estudio, señalan que el IIoT es realmente una tecnología transformadora aunque también destacan que la mayor parte de las organizaciones encuentran dificultades para entender las implicancias en sus negocios (World Economic Forum y Accenture, 2015). Las principales oportunidades y beneficios de IIoT en el corto plazo, según dicho estudio, son prácticamente idénticas a las encontradas por Morgan Stanley (2016). Se identificaron las siguientes:

- **Mejorar ingresos o lograr ahorros.** En la figura 52, vemos que reducir costos operativos, optimizar la utilización de activos y la creación de nuevas formas de ingreso basadas en nuevos productos o servicios, obtuvieron altos porcentajes en las categorías importancia alta o extrema. En el mismo estudio, identificaron que las aplicaciones más mencionadas de IIoT, fueron las relacionadas con mantenimiento predictivo y gestión de activos remotos. Éstas pueden reducir las fallas y los tiempos de mantenimiento no programados en base a los nuevos datos disponibles.

- **Mejorar la productividad y seguridad de los trabajadores.** Aquí destacan las soluciones para inspección de gasoductos/oleoductos, el uso de sensores para monitoreo de las labores diarias y la reducción de la presencia de trabajadores en zonas peligrosas, también mediante el uso de sensores.
- **Oferta de nuevas experiencias para los clientes.** En este punto enfatizan que la aparición de nuevas fuentes de información podrán ser usadas para brindar nuevos servicios y mejorar la calidad de vida de las personas. Mencionan soluciones para el cuidado de la salud, gestión de gobierno, etc.

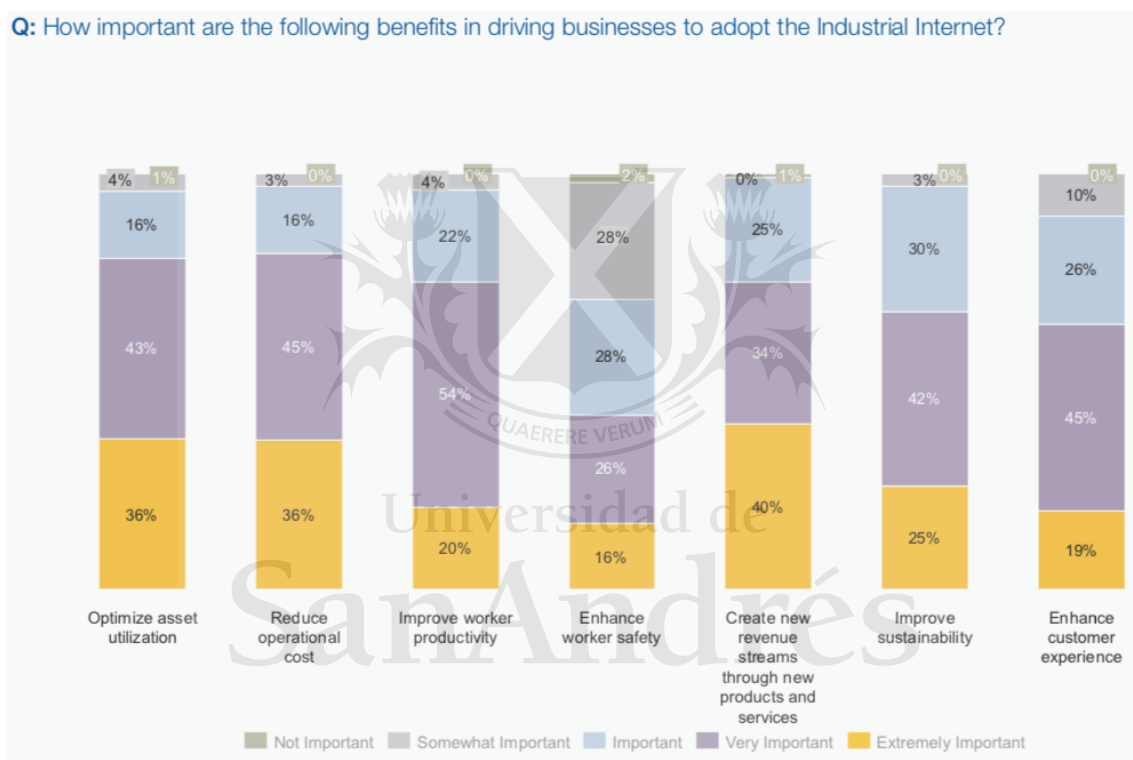


Figura 52. Importancia de los beneficios del IIoT (World Economic Forum y Accenture, 2015)

Otro aspecto interesante del estudio realizado por el World Economic Forum, es la evolución de los beneficios del IIoT. En el trabajo plantean que las soluciones de IIoT van a enfocarse en diferentes aspectos según la etapa de adopción. En este sentido, podemos ver en la figura 53, las 4 etapas y sus principales características, a lo largo del tiempo:

1. Eficiencia operativa.
2. Nuevos productos y servicios.
3. Economía basada en resultados.

4. Economía de producción flexible (*Pull Economy*) y autónoma.

Figure 1: The adoption and impact path of the Industrial Internet

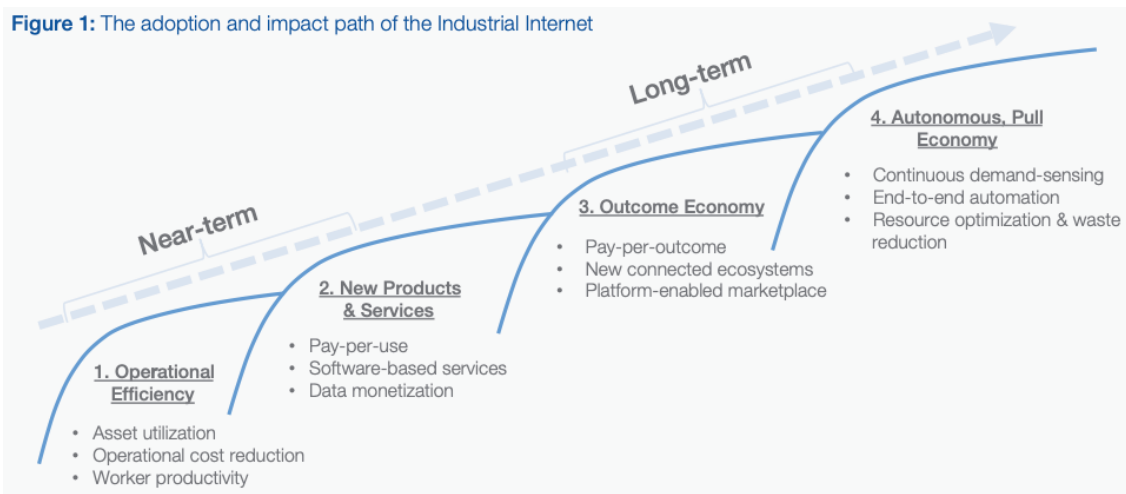


Figura 53. Evolución del impacto y la adopción de IIoT (World Economic Forum y Accenture, 2015)

Volvamos nuevamente a la industria estudiada para ver los principales beneficios o ventajas según algunos referentes del sector. Para Ricki Koinig, *Global Head of IT Strategy and Business Integration* de la empresa OMV, el principal beneficio identificado por ellos corresponde a la **reducción de períodos de inactividad para mantenimiento de equipos** productivos utilizando mantenimiento predictivo. Por otro lado, también menciona la **operación remota de activos en áreas peligrosas** y aportes a la **seguridad del personal** (I-Scoop, s.f. b). En la misma entrevista, según Satyam Priyadarshy, *Technology Fellow & Chief Data Scientist* de la compañía Halliburton, las principales ventajas de las soluciones de IIoT en las operaciones de *upstream* se enfocan en **reducciones de costos de suministros, aumento de la producción y mejoras en los niveles de seguridad**. Sin embargo, destaca la **optimización de los recursos en tiempo real** a lo largo de todo el ciclo de vida de *upstream* como la mayor oportunidad para la industria. Por último, Sergio Zazzera, Vice Presidente *IT Technical Scientific Data and Systems* en ENI, afirma que los sistemas de IIoT pueden ofrecer una solución viable y efectiva para la **modernización de antiguas áreas productivas** y así **reducir la brecha entre sitios de producción modernos y antiguos**.

Al analizar reportes, encuestas y la literatura académica pudimos observar que las ventajas, beneficios y objetivos buscados por los líderes de la industria del petróleo se repiten. Para completar esta sección trataremos de clasificar dichos beneficios y mostrar algunos ejemplos presentados en la literatura. Empezaremos por mostrar un cuadro con las fuentes estudiadas:

Institución / Autores	Título	Año
Thibaud, Montbel Chi, Huihui Zhou, Wei Piramuthu, Selwyn	Internet of Things (IoT) in high-risk Environment, Health and Safety (EHS) industries: A comprehensive review	2018
Infosys	The Disruption in Oil and Gas Upstream business by Industry 4.0	2018
IoT for all	5 Ways IIoT Will Revolutionize the Oil and Gas Industry	2018
Baker Hughes	The Impact of Digital on unplanned Downtime: an offshore Oil and Gas perspective	2016
Capgemini Digital Transformation Institute	Unlocking the business value of IoT in operations	2017
General Electric y Accenture	Industrial Internet Insights report	2015
Sudip Das Dr. Shailendra Kumar Pokhriyal Dr. Geo Jos Fernandez Dr. Debesh Chandra Patra	Internet of Things in the Oil and Gas Industry	2016
Deloitte	Connected barrels: Transforming oil and gas strategies with the Internet of Things	2015
Industrial Internet Consortium	Industrial Internet of Things (IIoT) in the Energy Industry	2017
Schneider Electric (Rovaglio)	Industrial Internet of Things (IIoT) Impact on the Oil & Gas Industry Value Chain	2016
RTI	Five Ways the Industrial Internet is Changing the Oil and Gas Industry	s.f.
Fluenta	How IoT and cloud-based data is changing the Oil & Gas Industry	2016
Accenture	Helping Achieve High Performance Safety using Intelligent Industrial Mobility: Introducing the Accenture Life Safety Solution	2013
Accenture	The Search for Value: Five trends in digital investment. Accenture Upstream Oil and Gas Digital Trends Survey 2019	2019
World Economic Forum y Accenture	Digital Transformation Initiative: Oil and Gas Industry	2017
Emerson	The IIoT is Making a Major Financial Impact in Refineries Worldwide	2016
World Economic Forum y Accenture	Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services	2015

Tabla 6. Literatura sobre beneficios de IIoT en la industria de petróleo y gas (confección propia).

En base a la literatura mencionada, clasificamos los beneficios, ventajas y motivos para la implementación de soluciones de IIoT en la industria que nos concierne, de la siguiente forma:

- **Reducción de costos y mejoras en eficiencias operativas.** Identificadas como los principales motivos para la adopción de IIoT en toda la literatura estudiada, encontramos diferentes aristas relacionadas con esta categoría que las presentamos a seguir:

- **El poder del 1%.** En la literatura aparece de forma recurrente lo que los autores describen como la regla del 1% o el poder del 1% (Gilchrist, 2016; Slaughter y Mittal, 2015; IoT for all, 2018; Thibaud et al., 2018). Se refiere a una característica típica de los ambientes industriales donde ahorros o mejoras del 1% logrados por los sistemas de IIoT (en eficiencias operativas y de costos o *insights* del negocio), representan ganancias significativas para las empresas. Como ejemplo, Gilchrist (2016) explica que en la industria que nos atañe, la reducción del 1% en gastos del tipo CAPEX anuales en equipos, significaría ahorros de aproximadamente 90.000 millones de dólares. Adicionalmente según Slaughter et al. (2015), se estima que sólo el 1% de la información recolectada en la industria está disponible para quienes toman decisiones. Lo mismo es resaltado por Thibaud et al. (2018), quienes afirman que sólo el 1% de los datos de los 30.000 sensores de una torre de perforación son utilizados. Un incremento mínimo de los datos recolectados y su análisis, tienen el potencial de ahorrar millones de dólares al reducir a la mitad las paradas no planificadas de los ambientes productivos o incluso tomar mejores y más rápidas decisiones.
- **Optimización operativa y mejora de procesos.** El IIoT puede ayudar a generar nuevos descubrimientos para optimizar la operación en base al análisis y cruce de datos operativos como los parámetros de perforación y datos interdisciplinarios como los modelos geológicos (World Economic Forum y Accenture, 20117). Por otra parte, el IIoT puede crear procesos eficientes que revolucionen las tareas operativas. Con la ayuda de sensores y una red de datos interconectada, existen diferentes soluciones en el mercado que pueden procesar e interpretar información sobre los procesos de producción automatizados, con la flexibilidad para adaptarse sobre la marcha a condiciones cambiantes y nuevos datos. Dichas soluciones también pueden identificar cuándo las máquinas o los componentes necesitan mantenimiento, y en algunos casos realizar auto mantenimiento. Estas soluciones, además de prevenir caídas del sistema, mejora los procesos de mantenimiento y optimizan los procesos productivos (Deloitte, 2015). En el apartado sobre ecosistema IIoT, vimos que una

componente importante son los sistemas de control. Según Rovaglio (2016) y Das et al. (2016), la enorme cantidad adicional de datos disponibles junto con la capacidad analítica de los sistemas IIoT, transformarán la visibilidad y los procesos de control, mejorando la toma de decisiones.

- **Monitoreo remoto.** Teniendo en cuenta la difícil localización (desiertos, off-shore, etc.) de los activos de la industria petrolera, Fluenta (2016) considera que el monitoreo y medición remoto de los mismos en plataformas, campos de petróleo y refinerías, representa una oportunidad única para alcanzar ahorros significativos en la operación. Estas soluciones permiten concentrar la infraestructura y el software necesario para múltiples activos en un único centro de cómputo o la nube y reducen la necesidad de personal, contribuyendo también a la reducción de costos. Por otro lado, Thibaud et al. (2018) consideran que el monitoreo realizado por sistemas digitales elimina los errores humanos, son más precisos y confiables que los métodos tradicionales. El *tracking* de activos es otro de los beneficios comunes que aparece en la literatura (Rovaglio, 2016; Fluenta, 2016). La ubicación en tiempo real de activos es importante ya que ahorra tiempo y optimiza los procesos y permite conocer el estado de los mismos (Das et al., 2016)
- **Transformación del mantenimiento.** Según un reporte de Baker Hughes (2016) los períodos de inactividad por mantenimiento no programado en las plataformas offshore constituyen uno de los principales problemas para la industria. Y el hecho de contar con un alto porcentaje de instalaciones (42%) con más de 15 años de uso, dificulta aún más la solución de dicha problemática. Esto hace que exista una gran oportunidad para incorporar soluciones de IIoT con foco en el mantenimiento predictivo y la optimización del uso de las instalaciones. Mediante soluciones que incorporan sensores, cámaras, drones, vehículos autónomos, robots, *big data*, *analytics* y AI, se podría lograr la detección temprana de fallas, anticipar escapes de gases y maximizar el tiempo de uso de los componentes productivos (válvulas, actuadores, ductos, etc.). Todo ello previene las caídas de sistema, disminuye los riesgos de accidentes y

reduce el tiempo de inactividad. De esta forma, incrementa la capacidad de producción y la eficiencia en general de los ambientes productivos. Según cálculos de la empresa Emerson, para una refinería típica que produce 250.000 barriles por día, la diferencia en costos operativos asociados con la fiabilidad de equipos y eficiencias energéticas entre una refinería bien dirigida y otra promedio, es de alrededor de USD12,3 millones anuales (Karschnia, 2016). Por su parte, Baker Hughes (2016) identificó que las organizaciones de producción *off-shore*, pierden en promedio USD38 millones anuales por mantenimiento no programados y el uso de herramientas predictivas disminuye un 36% la cantidad de dichos eventos.

- **Minimizar el impacto de la pérdida de personal experimentado.**

Mencionamos numerosos ejemplos de cómo IIoT puede ayudar a la eficiencia operativa, sin embargo, *IoT for all* (2018) aporta un dato interesante. Según su artículo, muchos de los operarios con mayor conocimiento empiezan a retirarse y el uso del IIoT (fundamentalmente las soluciones basadas en *Big Data, Analytics* y visibilidad remota) va a permitir reducir el impacto de la falta de experiencia y acelerar la resolución de problemas que antes tomaban días. Según Baker Hughes (2016), 50% de los profesionales de la industria pueden llegar a retirarse en los próximos 5 a 10 años. Así, la única alternativa parece ser incorporar tecnologías digitales, como el IIoT, para prepararse frente a esta problemática.

- **Mejoras en la productividad.** En la introducción de este trabajo mencionamos que el uso extensivo de datos en la industria no es un hecho nuevo, sin embargo, el IIoT puede expandir y mejorar las técnicas de captura y análisis de datos (World Economic Forum y Accenture, 2017; *IoT for all*, 2018). Hoy en día una torre de perforación genera terabytes de datos por día y sin embargo, solamente una fracción es utilizada para la toma de decisiones. Considerando que una pequeña mejora genera un alto retorno, la utilización de esos datos en tiempo real y la comparación con datos históricos o de torres de perforación cercanas, puede llegar a mejorar la productividad en un 6% a 8% (*IoT for all*, 2018). Asimismo, Thibaud et al. (2018) indican que las aplicaciones de IIoT son de interés en la industria ya que proporciona sistemas de evaluación en tiempo real y contribuyen a una mayor colaboración entre los profesionales, lo que repercute en mejores índices de

productividad. Otra aplicación de IIoT con alto potencial según el mismo trabajo, es el uso de vehículos autónomos pesados (por ejemplo en entornos de minería o *sand oil*¹⁵) que pueden incrementar en hasta 25% la producción.

- **Incrementar ingresos corporativos.** Con precios de petróleo en niveles muy bajos y volátiles, los márgenes de ganancia son cada vez menores y existe un aumento de la competencia. Por ello, según *IoT for all* (2018) las empresas tendrán que adoptar tecnologías capaces de reducir costos y ahorrar tiempo de forma significativa para incrementar sus ingresos. Destacan al IIoT como una de esas tecnologías y mencionan que en la próxima década, podrían aportar USD 816.000 millones al producto bruto global (Das et al., 2016; IoT for all, 2018).
- **Nuevas oportunidades de negocio.** La búsqueda de eficiencias y análisis de datos en pro de entregar mayor valor al negocio, no se detienen en el interior de las refinerías o en los campos de petróleo. El IIoT tiene el potencial de impactar también el ecosistema de distribución de los productos y la experiencia de los clientes. Los consumidores están cada vez más conectados y ávidos por soluciones que simplifiquen su experiencia en las estaciones de servicio y centros de servicio para sus automóviles (localizar estaciones de servicio, simplificar el pago, etc.). Esto hace pensar que en el futuro, las refinerías que tengan integrado el mercado de *retail*, pueden llegar a obtener información de compra y hábitos de sus clientes para poder mejorar la experiencia en los locales, impulsar sistemas de fidelización y programas de beneficios (Slaughter et al., 2015).

Estas nuevas oportunidades de negocio también son destacadas por el World Economic Forum y Accenture (2017). Para ellos, el IIoT puede expandir la visibilidad en la cadena de suministros y así alcanzar a los consumidores digitales.

Si tenemos en cuenta la cadena de suministro y almacenamiento, existen grandes oportunidades en el futuro (Slaughter et al., 2015). Según el reporte de la consultora, al contar con información de productividad de las plantas (obtenida por sensores) en función del tipo de petróleo, se puede analizar dichos datos e integrarlos con información de mercado del crudo (disponibilidad, precio, tipo), permitiendo a las empresas ofertar oportunamente por los futuros suministros. Si

¹⁵ *Sand oil* o “arenas de petróleo” son una combinación de arcilla, arena, agua, y bitumen. De las arenas de alquitrán se extrae un bitumen similar al petróleo el cual es convertido en un petróleo crudo sintético o refinado directamente por refinerías especializadas para obtener productos del petróleo.

se extiende el análisis y se combina la información con los tiempos de entrega, disponibilidad de dársenas y oleoductos, niveles de almacenamiento e inventario, se podría contar con diferentes escenarios de toma de decisiones, haciendo que el sistema de suministro sea más dinámico y competitivo.

- **Disminución de riesgos de salud y seguridad.** Este aspecto es compartido por todos los reportes y estudios sobre IIoT en la industria del petróleo. También es considerado uno de los factores principales para la adopción de IIoT. Para Gilchrist (2016), si bien coincide que los puntos fundamentales son bajar los costos operativos y aumentar los ingresos, hace hincapié en el hecho de que la industria del petróleo posee prioridades tácticas como la salud y la seguridad de sus colaboradores. Los sistemas de IIoT tiene la capacidad de transformar los ambientes productivos en espacios más seguros al minimizar el accionar presencial de los empleados. La identificación temprana de fallas; el mantenimiento remoto de las torres de perforación, gasoductos, oleoducto, etc.; la disminución de viajes a zonas de riesgo; el uso de sensores de gas, presión, movimiento y temperatura conectados con sistemas de monitoreo de personal, son soluciones que disminuye el riesgo de los trabajadores y conservan la salud de los empleados. Por otro lado, existe otro hecho importante a nivel de los negocios asociado a las métricas de seguridad de las organizaciones. De acuerdo al VP de la división Wireless de Emerson, existen reportes donde se muestran que las empresas que tienen altas calificaciones en lo que se refiere a la seguridad de sus empleados, tienden también a producir mayores retornos de la inversión, con la consiguiente alta en la valoración de sus acciones en el mercado bursátil (Karschnia, 2016). Adicionalmente, existen sistemas que además de avisar al personal sobre posibles escapes de gas, pueden identificar lo que se conoce como “*man-down*”¹⁶, disponer de un botón de emergencia (*panic button*) y localizar el evento en la planta o campo de extracción (Accenture, 2013).
- **Disminución del impacto ambiental.** Además de los ya hemos mencionados beneficios para la seguridad y salud, Accenture (2019) agrega que los sistemas de IIoT permiten una mayor transparencia de los datos y el seguimiento de acciones ambientales, como el nivel de emisiones. *IoT for all* (2018) comparte lo mencionado sobre el monitoreo y además asegura que como el IIoT permite

¹⁶ Se refiere al hecho de un posible accidente donde un operario se encuentra caído.

reducir el uso de energía, evita derrames, accidentes y mejora los niveles de emisión de carbono, reduce significativamente el impacto ambiental de la industria. Para Fluenta (2016), uno de los grandes problemas de la industria son las emisiones y ventilación de gases a la atmósfera. De la mano de ello, se presentan numerosos desafíos para la industria ya que deben lidiar con mayores presiones de la opinión pública y los entes reguladores. Por eso, dicho fabricante considera que con soluciones de IIoT, las empresas podrán controlar mejor el riesgo y gestionar de forma más efectiva la ventilación de gases que aumentan el efecto invernadero y que contribuyen al calentamiento global.

Siendo uno de los pocos estudios académicos encontrados, nos pareció interesante mostrar a modo de síntesis una comparación realizada por los autores Thibaud et al. (2018) sobre los motivos que impulsan la implementación de las soluciones de IIoT entre diferentes industrias. Dicha comparación se observa en el cuadro abajo.

Motivations of research and implementation of IIoT system in high-risk EHS industries.

Motivations for research and implementation	Healthcare industry	Food supply chain	Mining and energy industries	Connected vehicles	Building and infrastructure management
Aging population	X			X	X
Growing population (esp. in urban area)	X			X	X
Lack of available and reliable data or data not sufficiently exploited	X	X	X	X	X
New key enabling technologies	X		X		
Growing use of information system	X				
New pervasive and customer-centric approach	X	X		X	
Data privacy and security concerns	X				
Increase safety (reduce human errors and disasters that lead to human and material casualties)	X	X	X	X	X
Increase cost-efficiency	X			X	
High variety and complexity of the sensed products or the monitored processes		X	X	X	X
Recent scandals		X	X		X
Wider geographical distribution of the sensed products		X	X		X
Increase quality of services (esp. for real-time applications)	X	X	X	X	X
Growing sustainable requirements		X			
Need for more cooperation and integration within the industry	X	X	X		
Outdated processes (esp. manual control)			X		
Regulation promoting IIoT-based applications				X	

Tabla 7. Motivaciones para la implementación de IIoT entre industrias de alto riesgo (Thibaud et al., 2018)

En resumen, podemos decir que el conjunto de soluciones que componen el IIoT deben ser vistas como una oportunidad para transformar cualquier componente del ambiente productivo en una fuente de información capaz de permitir a las empresas captar las ineficiencias y los problemas con anticipación, ahorrando tiempo y dinero y apoyando los esfuerzos de la inteligencia empresarial para aumentar la producción y crear nuevas formas de negocio. Específicamente en lo que respecta a la industria petrolera, IIoT tiene un gran potencial para minimizar las paradas no planificadas y así aumentar la productividad, realizar detección temprana de fallas, anticipar posibles caídas de plantas o campos/plataformas de extracción, optimizar procesos de mantenimiento y reparación, mejorar el control de calidad, hacer uso eficiente de activos y de la mano de obra, mejorar

el control, monitoreo y visibilidad sobre equipos críticos, impulsar prácticas sostenibles (menos desperdicios), promover la trazabilidad y la eficiencia general de la cadena de suministros, disminuir el impacto ambiental y finalmente, transformar significativamente la seguridad y salud del personal.

Por último, creemos que es importante conocer los diferentes casos de uso que están transformando el sector estudiado. Al respecto, en el **anexo 8.3** mostramos algunas de las soluciones de IIoT adoptadas por las principales empresas petroleras.

Más allá de todos los motivos y beneficios encontrados, la literatura estudiada también muestra que existen diversos desafíos que deben ser considerados antes de invertir en sistemas de IIoT. Revisamos algunos de ellos en la siguiente sección.

4.3.4. Desafíos frente a la adopción de IIoT en la industria de Petróleo y Gas

Anteriormente describimos los beneficios, ventajas y motivos para la adopción de sistemas IIoT. Fueron utilizadas entrevistas, reportes e investigaciones de consultoras, fabricantes y entidades educativas (ver tabla 6). En la misma literatura también encontramos desafíos que dificultan y demoran el uso de dichas soluciones en la industria del petróleo y gas. En muchos casos, observamos que se trata de barreras históricas y estructurales propios de la industria que impiden lograr la adopción en su máximo potencial. En base al análisis de las fuentes mencionadas, tratamos de categorizar las barreras encontradas. Como veremos, muchas de ellas están estrechamente relacionadas con los puntos claves que identificamos en el capítulo de transformación digital.

Antes de enumerar las categorías encontradas, mostraremos a modo de introducción, el resultado de 2 encuestas sobre barreras de adopción de IIoT en la industria en general. El primer trabajo fue realizado por World Economic Forum y Accenture (2015) y el segundo lo llegó a cabo Morgan Stanley (2016). Encontramos coincidencias en varios puntos, pero por sobre todo, observamos que la suma de ambas encuestas cubren la mayor parte de los desafíos que relevamos en todas las otras fuentes analizadas específicamente sobre la industria petrolera. Esto nos da la pauta que todas las industrias están atravesando problemáticas similares. Presentamos el resultado de las encuestas en las figuras 54 y 55 respectivamente.

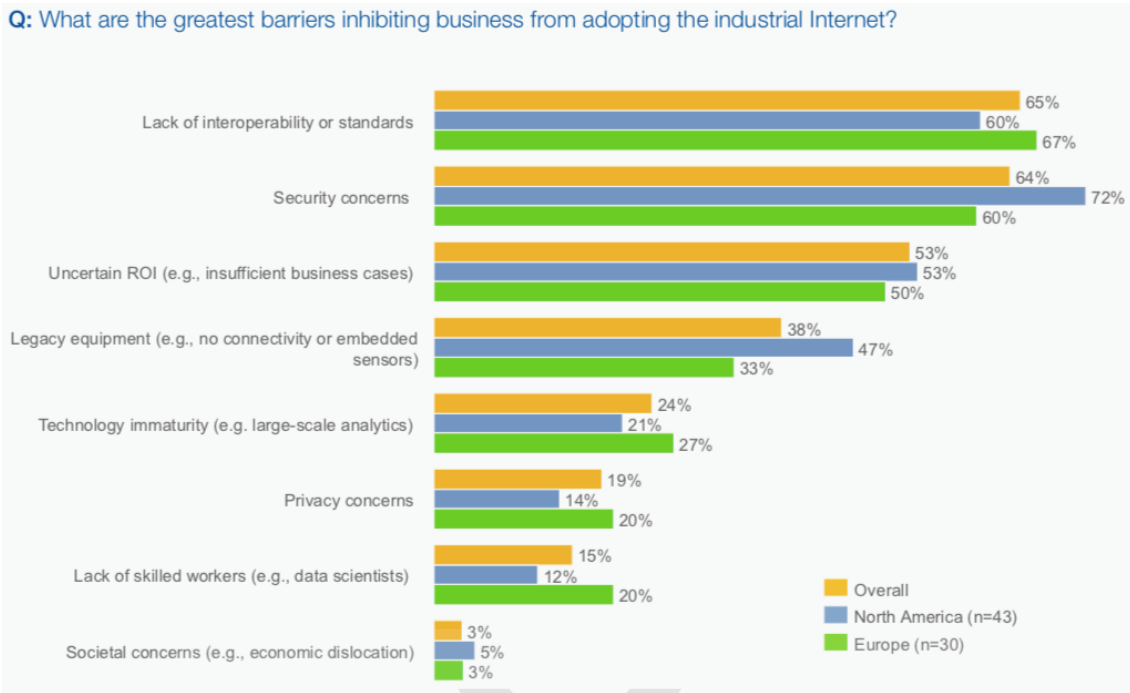


Figura 54. Barreras para la adopción de IIoT (World Economic Forum y Accenture, 2015)

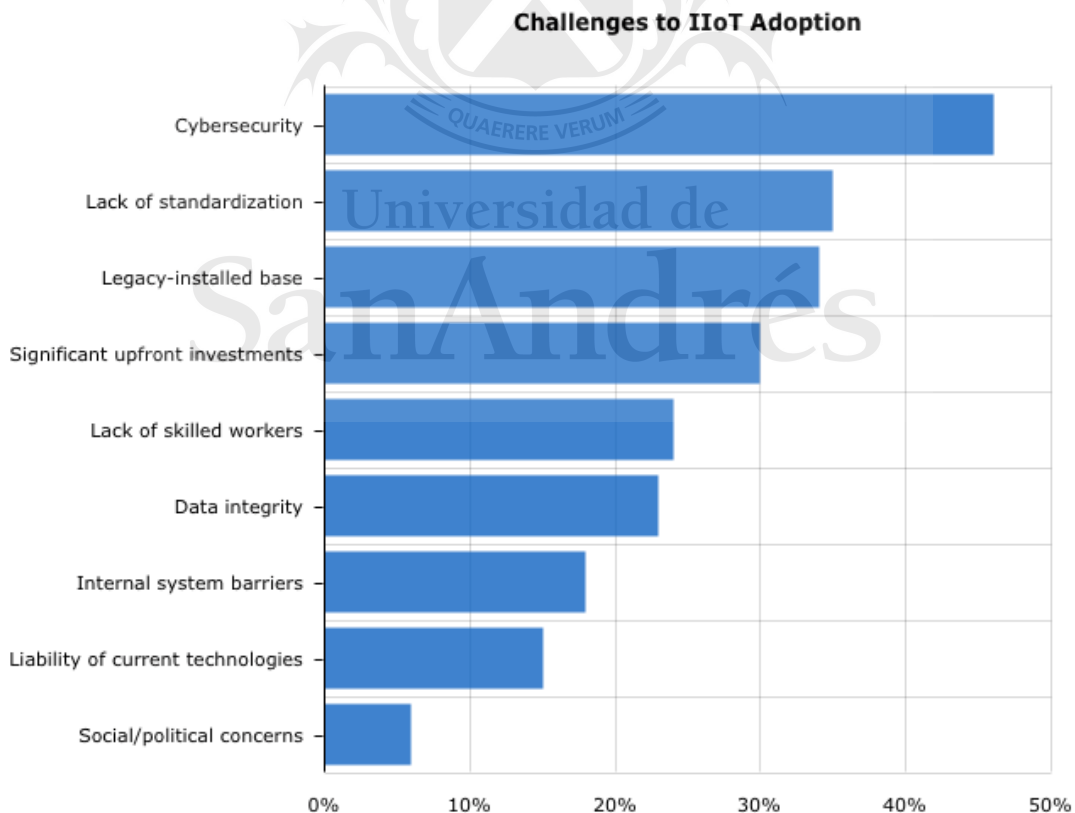


Figura 55. Desafíos para la adopción de IIoT (Morgan Stanley, 2016)

Exhibidas las encuestas, veamos a continuación las categorías identificadas en la literatura específica sobre petróleo y gas:

1. **Ciberataques.** La escala de ciberataques realizados por grupos criminales, hackers y hasta mismo gobiernos sigue creciendo. La industria del petróleo y gas no está ajena a los mismos y es un blanco frecuente para quienes buscan vulnerabilidades en las grandes compañías. La presencia de dispositivos conectados e información relevante del negocio generando tráfico en las redes, hace aún más atractivo el ataque a las mismas. Este factor es conocido por las empresas y quienes toman decisiones entienden que las soluciones de IIoT constituyen un riesgo importante por la mayor exposición de los datos (World Economic Forum y Accenture, 2017). Este es uno de los motivos más mencionados en la literatura como una barrera para la adopción masiva de IIoT. Para dar una idea de la problemática, el Departamento de Seguridad Interna de Estados Unidos, en 2015, observó un aumento de 20% de ataques en los sistemas de control industriales, incluyendo a la industria estudiada (Rovaglio, 2016). Por su parte, una encuesta realizada por Capgemini (2017) muestra que el 62% de las organizaciones encuentran problemas para escalar sus aplicaciones de IIoT debido a temas relacionados con ciber seguridad y privacidad de los datos.
2. **Casos de negocio.** Según Capgemini (2017) el 50% de las organizaciones encuentran dificultades a la hora de establecer casos de negocios concretos para sus inversiones. Para Morgan Stanley (2016), se requiere una inversión muy alta (ver categoría “Infraestructura Obsoleta”) para la implementación de sistemas IIoT y los beneficios financieros aún no fueron cuantificados. Debido a esto, los líderes siguen postergando su adopción hasta poder justificar mejor el ROI.
3. **Regulación y privacidad de datos.** La regulación existente en muchos países sobre la seguridad de la información es anticuada. Las leyes sobre propiedad intelectual no se adaptaron a una nueva era de distribución de la información. Por este motivo, las empresas no se sienten seguras para compartir sus datos con sus proveedores y clientes porque temen comprometer la información compartida (World Economic Forum y Accenture, 2017). Esta también es una de la razones por la cual las empresas suelen evaluar soluciones híbridas de nube privada y pública, dependiendo la criticidad de los datos (I-Scoop, s.f. a)

4. **Falta de estándares.** La mayoría de la información proveniente de los sensores no está estandarizada o integrada entre todas las plataformas. Adicionalmente, el acceso a los datos entre proveedores, operadores y contratistas es incierto. A la falta de estándares y accesos se suma el hecho de que los datos en varias oportunidades son tan complejos que llegan a ser inútiles. La falta de estándares dificulta la elección de las soluciones ya que los ingenieros desconocen si la misma es la adecuada a largo plazo. Más allá de que el IIC (Industrial Internet Consortium) viene haciendo un trabajo intensivo para promover la creación y divulgación de estándares, su mera existencia, demuestra las dificultades de la industria. Por otro lado, existen otros países como Alemania que plantean el uso de otros estándares. Por estos motivos, Capgemini (2017) declara que más de 50% de las organizaciones encuentran la incertidumbre sobre estándares como un desafío significativo y afirma que llevará varios años hasta contar con estándares consolidados para las tecnologías que integran los sistemas de IIoT.
5. **Ecosistema, interoperabilidad y falta de capacidad analítica.** Para que la digitalización (el IIoT es un ejemplo) alcance su máximo potencial, debe estar integrada en la industria de inicio a fin. En las áreas productivas de la industria petrolera, la eficiencia, la productividad, la salud y la seguridad, van a ser maximizadas si los sistemas, equipos y sensores a lo largo de la cadena de valor pueden compartir los datos y aprender entre ellos. Actualmente no hay ejemplos de implementaciones de principio a fin y lo que existen son buenas soluciones aisladas (World Economic Forum y Accenture, 2017). Para I-Scoop (s.f. a), la integración de los datos resulta muy compleja por la variedad de fuentes, tipos, frecuencia de captura y el volumen. Por otro lado, según Capgemini (2017), 60% de las organizaciones no posee la capacidad analítica para aprovechar los datos provenientes de las nuevas fuentes de información.
6. **Infraestructura obsoleta.** La mayoría de las refinerías, plataformas y campos de extracción cuentan con una infraestructura obsoleta que hacen que los costos de implementación de nuevas tecnologías requieran de una inversión inicial elevada de capital. A esto se suma la necesidad de cambio de procesos que impactan en la productividad inmediata ya que alguno de ellos se deben realizar en períodos de inactividad de la planta. Adicionalmente, son pocas las empresas que ya cuentan

con las tecnologías de IT correctamente dimensionadas sobre las cuales se pueda montar los sistemas de IIoT sin grandes inversiones iniciales.

7. **Limitaciones técnicas o falta de madurez de las soluciones.** Thibaud et al. (2018) destacan el hecho de las limitaciones técnicas propias de las soluciones existentes de IIoT cuando son implementadas en ambientes productivos de la industria del petróleo. Recordemos que algunos sitios se caracterizan por sus amplias extensiones (por ej.: refinerías) o por encontrarse lejos de los centros urbanos (por ej.: plataformas *off-shore*, campos de extracción) o en países con infraestructura deficiente. Por ello, en muchos casos no existe (o es extremadamente costosa) la infraestructura de conexión de datos y el poder de cómputo necesario para procesar el volumen de datos que se genera actualmente. Los autores mencionan la conectividad, la latencia, la tasa de transferencia de datos y la escalabilidad de las soluciones como algunas de las limitaciones.
8. **Liderazgo.** La falta de visión de los líderes de la industria también es un impedimento para la aplicación de las soluciones de IIoT. Existen encuestas que muestran que la gerencia media y alta de las organizaciones carecen de conocimiento sobre el valor que el IIoT puede traer a las empresas. Esto puede estar relacionado a su vez con la inexistencia de un ROI conocido para las soluciones existentes en el mercado (World Economic Forum y Accenture, 2015). Tal como indica Capgemini (2017), sin líderes que tengan conocimientos del negocio y de las nuevas tecnologías, resulta muy difícil definir una estrategia en torno a los sistemas de IIoT y más aún, conducir a las organizaciones por los cambios necesarios para su adopción.
9. **Cultura.** La cultura organizacional histórica de la industria estudiada no contribuye a la adopción de soluciones digitales (World Economic Forum y Accenture, 2017). Los líderes suelen ser escépticos sobre los beneficios de lo digital y no tienden a priorizar soluciones de automatización. En algunos casos, los mismos empleados son reticentes a la adopción de nuevas tecnologías. La mayoría de las empresas del sector posee valores conservadores y le temen a las consecuencias de los cambios. Por ello no están acostumbrados a utilizar métodos que incluyen fallar rápido, aprender y volver a intentar. Otro aspecto relacionado con la cultura de la organización es su compromiso con la innovación. En este sentido, Gilchrist (2016) entiende que la adopción de IIoT requiere una cultura

que esté preparada para innovar y esto no está presente en todos los actores de la industria.

10. **Talento.** La tecnología y la innovación usualmente fracasan no por la falta de inversión sino por la falta de talento y una cultura adversa a los cambios. En una industria con empleados longevos, es imprescindible incorporar talentos jóvenes para formarlos. Sin embargo, la industria cuenta con una imagen social poco atractiva y las nuevas generaciones de trabajadores, incluyendo los *millennials*, se inclinan por industrias “verdes” (asociadas a la conservación del medio ambiente) (World Economic Forum y Accenture, 2017). Por otra parte, I-Scoop (s.f.) destaca que no se trata solamente de capturar nuevos talentos porque actualmente ninguna organización puede contar con todo el talento necesario dentro de su plantilla. El desafío para las empresas del rubro es encontrar alternativas, ya sea a través de plataformas de *partners* u otros ecosistemas. En algunos trabajos analizados, inclusive son más específicos sobre el tipo de conocimiento necesario. Para Gilchrist (2016), el foco debe estar en mejorar la capacidad analítica y aplicarla a los procesos. Por ello, destaca la necesidad de incorporar científicos de datos, ingenieros de procesos e ingenieros electromecánicos.

De esta forma, concluimos la descripción de los desafíos para la adopción de sistemas IIoT en la industria estudiada y también completamos el capítulo del marco teórico específico sobre IIoT. En las siguientes secciones, presentaremos el estudio de campo. Recordemos que el objetivo de este trabajo es describir y analizar los beneficios y barreras relacionados con la adopción de soluciones de IIoT en Vaca Muerta. Por ello, luego de presentar el resumen ejecutivo de este capítulo, trataremos a continuación el análisis de las entrevistas a referentes del sector.

4.3.5. Cuadro ejecutivo sobre IIoT, objetivos y desafíos en Petróleo y Gas

A modo de resumen ejecutivo, presentamos la tabla 8 con los principales conceptos y autores abordados en este capítulo.

Ejes conceptuales		Autores
¿Qué entendemos por IIoT?	<i>Definición adoptada: “A system comprising networked smart objects, cyber-physical assets, associated generic information technologies and optional cloud or edge computing platforms, which enable real-time, intelligent, and autonomous access, collection, analysis, communications, and exchange of process, product and/or service information, within the industrial environment, so as to optimize overall production value. This value may include; improving product or service delivery, boosting productivity, reducing labour costs, reducing energy consumption, and reducing the build-to-order cycle.” (Boyes et al., 2018, p. 3)</i>	Boyes et al. (2018) Evans y Annunziata (2012) Accenture y General Electric (2015) Industrial Internet Consortium (s.f.) Gilchrist (2016) Buchheit et al. (2020)

	<p><u>Otros conceptos relevados:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Relación entre “<i>Industrial Internet of Things</i>” e “<i>Industrial Internet</i>” - Definición de “<i>Industry 4.0</i>” - Términos como “<i>Internet of Everything</i>” e “<i>Internet 4.0</i>” como una variante comercial de algunos proveedores. - 4 verticales de IoT: empresarial, consumidores, comercial e industrial 		
Ecosistema y arquitectura de soluciones IIoT	<p>Descripción de los principales elementos de la arquitectura de los sistemas IIoT en base a “<i>Industrial Internet of Things Reference Architecture</i>” o IIRA, creado por Industrial Internet Consortium (ICC)</p> <p>Descripción de las tecnologías que componen el ecosistema y permiten la integración entre OT e IT: sensores, <i>big data</i> y <i>analytics</i>, avances en las telecomunicaciones, hiper conectividad, caacidad de cómputo distribuido, <i>cloud</i> y <i>edge computing</i>, etc.</p>	<p><u>Punto de vista funcional:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - 5 dominios: control, operación, información, aplicación y negocio. - Principales funciones transversales a los dominios: conectividad y la gestión o administración de datos - Características para correcto funcionamiento del sistema: seguridad, fiabilidad, resiliencia, privacidad, escalabilidad, etc. - Concepto de “<i>trustworthiness</i>” <p><u>Punto de vista de implementación:</u></p> <p>3 patrones más comunes de arquitectura:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Three-tier architecture</i> - <i>Gateway-Mediated Edge Connectivity and Management architecture</i> - <i>Layered Databus</i> 	Shi-Wan et al. (2017)
	<p><u>Fabricantes de soluciones de IIoT:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuadrante mágico de Gartner para plataformas IIoT 		Gartner (2020)
Impacto de IIoT en la industria de Petróleo y Gas	<p>Recientemente las soluciones de IIoT alcanzaron madurez y estabilidad.</p> <p>De la misma forma, las tecnologías que componen el IIoT, alcanzaron la escala y los costos que permiten su uso en la industria.</p> <p><u>Objetivos, ventajas y beneficios de IIoT:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Reducción de costos y mejoras en eficiencias operativas: <ul style="list-style-type: none"> ▪ El poder del 1% ▪ Optimización operativa y mejora de procesos ▪ Monitoreo remoto ▪ Transformación del mantenimiento - Minimizar el impacto de la pérdida de personal experimentado - Mejorar la productividad - Incrementar ingresos corporativos - Nuevas oportunidades de negocio - Mejorar la experiencia de clientes - Disminución de riesgos de salud y seguridad - Disminución del impacto ambiental <p><u>Casos de uso:</u> mantenimiento de activos de producción, inspección subacuática, gasoductos inteligentes, nuevos sensores para maximizar la producción de los reservorios, wearable (relojes, anteojos y cascos) para colaboración remota con técnicos de campo, etc.</p>		Morgan Stanley (2016) Capgemini (2017) Gilchrist (2016) World Economic Forum y Accenture (2017) World Economic Forum y Accenture (2015) Das et al. (2016) Rovaglio (2016) Thibaud et al. (2018) Fluenta (2016) IoT for all (2018) Accenture (2019) Accenture (2013) Karschnia (2016) Slaughter et al. (2015) Baker Hughes (2016) Infosys (2018) Accenture y General Electric (2015) RTI (s.f.)
	<p><u>Desafíos que dificultan y demoran el uso de soluciones IIoT en Petróleo y Gas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ciberataques - Dificultades para establecer casos de negocio - Regulación y privacidad de datos - Falta de estándares - Ecosistema, interoperabilidad y falta de capacidad analítica - Infraestructura obsoleta - Limitaciones técnicas o falta de madurez de las soluciones - Liderazgo - Cultura - Talento 		Morgan Stanley (2016) Slaughter et al. (2015) World Economic Forum y Accenture (2017) World Economic Forum y Accenture (2015) Capgemini (2017) Rovaglio (2016) I-Scoop (s.f. a) Thibaud et al. (2018) Gilchrist (2016) Das et al. (2016) Baker Hughes (2016)

Tabla 8. Resumen ejecutivo de IIoT, objetivos y desafíos en Petróleo y Gas (elaboración propia)

5. Estudio de campo y análisis de resultados

Tal como se indicó en la sección “1.5. Metodología de investigación”, se utilizaron como instrumentos para la recolección de datos, entrevistas semiestructuradas con referentes de la industria petrolera en Vaca Muerta, proveedores de servicios tecnológicos, consultores expertos en IIoT y en la industria de *Oil & Gas*, y pudimos contar con la voz de un funcionario de la Cámara Argentina de Internet (CABASE) que también colabora con la Cámara Argentina de IoT (CAIoT). El enfoque de las entrevistas fue cualitativo y los entrevistados dieron sus opiniones acerca del nivel de adopción, casos de uso y los beneficios y desafíos relacionados con las soluciones de IIoT en Vaca Muerta. A su vez, también indagamos sobre los cambios necesarios para impulsar el uso de soluciones de IIoT y las tendencias futuras en materia de adopción.

En la tabla 9 presentamos a los expertos que fueron entrevistados. En el **anexo 8.6.** adicionamos una breve reseña de su trayectoria profesional. Se utilizaron 3 cuestionarios de preguntas en base a las áreas de acción de los entrevistados. Se diferenció entre expertos que trabajan en empresas petroleras y aquellos que actúan en consultoras y empresas de servicios. Por último, realizamos algunas preguntas específicas para el funcionario de CABASE. Los cuestionarios se incluyeron en el **anexo 8.4.**

Nombre	Cargo	Empresa
Eugenio Ferrigno	Gerente Tecnología de Operaciones Upstream	YPF
Javier Ruggiero	IT Site Lead & IT Customer Experience Supervisor - Neuquén	ExxonMobil Exploration Argentina
Federico Collini	Jefe de Comunicaciones	Tecpetrol
Mauricio Sansano	Partner - Head of Oil&Gas / Energy Services	Practia Global
Gonzalo Hecker	Oil & Gas Industry Consulting Manager	Accenture Argentina
Pablo Almada	Director de OT / IIoT	KPMG Argentina
Walter Hernán Tourn	Chief Operation Officer	CABASE y CAlOT
Eduardo Vigilante	Gerente de Operaciones	Telcosur
Martín Wessel	Senior Account Manager – Senior Mobile Business Developer	Intraway
Lucas Nicolás Scola	System Engineer	Cisco Argentina

Tabla 9. Lista de entrevistados (elaboración propia)

5.1. Nivel de adopción de IIoT en Vaca Muerta

Para empezar a analizar el nivel de adopción de IIoT en Vaca Muerta, presentaremos los puntos más relevantes aportados por cada entrevistado al respecto de la incorporación de estas soluciones en la región. En las próximas secciones cubriremos los casos de uso y criterios de adopción utilizados, pero en principio, trataremos de exponer y entender la opinión general de cada experto sobre este tema. En base a esto, trataremos de determinar el nivel de adopción de IIoT en Vaca Muerta.

Por la relevancia de YPF como principal operadora de la región, empezaremos por compartir la visión de **Eugenio Ferrigno, actual Gerente Tecnología de Operaciones Upstream de YPF**. Al respecto, nos indicó lo siguiente: **“Si el IIoT es un dispositivo inteligente, con capacidad no sólo de recibir información, sino de procesarla dentro de su *edge* y a su vez, transmitirla por una red, que en este caso nosotros gestionamos todo por intranet, te diría que sí. Hemos desplegado. Ahora, si queremos ir un paso más... Si el IIoT son cosas que están conectadas a Internet, no sólo sensoriza, procesa, tiene capacidad resolutivas *edge*, sino que, a parte, funcionan a través del Internet, de redes agnósticas y abiertas, entonces, te diría que ahí el nivel de uso es muchísimo más bajo”**. Sobre las soluciones que YPF ha desplegado, Eugenio nos cuenta que mediante diversas salas de producción y logística en Neuquén capital, YPF está monitoreando y gestionando actividades de pozo, instalaciones de superficie, actividad de torre y estimulación, *pulling*, actividad de subsuelo y fractura y logística de elementos que se transportan por ductos y camiones. En este sentido, Eugenio considera que YPF, en todo lo relativo a gestión remota de campo, está en **“un nivel bien maduro y evolucionado y (...) es líder en el área”**. Por otro lado, según el mismo Eugenio, **“todavía lo que es IIoT puro y genuino, por ejemplo, un LoRaWAN¹⁷, todavía no tenemos desplegado. Sí estamos mirando y pensando pero no lo tenemos desplegado”**.

Desde la perspectiva de **Gonzalo Hecker, ex YPF y actualmente gerente de consultoría para Oil & Gas en Accentura**, en la región **“hay buenas iniciativas pero lamentablemente están aisladas y no logran tener una visión de negocios con un eje de implementación claro que vaya en el sentido de IIoT. (...) Sin embargo, entre estas iniciativas aisladas, aparecen casos relevantes que son interesantes.”** Según

¹⁷LoRaWAN es un estándar para redes de baja potencia y área amplia, LPWAN (en inglés, Low Power Wide Area Network), diseñada para dispositivos de bajo consumo y apunta a requerimientos de IoT.

Gonzalo, YPF pasó por una ola de tecnificación que favoreció la incorporación de tecnología y por eso hoy cuenta con algunas soluciones productivas, aunque también aclara que se encontraron con trabas en el camino que limitaron las funcionalidades de las mismas.

Al indagar a **Mauricio Sansano, socio y head de Oil & Gas en la consultora Practia**, sobre la adopción de IIoT, reflexionó sobre su definición y lo que entendemos por IIoT en el contexto industrial de Vaca Muerta. De acuerdo a este experto, lo que ve actualmente en Vaca Muerta y en otras formaciones del país, se condice con una **fase inicial de implementación de soluciones de IIoT**. En este sentido, afirma que **existe una adopción, especialmente en cuanto a equipos tele supervisados y la sensorización de la operación, para tener información en tiempo real de lo que está pasando en el campo**. También sostiene que existe un interés creciente en las empresas del sector, en la adopción de este tipo de tecnologías. Sin embargo, aclara que no se observa todavía la interconexión entre equipos, no existen aún soluciones inteligentes que hagan el análisis y la toma de decisiones autónomas. Al igual que Eugenio, tampoco observa el uso de Internet como parte de las soluciones existentes. Para Mauricio, **si tenemos en cuenta el concepto más clásico de IIoT, que tiene que ver con equipos interactuando entre sí a través de Internet, eso no está pasando en el campo o no es lo más utilizado**.

Para **Federico Collini, jefe de comunicaciones de Tecpetrol**, las soluciones de IIoT van a causar una revolución industrial en el sector de *Oil & Gas*, sin embargo, por tratarse de una industria vieja con personal longevo, las transiciones son muy lentas. A pesar de esto, hoy en día, **Tecpetrol cuenta con soluciones de IIoT como parte de los proyectos del área de “Yacimiento Digital”**. Estas soluciones se aplican en Fortín de Piedra, su yacimiento modelo que comenzó su desarrollo masivo en 2017 y hoy produce más del 10% del gas de Vaca Muerta. Federico aclara que están observando que esa tecnología funciona bien y espera que haya mayores inversiones en el futuro. Por su parte, **Javier Ruggiero**, quien se desempeña como **IT Site Lead en Neuquén para ExxonMobil**, confirmó que en su empresa **utilizan soluciones relacionadas con las tareas de completación, perforación, telemetría y SCADA**¹⁸. A su vez, agregó que se

¹⁸ SCADA. Acrónimo de Supervisión, Control y Adquisición de Datos, es un sistema que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia. Facilita retroalimentación en tiempo real con los dispositivos de campo (sensores y actuadores), y controla el proceso automáticamente.

están evaluando más soluciones a futuro. En el caso de ExxonMobil, **como la empresa ya operaba yacimientos no convencionales en la formación Permian en Estados Unidos, las soluciones que se utilizan en el país son las mismas** y ya fueron testeadas.

Por su parte, **Pablo Losada, Director de OT & IIoT en KPMG Argentina, considera que la tecnología de IIoT que tenemos hoy en día en Vaca Muerta, no está tan desarrollada y no podemos decir que existe de forma masiva.** Para Pablo, lo que existe son sensores y equipos de monitoreo en boca de pozo que utilizan *wifi*. En su criterio, sacando algunas cosas específicas, no hay implementaciones interesantes como las existentes en Oriente Medio y el nivel de madurez que existe está relacionado con un monitoreo básico, que tiene que ver con telemetría. Pablo considera que los proyectos de IIoT son extremadamente caros y es necesario un muy buen caso de negocios. Por ello, la falta de conectividad en campo y los problemas económicos del sector, dejaron trancos varios de los proyectos.

En lo que refiere al **punto de vista de las operadoras de servicios de telecomunicaciones**, tanto Martín Wessel, especialista en IoT y en desarrollo y evolución de redes de telecomunicaciones, como Eduardo Vigilante, actual gerente de operaciones en Telcosur y Walter Tourn, COO de CABASE, comparten opiniones similares. **Para Martín**, sin entrar en la realidad de Vaca Muerta y viéndolo desde el punto de vista global, **“la adopción en el mundo no es la que hace un tiempo se viene anunciando”**. **Walter** baja al contexto nacional y nos cuenta que **“el IIoT es una tecnología que está creciendo en el mundo y en Argentina no termina de despegar”**. **Eduardo**, por trabajar en Telcosur y gestionar todas las redes de telecomunicaciones de TGS (Transportadora de Gas del Sur es el socio mayoritario de Telcosur y primer midstreamer de Vaca Muerta), conoce la realidad de Vaca Muerta en profundidad y es más categórico: **“aún en Vaca Muerta la adopción de IIoT es muy baja”**. Debemos aclarar que estas opiniones tienen el foco puesto en soluciones de IIoT que hacen uso de redes de telecomunicaciones como LTE, 3G, 4G, sigfox y LoRA y no consideran las redes privadas de las empresas de *Oil & Gas*. De acuerdo a Martín, en lo que se refiere a bandas móviles, se está empezando a hacer el despliegue por parte de los *carriers* y específicamente está al tanto de una empresa que tiene asignada una banda para explorarla en la zona andina para IIoT en la industria del petróleo. Por su parte, la estrategia de Telcosur es adecuar la infraestructura de transporte de fibra y radio que ya posee en la zona de Vaca Muerta y el resto del país, e ir colocando radio bases con capacidad de

operar con SigFox¹⁹. Como parte de la adecuación, están instalando sostenes de antenas y mástiles así como la energía de alimentación de las radio bases. Pretenden así, dotar de servicios de IoT a más de 120 sitios a lo largo de Buenos Aires, Rio Negro, Neuquén, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego. Asimismo, Eduardo nos compartió que están ofreciendo a sus clientes equipos de *testing* y acompañamiento para la implementación de los casos de uso que identificaron, sin embargo, en el país considera que hay poca adopción. En el caso particular de TGS, cuentan con una única solución y su aplicación primaria se destinará a la supervisión de válvulas de gasoducto.

Por otra parte, **Lucas Scola que es un especialista de Cisco en IIoT** y se desempeña como ingeniero de preventa de este tipo de soluciones para las cuentas de YPF, Tecpetrol, Pluspetrol y Vista Oil & Gas, nos indicó que **“con todas las empresas del sector venimos avanzando con soluciones de IIoT. Algunas están más avanzadas que otras. Algunas tienen equipos de trabajo (...) que toman el rol de responsable de despliegue o prueba. En principio, de prueba, de intentar encontrar la necesidad de negocio. (...) Te diría que todas están explorando, probando, o incluso, algunas cosas productivas ya lo tienen. Quizás no han escalado al 100% de su territorio de operación, pero sí tienen cosas que ya están generando datos”**. De la misma forma, Lucas aclara que para la venta de las soluciones, todas las empresas requieren que se lleve a cabo una prueba concepto en campo. Esto hace que sean proyectos que tomen mucho tiempo y se encuentran con muchos obstáculos técnicos. Por las demoras, ajustes y los obstáculos técnicos encontrados, Lucas afirma que **“hay muy pocos proyectos hoy que se hayan desplegado a nivel masivo”** y lo atribuye a que no hay una claridad en lo que se refiere a la tecnología, protocolos y estándares a ser adoptados.

De acuerdo a lo visto hasta el momento, podemos identificar una primera característica sobre la adopción de IIoT en Vaca Muerta. Está relacionada con la definición de IIoT y algunos de los entrevistados lo marcaron en sus respuestas. Tiene que ver con una diferenciación entre las soluciones que incorporan el uso de redes agnósticas de Internet, tal como la conocemos, en contraste con el uso de redes corporativas, propias de cada empresa. En este sentido, los entrevistados coincidieron que **el nivel de adopción de soluciones de IIoT que hacen uso de redes públicas de internet o suministradas por un proveedor, es bajo**. Se trata de soluciones en etapas

¹⁹ Sigfox es una red de IoT, desarrollada por la empresa SigFox, pensada para tener un bajo consumo y ser independiente de los despliegues de telefonía móviles.

exploratorias o que están aisladas y no se han desplegado de forma masiva en los yacimientos de las diferentes operadoras. Por otro lado, **cuando hablamos del uso de soluciones de IIoT sobre redes privadas LAN o Wireless LAN, entendemos que no existe homogeneidad en las respuestas. Podemos decir que el nivel de adopción es moderado, siendo que algunas empresas están más avanzadas que otras.**

De la misma forma que vimos en el marco teórico que la madurez digital de la industrial de Oil & Gas se encuentra en una etapa temprana o en vías de desarrollo, la adopción de IIoT acompaña ese avance, tanto a nivel global como en Vaca Muerta. De esta forma observamos que **la adopción de IIoT es progresiva, estando la mayor parte de las implementaciones relacionadas con los niveles inferiores de la curva vista en el estudio de Bsquare (2017)**. Existen soluciones en producción, sin embargo, los casos de uso corresponden a un perfil de adopción preparatorio o inicial, no se implementan de forma masiva y son predominantemente individuales, sin integración entre sí.

A modo de resumen de las diferentes posturas de cada entrevistado y nuestras observaciones iniciales, confeccionamos la tabla 10.

Entrevistados	Conceptos destacados sobre nivel de adopción de IIoT en Vaca Muerta
Eugenio Ferrigno	<ul style="list-style-type: none"> - YPF ha desplegado soluciones de IIoT utilizando Intranet. - El uso de soluciones de IIoT sobre Internet es muy bajo. - YPF no ha desplegado soluciones de IIoT sobre LoRAWAN y otros protocolos similares. Lo están evaluando. - El nivel de soluciones relacionadas a gestión remota de campo es maduro, evolucionado.
Javier Ruggiero	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizan soluciones relacionadas con completación, perforación, telemetría y SCADA. - Las soluciones son las mismas que usan en Permian
Federico Collini	<ul style="list-style-type: none"> - La adopción es lenta, típica de una industria tradicional - En la nueva planta de Fortín de Piedra cuentan con soluciones relacionadas al área de “Yacimientos Digitales”.
Mauricio Sansano	<ul style="list-style-type: none"> - Las soluciones corresponden a una fase inicial de implementación. - Existe una adopción. Está enfocada a equipos telesupervisados y sensorización operativa. - Cada vez hay mayor interés - No hay soluciones inteligentes que tomen decisiones autónomas - No observa el uso de Internet en las soluciones con equipos interconectados
Gonzalo Hecker	<ul style="list-style-type: none"> - Hay iniciativas pero están aisladas. Algunas llegan a ser relevantes. - Carecen de visión de negocio. - Existen trabas que limitan las funcionalidades.
Pablo Almada	<ul style="list-style-type: none"> - Soluciones poco desarrolladas, no observa uso masivo. - Nivel de madurez relacionado con monitoreo básico. - Dificultades económicas para asegurar la continuidad de proyectos.
Walter Hernán Tourn	<ul style="list-style-type: none"> - IIoT en Argentina no termina de despegar.
Eduardo Vigilante	<ul style="list-style-type: none"> - La adopción de IIoT es muy baja. - Telcosur está adecuando su infraestructura de radiobases para proveer SigFox. Pretende dar servicios de IIoT a más de 120 sitios, incluyendo Vaca Muerta.

Martín Wessel	<ul style="list-style-type: none"> - Considera que se está empezando a hacer despliegue por parte de los <i>carriers</i>. - La adopción en el mundo no es la que se viene anunciando pero no particulariza sobre Vaca Muerta
Lucas Nicolás Scola	<ul style="list-style-type: none"> - Todas las empresas (YPF, Tecpetrol, Pluspetrol, Vista) están explorando, probando. - Hay avances. Algunas empresas están mejores que otras. - Los proyectos no se despliegan de forma masiva. - La adopción requiere de una prueba piloto en campo. Existen obstáculos técnicos y demoras. Faltan definiciones tecnológicas, estándares, protocolos.
Análisis	<ul style="list-style-type: none"> - Para soluciones que hacen uso de redes públicas de Internet, el nivel de adopción es bajo. - Para soluciones sobre redes privadas LAN o Wireless LAN (Intranet) las respuestas son variadas. Consideramos que el nivel de adopción es moderado. - Algunas empresas están más avanzadas que otras. - Existen soluciones, sin embargo, los casos de uso corresponden a un perfil de adopción preparatorio o inicial. - No se observan implementaciones de forma masiva.

Tabla 10. Estado general de adopción de IIoT en Vaca Muerta (elaboración propia)

Hasta aquí hemos presentado inicialmente el nivel de adopción de IIoT en Vaca Muerta. En las próximas sesiones analizaremos con mayor detalle los casos de usos identificados, los criterios de adopción y realizaremos una comparativa a nivel global. Cubiertos estos temas, tendremos una visión completa de la adopción de IIoT en Vaca Muerta. Nos enfocaremos luego en responder las otras dos preguntas de investigación de esta tesis que están relacionadas con los beneficios y barreras para la adopción.

5.2. Casos de uso identificados

Como parte del trabajo de campo nos propusimos conocer los casos de uso encontrados en la formación Vaca Muerta. Con las respuestas obtenidas en las entrevistas, realizamos el gráfico de la figura 56 donde, evidentemente, se observa un claro ganador: la telemetría de campo. A ésta, le siguen otras soluciones como la gestión remota de varias actividades de campo como *pulling* y perforación, monitoreo de activos, logística, tendencias de pozo, monitoreo de personal y otros. Aclaremos que el gráfico representa la cantidad de menciones de cada tipo de solución obtenidas en las entrevistas. De esta forma, no podemos decir que éstas son las soluciones más implementadas en Vaca Muerta ya que no se hizo un estudio por empresa. Sin embargo, es un buen indicio de los casos de uso más comunes.

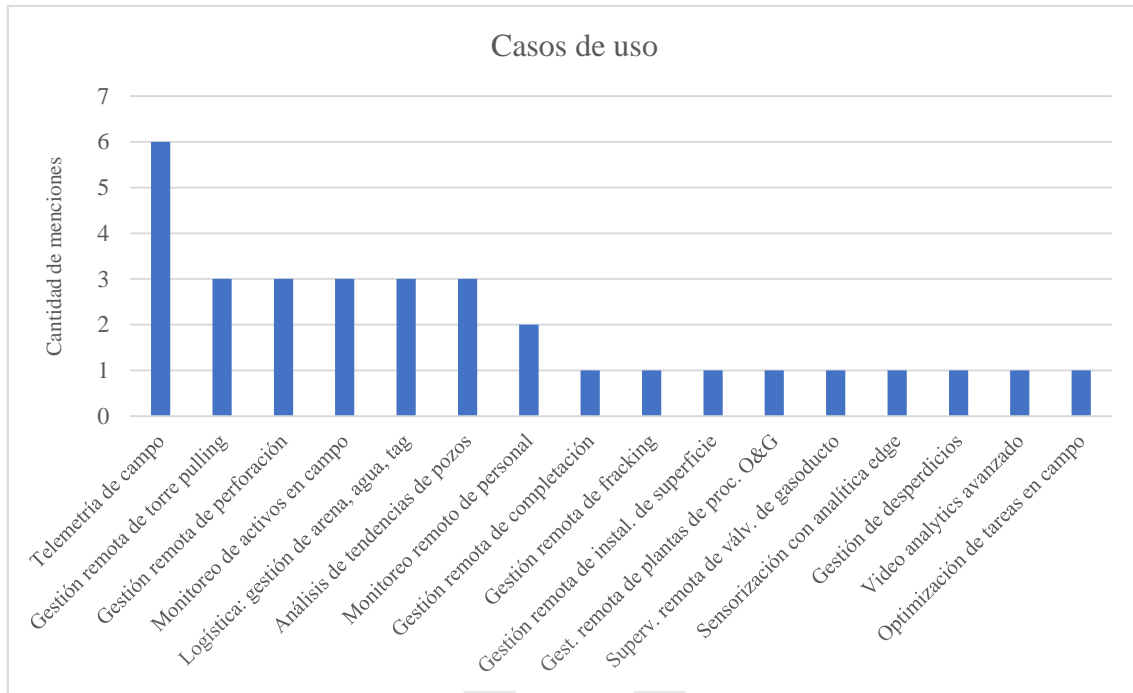


Figura 56. Casos de uso de IIoT identificados en Vaca Muerta (elaboración propia). El gráfico representa la cantidad de menciones a cada caso de uso en las entrevistas con los expertos.

Existe una amplia coincidencia entre los entrevistados al respecto del **uso de telemetría**, es decir, sensores que permiten la medición remota de variables físicas como la presión, temperatura, corrosión, caudal, etc. y el envío de esa información hacia un operador o sistema para su análisis. Al respecto, Javier Ruggiero de ExxonMobil nos comentó que cuentan con sensores en campo que capturan información y la envían a un *warehouse* donde luego, aplicaciones hacen *analytics* y correlación de datos. Siendo una de las correlaciones más usuales, las cuestiones de costos. Por su parte, Pablo de KPMG entiende que el nivel de madurez de las soluciones de IIoT es inicial y por eso, existe casi exclusivamente, telemetría de campo, que lo entiende como un monitoreo muy básico, comparado con otras capacidades que presentan las soluciones de IIoT.

Uno de los referentes de la zona en materia de **gestión remota de campo** es, sin dudas, YPF. Eugenio Ferrigno nos compartió que la empresa cuenta con diferentes salas de control en Neuquén capital desde donde manejan procesos de planta y gestionan las actividades de campo. En cuanto a los procesos, manejan las plantas de procesamiento de petróleo y gas, que, según el mismo Eugenio, se asemejan a cuestiones industriales complejas. En lo que se refiere a gestión de campo, poseen una sala de producción donde gestionan las actividades de pozo; instalaciones de superficie, como la actividad de torre y estimulación; y también subsuelo, donde llegan a hacer un seguimiento en tiempo real de la fractura y la geolocalización del trépano. Nos aclara Eugenio, que es un desafío

realmente importante llegar a gestionar la fractura desde la sala de control ya que la tolerancia al delay es menor a 2 segundos. Por otra parte, nos cuenta que la información de geolocalización de la perforación se compara con modelos geológicos y un equipo de geo-científicos toma decisiones en tiempo real sobre el desarrollo o la corrección de la perforación. Sin dudas, ésta es una de las soluciones más avanzadas que pudimos recopilar en este trabajo. A su vez, cuentan con otra sala para la gestión y movimiento de las torres de mantenimiento o *pulling* y por último, una sala de logística, desde donde hacen el seguimiento de elementos que se transportan tanto vía ductos, como el agua, como los que utilizan camiones, como la arena. Para completar, Eugenio nos aclara que todas estas soluciones utilizan redes internas de YPF y por el momento no tienen desplegado soluciones con LoRaWAN.

Más allá de Eugenio, otros entrevistados mencionaron la gestión de las torres de *pulling* y otros aspectos de la operación, se trata de Gonzalo y Mauricio, ambos consultores, de Accenture y Practia respectivamente. Estos expertos también identificaron el **uso de IIoT en lo que se refiere a la logística**. Gonzalo nos mencionó el avance en *supply chain*, tanto en YPF como Tecpetrol. Específicamente se refirió al planeamiento de materiales asociado a la operación, es decir, gestión de arenas y otros materiales y el uso de *tagging* vía RFID, donde el modelo de factoría obliga a pensar la logística de forma diferente. Estos mismos ejemplos fueron mencionados por Mauricio y lo resumió como una “**gestión de stock optimizado**”.

En cuanto al **monitoreo o tracking de activos y personas**, desde Cisco, Lucas entiende que viene a cumplir con el objetivo de asegurar la seguridad física de quienes están en campo. Específicamente menciona los alertas de botones de pánico, hombre caído y detección de uso de elementos de protección personal. Nos explica que por la gran cantidad de contratistas de la industria, es importante entender donde están las flotas, las personas y el tiempo que estuvieron trabajando para también asegurar el cumplimiento de las normativas. Federico de Tecpetrol, complementa que este tipo de *tracking*, permite controlar a los contratistas y asegurar una operación más rápida y eficaz, tratando de optimizar los tiempos en campo, que son costosos. Otros usos específicos fueron mencionados por Javier y Eugenio. El primero dijo estar trabajando para ubicar activos de IT en campo y el segundo, mencionó el *tracking* de camiones.

Otra de las soluciones que fueron mencionados en más de una oportunidad, es el **uso de los datos obtenidos por los sensores de pozo para realizar comparaciones**,

análisis y tendencias. Ya mencionamos el caso de YPF con las geolocalización del trépano de perforación. A esto, agrega Mauricio de Practia, que existen soluciones *ad-hoc*, desarrolladas para problemáticas particular, donde al IIoT se combinan disciplinas o técnicas como las ciencias de datos, la inteligencia artificial y permite, por ejemplo, identificar situaciones anómalas o identificar cuándo los equipos empiezan a comportarse de manera similar en yacimientos aledaños.

Por último, relevamos algunas **soluciones particulares** que tuvieron una única mención y probablemente se traten de casos aislados que se ajustan a la necesidad de alguna operadora en particular o están en etapa de experimentación. Por un lado, tenemos la **supervisión remota de válvulas de gasoducto** que está actualmente usando TGS. Claramente es una solución que está relacionada al core de su negocio. Por otro lado, Mauricio nos hizo saber que una operadora está experimentando con una **solución de gestión de desperdicios** que es una problemática relevante para las extracciones no convencionales. Por último, YPF está avanzando y fuerte, en lo relacionado a la **analítica edge (edge computing) con datos que vienen de sensores en pozos** que se transmiten por una red *wireless* 802.11 y que son tratados con algoritmos de *machine learning* avanzado e inteligencia artificial. Según Eugenio, esta lógica que hoy corre en servidores los están llevando a *smart pads* en campo y avanzando cada vez más. Otra solución que están experimentando es correr en la misma localización, **video analytics sobre cámaras normales y termográficas**. El objetivo es tratar de entender variables de proceso o de desvíos, como ser: derrames, parafinamiento, anomalía, y también movimientos de personas, comportamientos, fauna, vehículos, etc. Todo eso conectado con la propia lógica del pozo.

De los casos de uso mencionados, **vemos que realmente no existen soluciones que utilicen Internet, ni tampoco redes móviles de proveedores de telecomunicaciones. Adicionalmente el uso de redes SigFox, LoRaWAN u otras similares, no fueron mencionados** o cuando lo hicieron, aclararon que aún se está adecuando la red de los *carriers*. Inclusive relevamos casos donde explícitamente mencionan que dichas redes no se están desplegado en campo. Podemos decir entonces que las redes que soportan IIoT en Vaca Muerta hoy en día son redes privadas de las petroleras o también conocidas como Intranet y no pasan por Internet.

Por otra parte, si comparamos la madurez de las soluciones mencionadas, podemos decir que en su mayoría **corresponden a un perfil de adopción preparatorio**

ya que las soluciones apuntan a la eficiencia operativa, que corresponde con un nivel de adopción inicial. Son ejemplos de éstas, las relacionadas con telemetría de campo, monitoreo de activos y personal, gestión remota de actividades de producción, supervisión remota de válvulas, logística y gestión de desperdicios. Esto justamente coincide con lo relevado por World Economic Forum y Accenture (2017) en el marco teórico. A su vez, si comparamos las soluciones de Vaca Muerta con el estudio de Bsquare (2017), vemos que **en su mayoría coinciden con los niveles 1 (dispositivos que colectan datos y los transmiten a bases de datos), 2 (tableros de control y herramientas de visualización para monitorear datos en tiempo real) y en menor medida, con el nivel 3 (análisis de datos - *machine learning* y análisis complejo utilizado para predicción y nuevos descubrimiento).** Siendo que soluciones de nivel 4 (automatización) no fueron mencionadas y encontramos una única solución de nivel 5 (*edge computing*) en YPF. Adicionalmente, si comparamos los casos de uso con el análisis de la empresa PTC (Baron et al., 2017) presentado en el marco teórico, otra vez encontramos coincidencias con lo relevado a nivel mundial, donde los casos de uso que predominan son aquellos de monitoreo de activos e inteligencia operativa. De lo expuesto, no vemos una diferencia con el resto de la industria a nivel mundial. Como vimos en el apartado 4.2.2, según Bsquare (2017), la adopción de IIoT es progresiva, estando la mayor parte de las implementaciones relacionadas con los niveles inferiores, que coincide a lo observado en Vaca Muerta.

Por último, si bien ya mencionamos que **no se encontraron ejemplos de soluciones con capacidad de automatizar y muy pocas relacionadas con *edge computing*,** nos parece clave resaltar que la gran mayoría de las soluciones relevadas, son individuales, no están integradas y carecen de inteligencia. En este sentido, y salvo algunas excepciones, la toma de decisiones sigue estando básicamente centrada en los expertos de la industria y esto implica que sea una solución complementaria al experto y no una nueva forma genuina de operar o de tomar decisiones.

En la siguiente sección cubriremos los criterios de adopción de las soluciones y los relacionaremos con lo estudiado en el marco teórico.

5.3. Criterios de adopción de soluciones de IIoT

Hemos mencionado anteriormente las soluciones que encontramos en Vaca Muerta. En esta sección, buscaremos entender los criterios utilizados para la selección de

las mismas. Para empezar, presentaremos la figura 57 en donde capturamos las respuestas mencionadas en las entrevistas y las agrupamos en diferentes categorías. El gráfico representa la cantidad de menciones a cada criterio de adopción relevadas en las entrevistas con los expertos.

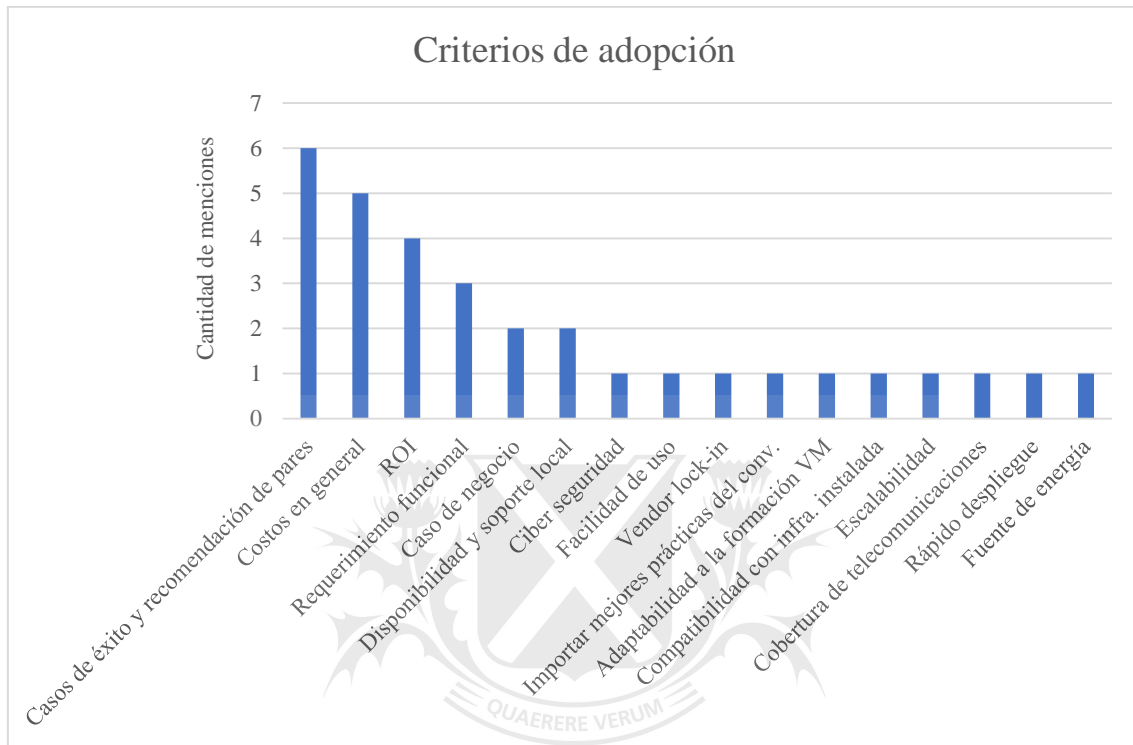


Figura 57. Criterios de adopción de soluciones de IIoT en Vaca Muerta (elaboración propia). El gráfico representa la cantidad de menciones a cada criterio en las entrevistas con los expertos.

Es evidente que los casos de éxito en la industria y la recomendación de pares es un factor muy importante a la hora de adoptar una solución. De acuerdo a Mauricio de la consultora Practia, **“en particular la recomendación de pares y sobre todo, mirar lo que hacen otras empresas y qué tecnologías implementan, es algo que vemos con bastante frecuencia”**. Pablo de KPMG, aporta un dato no menor y que está relacionado con el desarrollo de bloques en conjunto entre empresas, es decir, las *joint-ventures* que mencionamos en el capítulo específico sobre la realidad de Vaca Muerta. De esta forma, nos aclaró que la recomendación y los casos de éxitos no se limitan al ámbito local. Para ejemplificarlo, comentó que **“si Chevron está haciendo algo en Texas y trabajando localmente en conjunto con YPF, se trae la misma solución acá”**. Algo similar mencionó Javier de Exxonmobil. Dicha empresa tiene experiencia en formaciones no convencionales en Permian y trajeron las soluciones ya testeadas a Vaca Muerta. Para completar, Eugenio de YPF nos compartió que una de las 3 acciones que tomaron en los inicios de Vaca Muerta, fue justamente, importar experiencias de afuera. En sus propias

palabras **“miremos lo que se está haciendo en el norte y fijemos qué de eso lo podemos traer y nos sirve”**, claramente haciendo referencia al desarrollo de no convencional en Estados Unidos. Con respecto a los casos de éxito, Gonzalo de Accenture nos compartió que presentar soluciones que andubieron bien en otras empresas o industrias, es en cierta forma, contar con credenciales. Accenture lo utiliza en la presentación de ofertas a sus clientes con buenos resultados. Según Gonzalo: **“ver el caso de éxito en otras industrias, es el principal gancho”**.

Un segundo criterio es evidentemente los costos. En esta categoría incluimos las menciones referidas a **costos operativos, costos de activos capitalizables, costos de mantenimiento**, etc. Desde el punto de vista de las prestadoras de telecomunicaciones, tanto Eduardo como Martín resaltaron que los costos operativos de servicio y el precio de los dispositivos, son un componente relevante a la hora de la adopción. Y esto está estrechamente relacionado con los volúmenes. En cuanto al mantenimiento, Lucas de Cisco considera que, al contar con cientos o miles de sensores en campo, el costo de mantenimiento es algo a tener en cuenta siempre. Adicionalmente, aclara que como para resolver una necesidad, siempre aparecen 5 tecnologías o soluciones parecidas, el costo siempre entra en la balanza.

Otro criterio clave relevado, principalmente para soluciones de IIoT que tienen como beneficio primordial la reducción de costos, es el **retorno de la inversión o ROI**. Para Mauricio, **“hoy, no solamente para la adopción de IIoT, sino para cualquier tipo de decisión de incorporación de tecnología, inclusive cualquier otro tipo de decisión técnica, una de las variables que más se mira es cómo aporta eso a la optimización de costos”**. En ese sentido, entendemos que el retorno de la inversión se repaga con la optimización de costos y por eso lo incorporamos dentro de esta categoría. Lucas coincide con esta opinión y aporta que **“el ROI siempre se pone sobre la mesa cuando se habla de un proyecto de reducción de costos o eficiencias. Obviamente impacta la inversión inicial y es algo que se ve cuando uno hace un piloto o empieza a armar una solución”**.

El **requerimiento funcional**, es decir, cumplir con las especificaciones técnicas o incluso, agregar una funcionalidad al trabajo en campo, fueron mencionados por Javier, Federico y Gonzalo. Además, Federico nos aclaró que Tecpetrol hace uso de licitaciones, ya que aportan transparencia al proceso y aseguran el control de costos. Por su parte, Gonzalo, si bien reconoce que contar con una funcionalidad específica es un criterio muy

común, cuestiona su beneficio. Este consultor entiende que este criterio lleva a enfocarse en la tecnología en sí y no en la tecnología como un medio para alcanzar una necesidad de negocio. Por ello, opina que el criterio que más se debería utilizar son los **casos de negocios**. En este sentido, apunta a que el caso de negocio tiene una visión más ejecutiva y está alineado a un objetivo estratégico. Como tal, se vale de toda la tecnología disponible para alcanzar ese objetivo. Así, cuando existe el caso de negocio y el IIoT es la solución adecuada para lograrlo, la tecnología se paga sola. Alineado con este pensamiento, Mauricio es categórico: **“claramente, todas las decisiones de inserción tecnología o actualización de innovación tecnológica, tienen que tener un driver de negocio y no de snobismo. No vemos en esta industria, la implementación de tecnología sólo por estar en el *leading edge*, sino por resolver una necesidad de negocio”**.

En cuanto a la **disponibilidad y el soporte local**, diremos que fue uno de los elementos aportados por Eugenio de YPF. Éste, hace una retrospectiva al respecto de los criterios utilizados que es sumamente interesante: “Hace una década, cuando se decide poner los recursos del *shale* en valor afuera de Estados Unidos y Canadá, (...) hubo una curva de aprendizaje prácticamente en todas las disciplinas. Si nosotros vemos la curva tecnológica general que atraviesa Vaca Muerta, es una curva que viene de importar experiencia de afuera, más, utilizar lo que estaba disponible en el mercado local, más, exportar las mejores prácticas del convencional. (...) Así se inició la carrera y (...) nos permitió atravesar un camino de aprendizaje. En lo que es la tecnología digital, todo lo que es el comienzo de Vaca Muerta fue hecho 100% con arquitectura digital conocida en el convencional. Se trató de no innovar demasiado. (...) A medida que fuimos aprendiendo, nos fuimos acondicionando. (...) Conforme pasó el tiempo y se entendió mejor la dinámica del no convencional, se entendió que había particularidades. No necesariamente el no convencional de Vaca Muerta seguía lineamientos geológicos y de desarrollo del *shale* de Estados Unidos y eso implicaba tomar decisiones absolutamente distintas en muchos factores, incluyendo la tecnológica. Todo esto fue haciendo que los diseños tecnológicos fueran cambiando. Y estamos en una etapa 2.0 en nivel tecnológico, que hace mucho más sentido a las necesidades actuales.”

Por último, existen **otros criterios** que se tienen o tuvieron en cuenta a la hora de adoptar una solución de IIoT. Sin embargo, no tuvieron tantas menciones en las entrevistas. Entendemos que no por ello dejan de ser importantes y los enunciaremos a

continuación: **ciber seguridad, facilidad de uso, *vendor lock-in*, importar mejores prácticas de la extracción convencional, adaptabilidad de las soluciones a la formación Vaca Muerta, compatibilidad con infraestructura instalada, escalabilidad, cobertura de telecomunicaciones, rápido despliegue de las soluciones y disponibilidad de fuente de energía para alimentación de las soluciones.**

Hasta acá hemos presentado los criterios encontrados en las entrevistas. Si los comparamos con las características de adopción tecnológica descritas en el marco teórico, vemos que **se repiten los factores de difusión de innovaciones en empresas cubiertos en la teoría de Mansfield (1968) y Rosenberg (1972)**. En particular, la transmisión de información entre empresas, o sea, la recomendación de pares, o también llamado “boca a boca”, es un factor determinante en Vaca Muerta. El poder del “boca a boca”, que también es mencionado por Moore (1991) y Bass (1969) en sus estudios, alcanzó el mayor número de menciones entre nuestros entrevistados. Por otra parte, también confirmamos que las soluciones más frecuentes son las que requieren un menor esfuerzo de inversión y son las más fáciles de implementar. Son ejemplo de ellos, las soluciones de telemetría, monitoreo y gestión remoto y logística. Los criterios relacionados con esto e identificados en Vaca Muerta son los costos en general (*capex* y *opex*) y el retorno de la inversión. Ambos, mencionados reiteradas veces, confirman que las soluciones de IIoT que requieren menor inversión inicial y un alto grado de rentabilidad, se adoptan más rápido.

Si tenemos en cuenta la teoría de difusión de Rogers (1962), por lo visto en el marco teórico, otras industrias han tomado la delantera en el uso de IIoT. Retomando la importancia de la recomendación de pares y sumando la relevancia de los casos de éxito de otras industrias como principales criterios de adopción en Vaca Muerta, esto afirma lo que ya marcamos sobre la industria petrolera. Ésta posee un perfil de mayoría tardía o, en el mejor de los casos, un perfil de mayoría temprana. Siguiendo con la teoría de Rogers (1962), el comentario de Mauricio sobre la ausencia de uso de tecnología por el simple hecho de estar en el *leading edge*, marca nuevamente una diferencia con las industrias que poseen un perfil innovador. En este sentido, las empresas del sector, tienden a observar cómo la mayoría temprana de usuarios de otras industrias se desempeñan con las soluciones de IIoT antes de adoptarla. Si consideramos a Bass (1969), **estamos frente a una industria “imitadora”**. **Las compañías adquieren soluciones de IIoT como resultado de la observación, interacción e influencia de las industrias innovadoras.**

Por otra parte, nos **llama la atención que no haya habido tantas menciones a criterios como facilidad de uso, estándares y ciber seguridad**. Si tenemos en cuenta el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) de Davis (1989), era de esperarse que la facilidad de uso ocupara un lugar de mayor destaque. Especialmente teniendo en cuenta que la mano de obra calificada en campo y el cambio generacional figuran entre las barreras identificadas en esta tesis (ver sección 5.6.). Por otra parte, en lo que se refiere a estándares, notamos una mención al criterio de vendor lock-in y otra sobre la compatibilidad con la infraestructura existente en campo. Por lo que estudiamos en el marco teórico, Shapiro y Varian (1999) destacan la importancia de los estándares porque impactan en la escalabilidad e interoperabilidad tecnológica. A su vez, recalcan la relevancia del concepto de “*lock-in*”. Dado que el tema de la falta de madurez de las soluciones y falta de un estándar adoptado se hizo presente en varias entrevistas como una barrera (ver sección 5.6.), era de esperar que tuviera una mayor mención a la hora de indicar criterios de adopción. Por otro lado, cuando nos remontamos a las principales barreras o desafíos identificados en el marco teórico, la ciber seguridad figura como uno de los elementos más relevantes. De la misma forma, aparece con un nivel de mención medio en lo que pudimos relevar como barrera entre los entrevistados de este trabajo (ver sección 5.6.). Una posible interpretación es que los entrevistados lo hayan tenido en cuenta como parte de los requerimientos funcionales que sí obtuvo mayor cantidad de menciones. Sin embargo, nuestro objetivo aquí no es ordenar los criterios por importancia sino relevar criterios utilizados en general. En consecuencia, vemos que los conceptos estudiados previamente, se reflejan en la adopción de esta tecnología en Vaca Muerta.

Para completar el análisis, diremos que los **factores más relacionados con los proveedores de servicios** como ser: la cobertura de telecomunicaciones, el rápido despliegue, la disponibilidad de fuentes de alimentación en campo y la escalabilidad, **puede que no hayan obtenido tantas menciones porque las soluciones existen todavía no cuentan con la componente de redes e Internet**. Entendemos que si en el futuro, las soluciones se expanden a otras zonas del campo, y se empiezan a utilizar protocolos como LTE, LoRaWAN y SigFox, estos criterios tomarán una mayor preponderancia.

A continuación, analizaremos el nivel de adopción local en comparación con el nivel global de la industria presentado en el marco teórico. Buscaremos identificar si existen variables locales que condicionan la adopción.

5.4. Comparación a nivel mundial y variables locales

Una de las preguntas que nos propusimos responder en este trabajo es si el grado de adopción de IIoT en Vaca Muerta es similar a lo observado a nivel mundial o existen variables locales que determinen una diferenciación. Trasladamos esta inquietud a nuestros entrevistados y de manera general, coincidieron que **no existen grandes diferencias en cuanto al grado de adopción**. Algunos entrevistados marcaron ciertas diferencias con Oriente Medio, donde el volumen y tipo de producción no son comparables. En otros casos, mencionaron que podríamos estar un escalón debajo de la media. Sin embargo, **no observamos grandes diferencias a excepción de los proveedores de telecomunicaciones**. Por las respuestas obtenidas de estos últimos, entendemos que sus expectativas era contar con un nivel mayor de adopción. Adicionalmente, si tenemos en cuenta los casos de uso existentes localmente y la comparativa realizada con los relevados en el marco teórico a nivel mundial, no observamos grandes diferencias. Más allá de que alguna empresa pueda estar en un nivel inferior de adopción, como dijimos anteriormente, **las soluciones en uso apuntan a la eficiencia operativa, que corresponde con un nivel de adopción inicial y condice con lo visto globalmente**.

De todas maneras, en su mayoría también coincidieron que **existen variables locales que no están presentes en otros países** y con las cuales tienen que lidiar en Vaca Muerta. En algunos casos, dichas variables existen en otras regiones aunque su incidencia no es tan determinante como en Vaca Muerta. Al parecer, estas diferencias no llegan a afectar de manera representativa el nivel de adopción pero pueden significar un mayor esfuerzo de los jugadores locales para estar al mismo nivel que el resto de la industria.

Veamos algunos comentarios de los entrevistados para entender mejor esta cuestión. Según Eugenio de YPF, Vaca Muerta nació con un pie tecnológico muy fuerte. Él tuvo la oportunidad de recorrer campos en Estados Unidos y mirar esto específicamente y considera que estamos bien en ese sentido. Nos comenta que **habrá algunos operadores mejores y otros peores, pero “promedio contra promedio” el nivel es similar y en algunos casos, incluso mejor**. Yendo al detalle, menciona que en cuestiones como monitoreo de subsuelo, sistemas productivos y gestión de logística, estamos muy bien. En lo que se refiere a medición de producción y la expansión del IIoT a un segundo o tercer anillo de equipos mediante Internet y el soporte de eso, en esos casos, entiende que otros países están mejores. Adicionalmente no tiene conocimiento de

que la industria esté utilizando redes 5G con IIoT genuino, tampoco utilizando IIoT contra servicios satelitales de manera masiva. Por esto, no ve que haya un *gap*. Retomando el comentario de que Vaca Muerta nació con un pie tecnológico fuerte, otro de los entrevistados, Federico de Tecpetrol, indica que Fortín de Piedra es un yacimiento nuevo, con lo cual considera que el grado de IIoT es comparable a nivel mundial.

Quienes marcaron una **diferencia con Medio Oriente** fueron Lucas de Cisco, Pablo de KPMG y Gonzalo de Accenture. Según ellos, la realidad es completamente diferente porque los volúmenes y costos de producción no se pueden comparar. De acuerdo con Gonzalo, **“en esos países está muy favorecida la adopción de tecnología porque cualquier pozo te paga lo que quieras básicamente”**. Para Pablo, hay soluciones que hoy en día no se repagan con los niveles actuales de producción y exploración, pero sí se pagarían si Vaca Muerta estuviera más desarrollada. Identificamos así, una primera diferenciación que se refiere al volumen de producción actual de Vaca Muerta y su impacto en la adopción.

Siguiendo con las **diferencias** identificadas por Gonzalo, hablando específicamente del **no convencional de Estados Unidos**, menciona 3. **La primera es la barrera del conocimiento; la segunda, es la capacidad de generación de tecnología e infraestructura y por último, la respuesta de la industria frente a los vaivenes económicos**. Gonzalo entiende que Estados Unidos tiene una barrera menor en cuanto a la disponibilidad de recursos con nuevos conocimientos aplicados a la industria. A su vez, la generación de tecnología y el nivel de infraestructura están más desarrollados y más cercanos. No es un hecho menor contar con el “músculo” del Silicon Valley en el mismo país. Para completar, la industria parece tener una base más sólida para sobrellevar los cambios económicos.

En sintonía con este último comentario, tanto Lucas como Pablo mencionaron el contexto económico local como una variable diferenciadora. En este sentido, Lucas comenta que al ser proyectos largos, **la inestabilidad económica juega un papel clave ya que es más riesgoso invertir si no están dadas las condiciones**. Pablo complementa este punto indicando que los cambios frecuentes de reglas de juego y el mercado regulado, desalientan las inversiones y cualquier tipo de adopción tecnológica. Más allá de estas diferencias, Pablo también nos indica que **Vaca Muerta es una formación no convencional de relevancia en el mundo y los desafíos que enfrenta son de grado mundial**. Tanto es así que ha recibido requerimientos locales que Cisco, a nivel global,

nunca había enfrentado. Por ello, en las propias palabras de Lucas, **“en *upstream*, no me parece que estamos mal”**.

Un punto de vista interesante es el que aporta Mauricio de Practia. A su entender, **puede haber algunas experiencias que estén 1 o 2 escalones por encima de lo que se está haciendo en Argentina, pero también indica que la pandemia ha ayudado a homogeneizar y democratizar eso**. Adicionalmente, cree que el nivel extraordinario del capital humano argentino colabora con la adopción de tecnología. Esto se complementa con una red universitaria muy potente y actualizada que ayuda a no quedarse relegados. Por el lado del contexto país, si bien hay limitaciones a las importaciones, problemas cambiarios y de reservas que requieren de un trabajo extra teniendo en cuenta que algunos servicios y equipamientos se pagan en dólares, aclara que no es un impedimento superlativo. Concluye diciendo que tiende a pensar que no estemos en el *top level* pero claramente estamos en el escalón siguiente.

Un aporte distinto sobre este tema es el que hace Javier de Exxonmobil. Según este entrevistado, **el avance o no de soluciones como IIoT en Vaca Muerta depende, sobre todo en las grandes operadoras internacionales, del plan global de digitalización que pueda llegar a tener la empresa**. Así, según la prioridad asignada a Vaca Muerta en ese plan de digitalización, se define el ritmo de adopción frente a otras unidades de negocio de otros países. De esta forma, cuanto más atractivo sea el desarrollo de Vaca Muerta, mayor será su prioridad y más rápido se implementarán este tipo de soluciones.

Para finalizar, **la perspectiva obtenida de los proveedores de telecomunicaciones es un poco menos alentadora**. Eduardo de Telcosur entiende que la adopción de soluciones de IIoT sobre redes de proveedores en Vaca Muerta, es muy baja. Por su parte, Walter de CABASE y CAIoT, nos comenta que si bien las plantas de YPF, Tecpetrol y Vista están dotadas de tecnologías recientes por ser nuevas, no cuentan con cobertura celular y eso le saca posibilidades. Esto coincide con la opinión de Eugenio de YPF y por lo tanto, podemos decir que en lo que refiere a este tipo de soluciones, existe una diferencia más marcada. Tanto Eduardo como Walter lo atribuyen a idas y vueltas en políticas energéticas que han ralentizado las inversiones de los operadores. Eduardo lo explica claramente: **“de la Vaca Muerta que imaginamos hace 2 o 3 años, notamos que a nivel macro económico, puede haber algunos desarrollos que no están impulsados como imaginábamos.”**

Así concluimos que **no existen grandes diferencias en cuanto al grado de adopción de IIoT entre Vaca Muerta y otros países, aunque observamos algunas excepciones como es el caso de Oriente Medio y lo referido a soluciones de IIoT que utilicen proveedores de telecomunicaciones.** Esta afirmación está validada fundamentalmente por las semejanzas en el tipo de soluciones en uso en Vaca Muerta y el resto del mundo, la etapa de adopción y la opinión de los entrevistados. A su vez, **existen variables locales que exigen un mayor esfuerzo de los jugadores locales para estar en un nivel similar al del resto de la industria.** Entre ellas, encontramos: falta de claridad en políticas energética, regulación de mercado, inestabilidad económica, limitación a importaciones, problemas cambiarios, bajo volumen de producción y exploración, falta de recursos con ciertos conocimientos, baja capacidad de generación tecnológica, poca infraestructura, baja conectividad y despliegue de redes. Sin embargo, al parecer, estas diferencias no llegan a afectar de manera representativa el nivel de adopción. A continuación mostramos la tabla 11 donde se puede visualizar de forma clara las variables tenidas en cuenta en nuestro análisis.

<p>Variables que sustentan un nivel de adopción similar entre Vaca Muerta y otras regiones</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Los casos de uso identificados en Vaca Muerta coinciden con los existentes a nivel mundial. - Según lo analizado en el marco teórico, la etapa de adopción mundial es inicial, preparatorio y apunta a la eficiencia operativa. Esto coincide con lo relevado en Vaca Muerta. - A excepción de los entrevistados relacionados con las telecomunicaciones, la opinión general de los expertos es que el nivel es similar. - La presencia de multinacionales y joint-ventures en Vaca Muerta asegura que se utilicen las mismas tecnologías que en otras regiones. - Al ser una formación de reciente explotación, la mayoría de las plantas y pozos son nuevos y cuentan con un nivel tecnológico relativamente alto. - Existencia de capital humano actualizado a nivel nacional.
<p>Diferencias regionales específicas</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Oriente Medio: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Volúmenes de producción y márgenes de ganancia no comparables que favorecen la adopción tecnológica. - Estados Unidos (no convencional): <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mayor infraestructura ▪ Menor barrera de conocimientos ▪ Menores vaivenes económicos con una industria más consolidada ▪ Mayor uso de Internet como parte de las soluciones. Mejor cobertura de telecomunicaciones.
<p>Variables locales que exigen mayor esfuerzo de los jugadores en Vaca Muerta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de claridad en políticas energética - Regulación de mercado - Inestabilidad económica, limitación a importaciones y problemas cambiarios - Bajo volumen de producción y exploración - Falta de profesionales con ciertos conocimientos - Baja capacidad de generación tecnológica - Poca infraestructura - Baja conectividad y despliegue de redes

Tabla 11. Variables analizadas en la comparativa entre Vaca Muerta y otras regiones (elaboración propia)

Hasta aquí hemos hecho una comparativa entre Vaca Muerta y lo relevado en la industria a nivel global. De esta forma, respondimos una de las preguntas de investigación de este trabajo que está enfocada a entender si grado de adopción de IIoT en Vaca Muerta es similar a lo observado a nivel mundial en la industria del Petróleo y Gas o existen variables locales que determinen una diferenciación. Nos proponemos en las próximas sesiones responder los otros interrogantes de esta tesis relacionados con beneficios y desafíos del IIoT.

5.5. Beneficios y ventajas del IIoT

Siguiendo con las preguntas de investigación de este trabajo, en este apartado presentaremos los beneficios más importantes que pueden aportar las diferentes soluciones de IIoT para la industria del Petróleo y Gas en Vaca Muerta. A partir de las entrevistas realizadas, pudimos capturar una amplia gama de beneficios que los agrupamos en la figura 58. El gráfico representa la cantidad de menciones a cada beneficio relevadas en las entrevistas con los expertos.

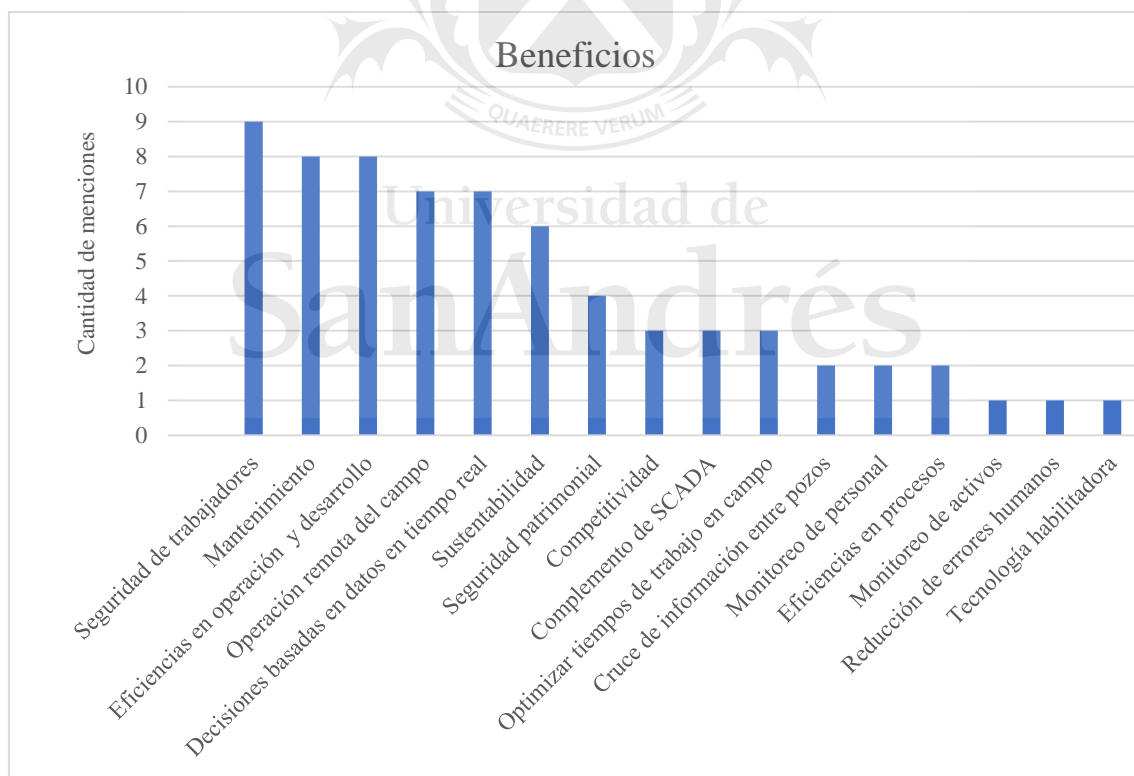


Figura 58. Principales beneficios de IIoT en Vaca Muerta (elaboración propia). El gráfico representa la cantidad de menciones a cada beneficio en las entrevistas con los expertos.

Es evidente que la **seguridad de los trabajadores** está en la mente de la gran mayoría de los entrevistados. La seguridad en la industria estudiada hace parte de la cultura de las organizaciones y esto se vió reflejado en nuestras entrevistas. Sin embargo,

no vimos muchas soluciones implementadas que apunten a garantizar la seguridad de los trabajadores de forma directa, como los botones de pánico. De todas formas, entendemos que todo lo relativo al monitoreo y gestión remota de pozos, sí aporta a la seguridad de forma indirecta, ya que elimina o reduce la presencialidad en entornos peligrosos. Algo similar es mencionando por Gonzalo de Accenture, y al respecto, nos comentó que observa bastante publicidad pero poco desarrollo en todo lo que se refiere a trabajadores conectados e IIoT para prevención de accidentes. Vinculado con este beneficio, también relevamos la posibilidad del **monitoreo de personal**. En este último caso, el monitoreo tiene dos finalidades: seguridad de los trabajadores, ya que se puede conocer su ubicación, pero también asegurar que la inversión en horas hombre de las empresas contratadas se cumplan.

Dentro de la categoría de **mantenimiento**, escuchamos distintas variantes, algo similar a lo que relevamos en el marco teórico. Los entrevistados mencionaron la detección temprana de fallas, la posibilidad de hacer mantenimientos preventivos, minimizar las paradas de producción y reducir el tiempo de respuesta. También en esta categoría, se mencionó el “**poder del 1%**”. Como vimos en el marco teórico, debido al volumen que maneja la industria en casi todas sus variables, una mejora de 1% en cualquiera de ellas, representa magnitudes considerables de ahorro y esto fue mencionado por varios entrevistados.

Lo relacionado a **eficiencias en operación y desarrollo** contempla poder planificar mejorar estas actividades y poder contar con el monitoreo de la perforación, *fracking*, *pulling* y otras actividades de pozo. De la mano con esta categoría, también fueron mencionados los beneficios de la **operación remota del campo**. Recordemos el caso de uso de YPF, que cuenta con salas de gestión remota desde Neuquén. Un dato no menor al respecto de este beneficio fue señalado por Mauricio de Practia. Según Mauricio “**el Upstream petrolero pasó exitosamente su bautismo de fuego que fue la pandemia, porque pudo seguir operando, en mucho casos, en forma tele supervisada y en forma remota y eso permitió continuar con el abastecimiento energético**”.

Por otro lado, vemos un grupo de beneficios que están directamente relacionados al **aumento de la producción**. Por ejemplo, las **decisiones basadas en datos en tiempo real** son utilizadas por YPF para orientar geológicamente la perforación de los pozos y tiene en cuenta datos sísmicos. De la misma forma, la **comparación entre datos de pozos** tiene el poder de maximizar la producción ya que permite aplicar las técnicas más

apropiadas para la operación e intervención de pozo, sacando conclusiones de lo observado en otros del mismo yacimiento.

Adicionalmente, un beneficio que goza de varias menciones, es el aporte a la **sustentabilidad de las empresas**. Es un tema interesante y que lo abarcamos en el capítulo de tendencias de la industrial. Hace parte de esta categoría todo lo que se refiere a lograr reducciones de las emisiones de CO₂, minimizar el ventileo de gases en campo, minimizar los escapes y derrames de hidrocarburos. En definitiva, **reducir al máximo el impacto ambiental de la industria y poder alcanzar la meta de incidentes cero**.

Una cuestión particularmente importante para Vaca Muerta es la **seguridad patrimonial**. Independientemente si la solución es el tracking remote de activo o el uso de cámaras de video como sensores, lo importante es controlar los hurtos. Según Lucas de Cisco, lamentablemente los robos son moneda frecuente en la región. Y en particular Eduardo de Telcosur, sostiene que este es uno de los principales argumentos de venta de las soluciones que están presentando a sus clientes.

Optamos, a su vez, por presentar por separado la categoría “**complemento del sistema SCADA**”. Podríamos haber incluido la misma dentro de alguna de las categorías ya mencionadas pero varios entrevistados destacaron las oportunidades existentes y quisimos así destacar esta ventaja. Eduardo de Telcosur argumenta que al contrario de los sistemas SCADA, que son rígidos, de despliegue costoso y con restricciones de alimentación eléctrica, las soluciones de IIoT, con sensores más económicos y de rápido despliegue, son el complemento ideal para usos no críticos. Así, se lograría cubrir un anillo más amplio del yacimiento y expandir el monitoreo.

Un último beneficio que fue mencionado por Lucas de Cisco es el potencial de IIoT de actuar como una **tecnología habilitadora de un abanico de soluciones** sobre las cuales podés medir y sacar información que antes no se tenía. Para este experto, la extracción no convencional requiere un mayor nivel de control y eso obliga a pensar más a nivel tecnológico cómo resolver ese desafío, siendo el IIoT un aliado importante. Entendemos de sus comentarios que al contar con una red interconectada de sensores con capacidad analítica, que hacen uso de inteligencia artificial, es posible ir agregando nuevas soluciones, con otros sensores, sobre la misma infraestructura y así, asistir cada vez más la operación.

Para finalizar, algo que observamos de forma general es que **la mayoría de los beneficios mencionados están directamente relacionados a las reducciones de costos y optimizaciones operativas y de desarrollo**. Este hecho no debe llamarnos la atención ya que junto con los beneficios de seguridad, fueron los 2 principales motivos de adopción de IIoT encontrados en el marco teórico. Veamos a continuación cómo los beneficios relevados en las entrevistas se comparan con los del marco teórico.

5.5.1. Cuadro comparativo con datos del marco teórico

A continuación, realizamos una comparación entre los principales beneficios identificados en el marco teórico (sección 4.3.3) y los hallados a partir de las entrevistas realizadas. La tabla 12 presenta la comparación realizada en función de la dimensión “Principales beneficios del IIoT en las empresas del sector petrolero” definida en la tabla 1 (cuadro de variables, dimensiones, indicadores e instrumentos). Esta dimensión se estableció como parte de la metodología de investigación, teniendo en cuenta las variables que se querían analizar en este trabajo de maestría.

Beneficios		Marco Teórico	Entrevistas
Reducción de costos y mejoras en eficiencias operativas	El poder del 1%	Sí	Sí
	Optimización operativa y mejora de procesos	Sí	Sí
	Monitoreo remoto	Sí	Sí
	Transformación del mantenimiento	Sí	Sí
Minimizar el impacto de la pérdida de personal experimentado		Sí	No
Mejorar la productividad		Sí	Sí
Incrementar ingresos corporativos		Sí	Indirectamente
Nuevas oportunidades de negocio		Sí	No
Mejorar la experiencia de clientes		Sí	No
Disminución de riesgos de salud y seguridad		Sí	Sí

Disminución del impacto ambiental	Sí	Sí
Seguridad patrimonial	No	Sí
Complemento de SCADA	Indirectamente	Sí
Competitividad	Indirectamente	Sí
Tecnología habilitadora	Indirectamente	Sí

Tabla 12. Comparativo de beneficios de IIoT (elaboración propia)

La tabla 12 presenta un listado con los principales beneficios del IIoT para *Oil & Gas* identificados durante el desarrollo del marco teórico. También se exponen algunos puntos que surgieron durante las entrevistas y que no se identificaron en el trabajo de investigación. La tabla 13 muestra la cantidad de beneficios capturados y algunas comparaciones entre el marco teórico y las entrevistas. Según los resultados obtenidos, el 79% (11 sobre 14) de los beneficios planteados (directa o indirectamente) en el marco teórico son vistos como ventajas para el uso de IIoT en Vaca Muerta. A su vez, 21% (3 sobre 14) de dichos beneficios (minimizar el impacto de la pérdida de personal experimentado, nuevas oportunidades de negocio y mejorar la experiencia de clientes) no fueron mencionados por ninguno de los entrevistados. Por su parte, la seguridad patrimonial, un aspecto que no fue incluido en el marco teórico, fue mencionada por algunos de los entrevistados varias veces.

Cantidad total de beneficios identificados en el Marco Teórico y en las entrevistas	15
Cantidad de beneficios identificados en el Marco Teórico	14
Cantidad de beneficios identificados en las entrevistas	12
Cantidad de beneficios identificados en el Marco Teórico que también fueron nombrados en las entrevistas.	11
Cantidad de beneficios identificados en el Marco Teórico que no fueron nombrados en las entrevistas.	3
Cantidad de beneficios nombrados en las entrevistas que no fueron identificados en el Marco Teórico.	1

Tabla 13. Resumen de cantidad de beneficios de IIoT (elaboración propia)

Considerando lo expuesto en el marco teórico, encontramos como coincidencia el hecho de que la reducción de costos, la optimización operativa y de desarrollo y la seguridad de los trabajadores, son las principales ventajas del IIoT. De esta forma, se

transforman en los motivos fundamentales de adopción de las soluciones. Sobre los 3 elementos que no surgieron en las entrevistas, hay 2 de ellos: nuevas oportunidades de negocio y mejorar la experiencia de clientes, que pueden estar relacionados con un aspecto visto en el marco teórico y que tiene que ver con la evolución de los beneficios en función de la etapa de adopción. De acuerdo al estudio realizado por el World Economic Forum, en una primera etapa de adopción, los beneficios apuntan a la eficiencia operativa y en la siguiente etapa, apuntan a nuevos productos y servicios. Como vimos anteriormente, Vaca Muerta está claramente en una etapa inicial de adopción y es por ello que beneficios relacionados con etapas más avanzadas quizás no suelen estar presentes entre los expertos locales. De más está aclarar, que el hecho de que la seguridad patrimonial figure entre las menciones de los entrevistados pero no haya tenido relevancia en la investigación del marco teórico, corresponde a una realidad lamentable de nuestro país.

Como vimos hasta ahora, muchos son los beneficios relacionados al IIoT. Sin embargo, la literatura estudiada también muestra que existen diversos desafíos que deben ser considerados antes de invertir en estos sistemas. Analizaremos algunos de ellos en la siguiente sección.

5.6. Barreras y desafíos del IIoT

La última pregunta de investigación que nos resta por responder es cuáles son los principales desafíos y/o barreras que limitan la adopción de soluciones de IIoT en la industria del Petróleo y Gas en Vaca Muerta. A partir de las entrevistas realizadas, indagamos sobre este tema y agrupamos las diversas respuestas en categorías, las cuales presentamos en la figura 59. El gráfico representa la cantidad de menciones a cada barrera o desafío relevadas en las entrevistas con los expertos.

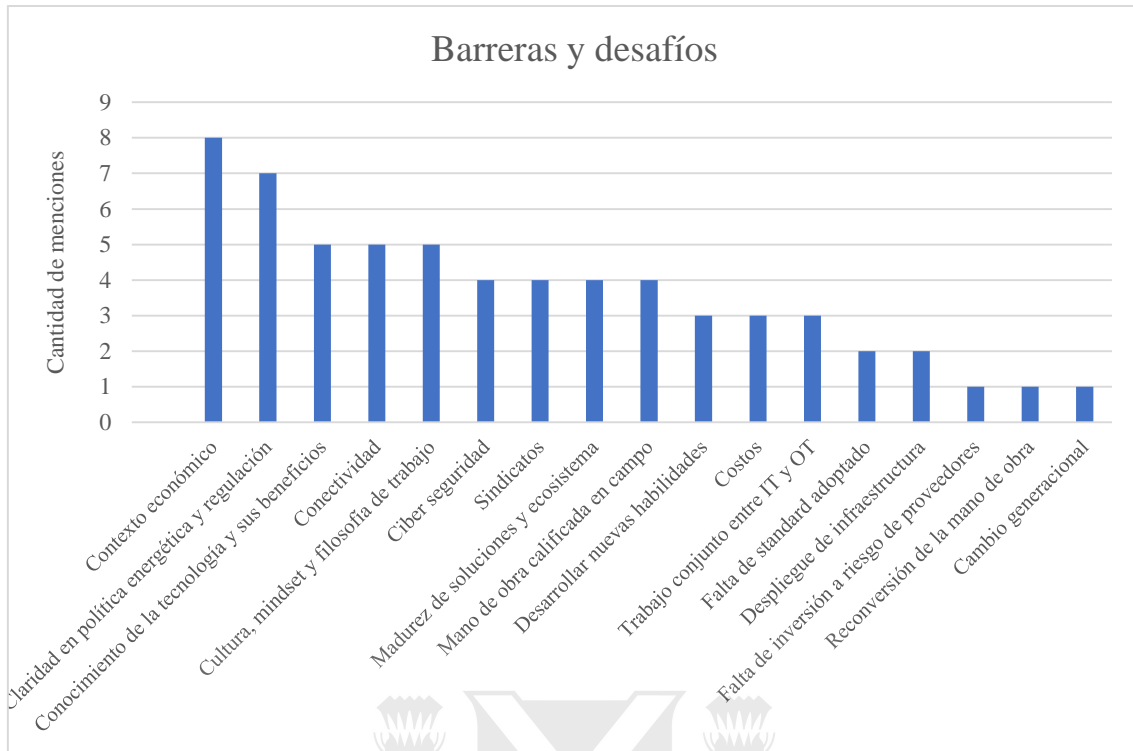


Figura 59. Barreras y desafíos de IIoT en Vaca Muerta (elaboración propia). El gráfico representa la cantidad de menciones a cada barrera o desafío en las entrevistas con los expertos

Existen 2 factores que se destacan por sobre los otros: el **contexto económico y la falta de claridad relacionada a políticas energéticas y regulación**. El primero, según los entrevistados, tiene una componente global ya que la industria está atravesando una difícil situación que fue resaltada en el capítulo “2. Situación global de la industria del petróleo y gas”. Pero también posee una componente local. Las limitaciones a ciertas importaciones, los problemas cambiarios y de reserva, son algunos de los ejemplos que pudimos capturar. Relacionado con lo económico pero dentro de lo que identificamos como la falta de claridad en políticas energéticas y marco regulatorio, está la ausencia de un horizonte claro de incentivo al desarrollo de Vaca Muerta. Esto es necesario para que las empresas puedan invertir y recuperar su capital. Para Pablo de KPMG, los cambios frecuentes en las reglas de juego hacen que las empresas pierdan confianza y terminen retrasando o cancelando las inversiones previstas. Eduardo de Telcosur lo resume de la siguiente forma: **“Lo que estamos viendo es que ha habido idas y vueltas en políticas energéticas y eso ha ralentizado los proyectos de inversión que tienen muchos productores. De la Vaca Muerta que imaginamos hace 2 o 3 años, notamos que a nivel macro económico, puede haber algunos desarrollos que no están impulsados como imaginábamos”**. Adicionalmente, existen otras 2 categorías que fueron menos citadas pero que están relacionadas con las descriptas anteriormente. Se trata de la **falta**

de inversión a riesgo en el país por parte de los proveedores de soluciones, tema mencionado reiteradas veces por Walter de CABASE, y las **cuestiones sindicales** que traban la adopción de algunas de las soluciones. Según Walter, los actores del ecosistema local que están creando pequeñas soluciones de IIoT, no tiene el soporte necesario para hacer las inversiones en este contexto de alto riesgo y eso disminuye las chances de éxito de esta tecnología. Con respecto a los sindicatos, Gonzalo de Accenture, nos compartió que algunas de las soluciones de monitoreo con uso de cámaras y detección de rostros, seguramente van a encontrar trabas. En este mismo sentido, Martin Wessel aporta que el accionar de los sindicatos es una barrera mundial, pero en Argentina es particularmente relevante.

La siguiente categoría se refiere a la **falta de conocimiento de la tecnología y sus beneficios** por parte de las empresas. Eduardo de Telcosur, Walter de CABASE y Lucas de Cisco nos comentaron que hoy en día es muy difícil poder vender un proyecto si no se realiza una prueba concepto y se demuestra su uso y los beneficios. Por otra parte, Javier de Exxonmobil y Eduardo de Telcosur también coinciden que desde el lado de quienes están tratando de impulsar el despliegue, se debe contar con la capacidad para transmitir los beneficios al potencial cliente o quienes toman las decisiones en las empresas. Estos aspectos están relacionado a un tema que vimos en marco teórico, referido a las **dificultades de establecer los casos de negocio**. De esta forma, sin una buena comprensión entre los C-levels de los usos y beneficios, es menos probable que la adopción sea exitosa.

Desde el punto de vista técnico, varios factores fueron mencionados. En orden de cantidad de menciones, tenemos la **falta de conectividad en campo**, ya sea mediante redes móviles (LTE, 4G, 5G) o protocolos específicos de IoT como LoRA y SigFox. Este aspecto predomina entre los entrevistados más relacionados con los proveedores de servicios. Sigue un tema que fue muy destacado en el marco teórico, como ser la **ciber seguridad**. De acuerdo con Pablo de KPMG, no existe ningún negocio o producto de IoT, por mejor que sea, que resista la falta de ciber seguridad. Además aclara que en la industria, el C-level lo tiene incorporado y toda implementación de tecnología tiene que ir acompañada de ciber seguridad. Lucas de Cisco aporta un comentario interesante sobre las restricciones de trabajar con datos de sistemas críticos (relacionados a la operación de campo) en la nube, justamente por cuestiones de ciber seguridad que no están garantizadas. Este experto explica que el uso de las herramientas en la nube y sus

capacidades, hace que sean la forma más eficiente de desplegar soluciones de IIoT. Sin embargo, hay limitaciones de ciber seguridad que no están resueltas e impiden su uso. Luego de este aspecto, tenemos la **falta de madurez de las soluciones**. De acuerdo a Javier de Exxonmobil, existe una amplia oferta de soluciones de IIoT pero no todas cumplen con los requerimientos técnicos que imponen la industria. Según Javier, algunas veces tiene que ver con la seguridad de los datos pero otras veces con la compatibilidad de las redes existentes o la escalabilidad. Lucas de Cisco comenta que la falta de madurez hace que quienes tienen que tomar las decisiones en las empresas, sean conservadores y aguarden a que haya un ganador entre las soluciones y protocolos. El costo de yerrar es muy elevado y eso impacta la adopción. Relacionado con este tema, tenemos el problema de la **falta de un estándar adoptado en la industria**. Sobre esto, Lucas comenta que si bien hay estándares, no hay uno que haya sido adoptado de forma masiva. Sin contar con esta definición es difícil que los clientes implementen soluciones a gran escala ya que lo que buscan es poder maximizar su inversión y que su red sea compatible con cualquier sensor o solución. El último aspecto técnico mencionado fue la dificultad o **falta de infraestructura**, como por ejemplo, la dificultad de proveer alimentación eléctrica a estas soluciones en campo.

Una barrera o desafío importante que apareció también cuando cubrimos el capítulo de transformación digital es la cuestión **cultural, el cambio de *mindset* o paradigma, que conlleva una nueva filosofía de trabajo**. Hubo muchos comentarios al respecto de esto pero queremos destacar el aporte de Gonzalo de Accenture, Mauricio de Practia y Eugenio de YPF. Para empezar, Gonzalo indica que trazada la estrategia de adopción de las tecnologías digitales, entre ellas el IIoT, es importante entender el cambio de filosofía de trabajo que eso implica. Es muy distinto gestionar remotamente un campo de exploración porque implica abandonar las reuniones de jefe de producción y cuadrilla en campo a la mañana, implica aceptar que un cerebro analítico tome decisiones e indique recorrido de cuadrillas y probablemente implique restar poder a algunas áreas y sumarles a otras, con todo lo que eso significa. A esto, se suma el aporte de Mauricio, que indica que en esta industria, se valora muchísimo la experiencia en campo y el conocimiento empírico. Pero como este tipo de soluciones viene a complementar la toma de decisiones, puede ser visto como una amenaza. Según Mauricio, la enorme cantidad de datos en tiempo real, sumado a las herramientas de la ciencia de datos, permite hacer análisis que supera la capacidad humana y se requiere de un cambio cultural para **dejar de ver la**

tecnología como una amenaza y empezar a verla como una complementación valiosa. Por último, Eugenio plantea un desafío más profundo. Propone empezar a pensar las cosas de una forma distinta y sobre todo, **salir de modelos que son puramente determinísticos y pasar a tomar decisiones que tiene que ver con lo probabilístico.** Complementa su propuesta observando que hay otras industrias que se sienten cómodas con este tipo de decisiones pero para la petrolera, por ser conservadora, es novedoso. Agrega además que dentro de este cambio de paradigma hay 2 clases. La primera tiene que ver con aplicar estos cambios sobre cuestiones que a la industria le va mal y tiene que mejorarlas. E indica que esto es más fácil que lo segundo, que tiene que ver con cambiar aspectos que la industria ha hecho históricamente bien. Esto último es más complejo y difícil de soltar. Lo que quiere destacar Eugenio es el hecho de que a diferencia de otras industrias que se han transformado digitalmente por amenazas y crisis profundas, la industria petrolera nunca ha llegado a ese punto. Sin embargo, para Eugenio, **“por primera vez y de manera genuina, el mercado está viendo que la industria se transforma profundamente o va a tener un problema de sustentabilidad fuerte”.**

Con un nivel menor de menciones pero también apuntado como un desafío, el **trabajo en conjunto entre IT (*Information Technology*) y OT (*Operation Technology*)** todavía tiene un camino que recorrer en Argentina para lograr que sea mancomunado. Existe todavía una pugna entre las áreas por el gobierno de las soluciones y eso no colabora a la hora de implementar IIoT. Para Pablo de KPMG, esto está relacionado con el cambio de “mindset” que mencionamos anteriormente. Por un lado, el personal de IT debe incorporar conocimientos sobre la realidad de campo para entender mejor los requerimientos y por otro, el equipo de OT debe ejercitar una apertura hacia nuevas tecnologías y formas de trabajo a las cuales no están acostumbrados. Sin el aporte de ambas partes, el uso masivo de IIoT seguramente fracasará.

Asimismo, existen barreras relacionadas con el **talento**. Entre ellas, observamos 3 aspectos principales: **la falta de mano de obra calificada en campo, el desarrollo de nuevas habilidades y el cambio generacional.** Este último se refiere a la dificultad de adopción tecnológica entre las personas de mayor edad que trabaja en la industria. Sobre el primer aspecto, Javier de Exxonmobil, nos comentó que todas las empresas e inclusive el Estado, compiten por los mismos recursos y como la oferta es menor a la demanda, se hace difícil mantener la estabilidad del personal. Con respecto a las nuevas habilidades de los profesionales, Gonzalo de Acceture lo describe como algo crítico. Para él, es

necesario un cambio en la formación de los empleados. Se necesita poder incorporar habilidades de *analytics*, *machine learning* y programación entre los profesionales de la industria. Desde ya aclara que hoy en día, no es fácil encontrar este tipo de perfiles en el mercado.

Para terminar, escuchamos entre los entrevistados la barrera de los **costos de este tipo de soluciones**. Al respecto, Lucas de Cisco y Pablo de KPMG coinciden que para poder iluminar el campo de forma extensiva, se requiere una inversión importante y por los motivos señalados anteriormente, las empresas son reticentes a hacerlo. Asimismo, nos comenta Javier de Exxonmobil que hay una gran distorsión de valores y casos de usos y cuando se evalúa el costo-beneficio, es difícil tomar una decisión. Cuando se pone sobre la mesa una inversión costosa a largo plazo, en el contexto cambiante que tenemos, es complicado presentar el caso de uso porque hoy se busca ser previsible y enfocarse en lo estrictamente necesario.

Presentadas las barreras y desafíos del IIoT en Vaca Muerta, a seguir haremos una comparación entre estos aspectos locales y los relevados a nivel global como parte del trabajo de investigación del marco teórico.

5.6.1. Cuadro comparativo con datos del marco teórico

A continuación, realizamos una comparación entre las principales barreras y desafíos identificados en el marco teórico (sección 4.3.4) y los hallados a partir de las entrevistas realizadas. La tabla 14 presenta la comparación realizada en función de la dimensión “Barreras para la adopción de IIoT en las principales empresas del sector petrolero” definida en la tabla 1 (cuadro de variables, dimensiones, indicadores e instrumentos). Esta dimensión se estableció como parte de la metodología de investigación, teniendo en cuenta las variables que se querían analizar en este trabajo de maestría.

Barreras	Marco Teórico	Entrevistas
Ciberataques	Sí	Sí
Dificultades para establecer casos de negocio	Sí	Sí
Regulación y privacidad de datos	Sí	Sí

Falta de estándares	Sí	Sí
Ecosistema, interoperabilidad y falta de capacidad analítica	Sí	Sí
Infraestructura obsoleta	Sí	No
Limitaciones técnicas o falta de madurez de las soluciones	Sí	Si
Liderazgo	Sí	No
Cultura	Sí	Si
Talento	Sí	Sí
Contexto económico	No	Sí
Claridad en política energética y regulación	No	Sí
Conectividad	No	Sí
Sindicatos	No	Sí
Costos	No	Sí
Trabajo conjunto entre IT y OT	No	Sí
Despliegue de infraestructura	No	Sí
Falta de inversión a riesgo	No	Sí

Tabla 14. Comparativo de barreras y desafíos de IIoT (elaboración propia)

La tabla 14 expone las principales barreras y desafíos del marco teórico y también algunos puntos que surgieron durante las entrevistas y que no se identificaron en el trabajo de investigación. La tabla 15 muestra la cantidad de barreras y desafíos capturados y algunas comparaciones entre el marco teórico y las entrevistas. Según los resultados obtenidos, el 80% (8 sobre 10) de las barreras planteadas en el marco teórico son vistas como dificultades para el uso de IIoT en Vaca Muerta. A su vez, 20% (2 sobre 10) de dichas barreras (infraestructura obsoleta y liderazgo) no fueron mencionados por ninguno de los entrevistados. Por su parte, existen varios aspectos que no fueron incluidos en el

marco teórico pero aparecieron como parte de las entrevistas. Éstos son: contexto económico, claridad en política energética y regulación, conectividad, sindicatos, costos, trabajo conjunto entre IT y OT, despliegue de infraestructura y falta de inversión a riesgo.

Cantidad total de barreras y desafíos identificados en el Marco Teórico y en las entrevistas	18
Cantidad de barreras y desafíos identificados en el Marco Teórico	10
Cantidad de barreras y desafíos identificados en las entrevistas	16
Cantidad de barreras y desafíos identificados en el Marco Teórico que también fueron nombrados en las entrevistas.	8
Cantidad de barreras y desafíos identificados en el Marco Teórico que no fueron nombrados en las entrevistas.	2
Cantidad de barreras y desafíos nombrados en las entrevistas que no fueron identificados en el Marco Teórico.	8

Tabla 15. Resumen de cantidad de barreras y desafíos de IIoT (elaboración propia)

De forma general, encontramos bastantes similitudes entre los temas cubiertos en el marco teórico y las entrevistas. Queda claro que las dificultades existentes a nivel global están presentes en Vaca Muerta. Sin dudas, esta es una de las razones que determinan que el nivel de adopción entre ambos entornos sea similar. Sin embargo, nos sorprende no haber identificados cuestiones relativas al liderazgo en las entrevistas realizadas. Este factor no solo lo tratamos en el capítulo 2.4, cuando cubrimos las barreras del IIoT, sino también en el capítulo 2.1, cuando hablamos sobre las claves del proceso de transformación digital. Lo planteamos como un interrogante a indagar con más detalle en futuras investigaciones. Por su parte, nos parece que la omisión entre los entrevistados sobre barreras relativas a la infraestructura obsoleta de las instalaciones, está directamente relacionada a que Vaca Muerta es una formación de reciente desarrollo. En este sentido, las instalaciones existentes son relativamente nuevas o muy nuevas y no deberían representar una barrera.

Como mencionamos, algunas barreras fueron encontradas en Vaca Muerta pero no identificadas en el marco teórico. Con la excepción de los costos y el trabajo en conjunto entre IT y OT, que son cuestiones universales, la mayoría de ellas coinciden con las variables locales que cubrimos en la sección “5.4. Comparación a nivel mundial y variables locales” y que exigen un mayor esfuerzo de los jugadores locales para estar en igualdad de condiciones que el resto de la industria. Las cuestiones de políticas

económicas, políticas de desarrollo de Vaca Muerta y la falta de inversión a riesgo son naturalmente del ámbito local y a éstas, se suman cuestiones sindicales que pueden existir en otras regiones pero son particularmente importantes en Argentina. Para finalizar, la falta de infraestructura es entendible por el entorno donde se encuentra Vaca Muerta. La lejanía con grandes centros urbanos y el ambiente desértico no ayudan a contar con una mayor infraestructura. Sin embargo, si lo contrastamos con el no convencional de Estados Unidos, cuyo crecimiento estuvo apalancado por un marco regulatorio maduro y atractivo para operadores y empresas de servicios, entendemos que es posible contar la infraestructura adecuada, a pesar del entorno natural adverso.

Para completar el análisis de las entrevistas, mostraremos a continuación, los factores críticos de éxito que identificamos en el trabajo de campo. Veremos que existe una relación directa con muchos de los puntos estudiados en el capítulo de Transformación Digital.

5.7. Factores críticos de éxito

Antes de meternos de lleno en la descripción de los factores críticos para el éxito del IIoT en Vaca Muerta, repasemos la definición de Transformación Digital. “La transformación digital es un proceso evolutivo que se apalanca en capacidades digitales y tecnologías para desarrollar nuevos modelos de negocio, procesos operacionales y experiencias del cliente y así crear valor” (Morakanyane et al., 2017, p.437). Si tenemos en cuenta que el IIoT es un sistema compuesto por múltiples tecnologías cuyo objetivo final es optimizar el valor de la producción industrial, vemos que ambos conceptos comparten muchos puntos en común. A nuestro entender, el IIoT es uno de los instrumentos con los que cuentan los líderes para lograr la Transformación Digital de la industria del petróleo y como tal, muchos de los factores críticos de éxito, coinciden con las claves del proceso de Transformación Digital que presentamos en el marco teórico.

Cuando describimos las claves del proceso de Transformación Digital, hablamos de las presiones (stakeholders, competencia, clientes y empleados, proveedores, regulación), la disponibilidad masiva de datos, la singularidad y exponencialidad como los disparadores de la transformación. También cubrimos los factores críticos, entre ellos: visión, liderazgo, esfuerzo, estrategia, cultura, capital humano, talento, *big data* y *analytics*, políticas de seguridad y privacidad, proceso de gobierno de cambios y KPIs y

finalmente incentivos monetarios y no monetarios. Como veremos a continuación, muchos de estos temas aparecieron en las entrevistas y también fueron mencionados como factores críticos de éxito para la adopción de IIoT. Veamos entonces cada uno de ellos.

La **estabilidad económica y políticas claras de incentivo al yacimiento Vaca Muerta** es fundamental para generar confianza en las empresas y así mantener sus planes de inversión e impulsar el desarrollo. Sin esto, como vimos, los proyectos se demoran o se cancelan y las operadoras se van a limitar a desplegar lo mínimo necesario. Por otra parte, sin un desarrollo extensivo del yacimiento, el volumen de producción se verá limitado y algunas soluciones como el IIoT pueden ser impactadas por cuestiones de costos. Adicionalmente, desde el punto de vista de los proveedores de servicios de telecomunicaciones y de acuerdo con Martin Wessel, si la adopción no es masiva, es poco probable que las empresas de servicio quieran invertir y por consiguiente, las redes no se van a desplegar.

De forma similar a lo que ocurre cuando no hay reglas claras en políticas energéticas, cuando las soluciones de IIoT no son lo suficientemente maduras y no hay un estándar adoptado, se demoran o se cancelan los proyectos. Quienes tienen que tomar las decisiones de incorporar una solución, quieren estar seguros que la inversión que están haciendo va a cumplir con los requerimientos de la industria (seguridad, escalabilidad, soportabilidad, compatibilidad, etc). Para que haya mayor confianza en las operadoras, la industria debería trabajar para **adoptar un estándar y contar con soluciones maduras** que garanticen su funcionamiento y mantenimiento.

Varios entrevistados también señalaron que es necesario **atacar una necesidad de negocio** para que haya una adopción del IIoT. De esa forma, existe una visión más ejecutiva, porque la tecnología viene a resolver un objetivo estratégico de la empresa. Si esto se cumple, la tecnología se paga sola y se adopta masivamente. Al contrario, cuando se conoce primero la tecnología y después se trata de aplicarla a diferentes ámbitos de la industria, es más difícil ver el caso de negocio. Para ponerlo de forma simple, hay que dejar de hablar de casos de uso, para enfocarse en los casos de negocio. Por otro lado, para poder identificar el IIoT como la respuesta a una necesidad, es necesario que haya un **mejor conocimiento del IIoT y sus beneficios** entre quienes toman las decisiones en

la industria. Las pruebas de concepto vienen a cumplir esta función y también fueron identificadas como un componente importante para la adopción.

Es imposible no mencionar los **cambios culturales y de filosofía de trabajo** en esta sección. Cuando cubrimos este tema en el capítulo de Transformación Digital, listamos la existencia de silos entre áreas y organizaciones poco flexibles al cambio, entre otros factores. Debemos recordar las menciones al trabajo en conjunto entre IT y OT como un desafío para Vaca Muerta y también los cambios en la forma de trabajo que implica la adopción de soluciones de IIoT. Según Mauricio de Practia, la enorme cantidad de datos en tiempo real, sumado a las herramientas de la ciencia de datos, permite hacer análisis que supera la capacidad humana y se requiere de un cambio cultural para dejar de ver la tecnología como una amenaza y empezar a verla como una complementación súper valiosa. Con respecto a la abundancia de información y la ciencia de datos, estos aspectos también fueron mencionados como disparadores y factores críticos para la Transformación Digital.

Otra de las coincidencias entre IIoT y Transformación Digital se refiere a los **talentos**. Para el caso de IIoT en Vaca Muerta, aumentar la disponibilidad de trabajadores capacitados en campo, reducir su rotación y complementar la formación de los profesionales de la industria con conocimiento en programación, inteligencia artificial, analytics y ciencia de datos, es clave para la incorporación de soluciones como el IIoT. Adicionalmente impulsar el cambio generacional será fundamental para adoptar las soluciones ya que también vimos que las presiones de los empleados es un disparador de la transformación.

Por otro lado, cuando hablamos de Transformación Digital en el marco teórico, dijimos que la innovación reside en su corazón, es la piedra fundamental y debe ser su foco estratégico. En nuestra investigación, también se hizo presente este tema y algunos entrevistados plantearon que es necesario **favorecer la innovación e incluso crear ámbitos de co-innovación o realizar trabajo colaborativos** entre todos los actores del ecosistema de Vaca Muerta. Esto no sólo incluye a las operadoras, sino a los proveedores de servicios y el Estado. En este sentido, Pablo de KPMG destaca la capacidad del capital humano nacional y propone invertir ese capital en I+D (Innovación y Desarrollo).

Asimismo, contar con una **estrategia de digitalización** es clave. Gonzalo de Accenture aclara que esa estrategia tiene que estar definida en conjunto entre los VPs y el COO para soluciones como el IIoT. Debe además quedar claro, dentro del plan estratégico, todas las capacidades que se quiere tener (monitoreo, capacidad analítica, que sea automática, etc) y entender las consecuencias para los empleados, ya que impactará en la forma de trabajo.

Por último, pero no por ello menos importante, Eugenio de YPF propuso que debe haber una **transformación digital profunda de la industria**. Y agrega que tiene que ir acompañada de un cambio cultural y de paradigma para que sea exitosa. Para este entrevistado, la transformación no se limita a la digitalización de datos (algo que está muy avanzada en el caso de YPF en Vaca Muerta). Debe abarcar la digitalización masiva de los procesos y la toma de decisiones basadas en datos probabilísticos. Eugenio es optimista sobre este cambio y nos cuenta que “las necesidades de sustentabilidad de la industria nos están forzando a ir a lugares incómodos, a escuchar y tomarnos en serio opciones que antes preferíamos evitar”. Entendemos de los comentarios de Eugenio que si se concretiza esta transformación profunda, el IIoT y otras soluciones digitales tendrán mayor probabilidad de éxito en la industria.

Como síntesis de esta sección, contruimos la tabla 16 en donde priorizamos los factores de éxito según criticidad. A su vez, los diferenciamos entre “urgentes” e “importantes” en función de lo observado en las entrevistas y los conceptos estudiados en el marco teórico sobre transformación digital.

Criticidad	Clasificación
1. Estabilidad económica y políticas claras de incentivo al yacimiento Vaca Muerta	Urgente
2. Cambios culturales y de filosofía de trabajo	Urgente
3. Contar con una estrategia de digitalización	Urgente
4. Talentos (nuevas capacidades y disponibilidad)	Urgente
5. Favorecer la innovación y crear ámbitos de co-innovación y colaboración	Importante
6. Transformación digital profunda de la industria	Importante
7. Atacar una necesidad de negocio	Importante
8. Mejorar el conocimiento del IIoT y sus beneficios en las empresas	Importante
9. Adoptar un estándar y contar con soluciones maduras	Importante

Tabla 16. Factores de éxito según criticidad (elaboración propia)

Evaluados los factores críticos de éxito para la adopción de IIoT en Vaca Muerta, concluimos el capítulo de estudio de campo y análisis de resultados de este trabajo. De forma adicional, agregamos en el **anexo 8.5** la visión de CABASE y CAIoT de la mano de Walter Tourn, COO de CABASE y colaborador de CAIoT. Debido a la reciente creación de la Cámara Argentina de IoT (CAIoT), nos pareció interesante incluir un anexo para entender el motivo de su creación y el por qué de la elección de Vaca Muerta como sede para el evento anual de IoT en 2019.



6. Conclusiones y recomendaciones

Este trabajo de investigación se llevó a cabo con el objetivo de describir y analizar los beneficios y barreras relacionados con la adopción de soluciones de *Industrial Internet of Things* en la industria del Petróleo y Gas en Vaca Muerta. De forma adicional, se buscó estudiar los desafíos que enfrentan las empresas que operan en esa región y entender cuál es el nivel de adopción de IIoT en Vaca Muerta y el contraste con el resto de la industria a nivel mundial. Un mirada rápida al contexto global de la industria de *Oil & Gas*, basta para poner en evidencia la necesidad de evaluar alternativas para lograr eficiencias en los entornos productivos y extender las prácticas digitales en toda la cadena de valor del sector petrolero y así asegurar la sustentabilidad de la industrial. Es por ello que una de las tendencias que viene a contribuir en este sentido, son las soluciones de *Industrial Internet of Things*.

A pesar de la compleja situación por la que está atravesando el sector petrolero, con bajas de precios en el crudo, sobre oferta de LNG, nuevas fuentes de hidrocarburo (no convencionales y *off-shore*), exigencias de menores emisiones, transición a energías más limpias y el reciente impacto en la demanda por la pandemia, las empresas han empezado a reconocer que para competir en la era digital, van a requerir transformar su modelo de negocios, procesos y operaciones. Por primera vez, la sustentabilidad de la industria petrolera está en juego y las empresas no son ajenas a la necesidad imperiosa de incorporar nuevas tecnologías digitales. Por ello, algunos autores destacan que el IIoT, ha experimentado un importante crecimiento últimamente. Específicamente en lo que respecta a *Oil & Gas*, el IIoT tiene un gran potencial para la reducción de costos, mejorar la eficiencia operativa, aumentar la productividad y garantizar la seguridad en el entorno de trabajo. Sin embargo, existen desafíos que enfrentan las empresas cuando quieren poner en práctica la aplicación de herramientas tecnológicas como el IIoT.

A través del análisis de documentos bibliográficos, *papers* y entrevistas a referentes en la industria de petróleo y gas, así como expertos en IIoT, pudimos establecer el nivel de adopción de IIoT en Vaca Muerta, identificar los principales casos de uso y los criterios de adopción más frecuentes. Asimismo, pudimos reconocer los beneficios y ventajas que el uso de esas soluciones pueden generar y, además, determinar los principales desafíos que enfrentan las operadoras de Vaca Muerta para su aplicación. Como complemento, logramos puntualizar los factores críticos de éxito para incentivar la adopción de este tipo de soluciones.

6.1. Abordaje de las preguntas de investigación

Para la realización del presente trabajo se establecieron tres preguntas como ejes centrales para la conducción de la investigación. Los capítulos dentro del marco teórico y el trabajo de campo permitieron abordar los tres aspectos fundamentales de dichas preguntas: comparación del grado de adopción de IIoT entre Vaca Muerta y el resto de la industria, identificación de beneficios y desafíos en torno de las soluciones de IIoT, haciendo foco en la situación particular de las operadoras de *Oil & Gas* presentes en Vaca Muerta. Veamos entonces las conclusiones a las que hemos arribado para cada una de las 3 preguntas de investigación.

6.1.1. Grado de adopción de IIoT en Vaca Muerta y su comparación a nivel mundial

De acuerdo a lo relevado en las entrevistas, pudimos identificar que la adopción de IIoT en Vaca Muerta tiene una característica particular. Tiene que ver con una diferenciación entre las soluciones que incorporan el uso de redes agnósticas de Internet, tal como la conocemos, en contraste con el uso de redes corporativas, propias de cada empresa. En este sentido, encontramos que el nivel de adopción de soluciones de IIoT que hacen uso de redes públicas de internet o mismo redes SigFox, LoRaWAN u otras similares, suministradas por un proveedor, es bajo. Existen soluciones en etapas exploratorias o que están aisladas y no se han desplegado de forma masiva. Por otro lado, cuando hablamos del uso de soluciones de IIoT sobre redes privadas LAN o Wireless LAN, no identificamos una consistencia en las respuestas. Concluimos que el nivel de adopción es moderado, siendo que algunas empresas están más avanzadas que otras. De forma general, existen soluciones en producción, sin embargo, por el tipo de casos de uso, corresponden a un perfil de adopción preparatorio o inicial.

Por otro lado, al igual que lo visto a nivel mundial en el marco teórico, la adopción es deficiente en general y carece de foco ya que las soluciones no se implementan de forma masiva y no están integradas entre sí. En este sentido, hemos visto que predomina los siguientes casos de uso: conectividad básica de dispositivos, monitoreo de activos en tiempo real e inteligencia operativa. Esto mismo se observa en la industria a nivel mundial y por eso entendemos que no existen grandes diferencias entre el nivel de adopción en Vaca Muerta y otras regiones comparables. En ambos casos, se encuentran en una etapa temprana o en vías de desarrollo, estando la mayor parte de las implementaciones

relacionadas con los niveles inferiores de la curva vista en el estudio de Bsquare (2017). No se encontraron ejemplos de soluciones con capacidad de automatizar o con inteligencia suficiente para la toma de decisiones de forma independiente en Vaca Muerta.

Continuando con la comparación a nivel mundial, algunos entrevistados marcaron ciertas diferencias con Oriente Medio, donde el volumen y tipo de producción no son comparables. En otros casos, mencionaron que podríamos estar un escalón debajo de la media, aunque confirmamos que las soluciones en uso en Vaca Muerta, conciben con lo visto globalmente. Por ello, no observamos grandes diferencias, a excepción de las soluciones que involucran a los proveedores de telecomunicaciones. Por las respuestas obtenidas de estos últimos, entendemos que sus expectativas era contar con un nivel mayor de adopción. Por otra parte, sí identificamos que existen variables locales que no están presentes en otros países y con las cuales tenemos que lidiar en Vaca Muerta. Entre ellas, encontramos: falta de claridad en políticas energética, regulación de mercado, inestabilidad económica, limitación a importaciones, problemas cambiarios, bajo volumen de producción y exploración, falta de recursos con ciertos conocimientos, baja capacidad de generación tecnológica, poca infraestructura, baja conectividad y falta de despliegue de redes. En algunos casos, dichas variables existen en otras regiones aunque su incidencia no es tan determinante como en Vaca Muerta. Al parecer, estas diferencias no llegan a afectar de manera representativa el nivel de adopción pero implican un mayor esfuerzo de los jugadores locales para estar al mismo nivel que el resto de la industria.

Para finalizar, por lo visto en el marco teórico, otras industrias han tomado la delantera en el uso de IIoT y si tenemos en cuenta la teoría de difusión de Rogers (1962), podemos decir que las manufacturas industriales y las empresas de *high tech* se encuentran entre las innovadoras o adoptantes tempranas, mientras que las petroleras, presentan un perfil imitador que corresponde a la mayoría tardía o en el mejor de los casos, una mayoría temprana.

6.1.2. Principales beneficios de IIoT para Vaca Muerta

A partir de la investigación realizada en el marco teórico y el resultado de las entrevistas, no caben dudas que el IIoT posee un enorme potencial para optimizar el valor del área productiva de la industria de *Oil & Gas*. En particular, el IIoT debe ser visto

como uno de los instrumentos con los que disponen los líderes para lograr la Transformación Digital de la industria del petróleo en Vaca Muerta.

En la tabla 17 se muestra la cantidad de beneficios capturados así como algunas comparaciones entre el marco teórico y las entrevistas. Como conclusión del trabajo en campo, encontramos que el 79% (11 sobre 14) de los beneficios planteados en el marco teórico son vistos como ventajas para el uso de IIoT en Vaca Muerta. Entre ellos: reducción de costos y mejoras en eficiencias operativas (incluye transformar la forma de realizar mantenimiento), mejoras en la productividad, incremento de ingresos corporativos, disminución de riesgos de salud y seguridad, disminución del impacto ambiental, complemento de los sistemas de SCADA, mejora de la competitividad de la industria y la visión de que se trata de una tecnología habilitadora. A su vez, 21% (3 sobre 14) de los beneficios del marco teórico (minimizar el impacto de la pérdida de personal experimentado, nuevas oportunidades de negocio y mejorar la experiencia de clientes) no fueron mencionados por ninguno de los entrevistados. Por su parte, la seguridad patrimonial, un aspecto que no fue incluido en el marco teórico, fue mencionada por algunos de los entrevistados en varias ocasiones.

	Beneficios identificados en el Marco Teórico	Beneficios NO identificados en el Marco Teórico	Total
Beneficios identificados en las entrevistas	11	1	12
Beneficios NO identificados en las entrevistas	3		3
Total	14	1	15

Tabla 17. Comparativa de beneficios de IIoT (elaboración propia)

Considerando lo expuesto en el marco teórico, encontramos como coincidencia el hecho de que **la reducción de costos, la optimización operativa y de desarrollo y la seguridad de los trabajadores, son las principales ventajas del IIoT**. De esta forma, se transforman en los motivos fundamentales de adopción de las soluciones. Al respecto de los 3 elementos que no surgieron en las entrevistas pero sí en el marco teórico, hay 2 de ellos: "nuevas oportunidades de negocio" y "mejorar la experiencia de clientes", que entendemos que están relacionados con la evolución de los beneficios en función de la etapa de adopción. De acuerdo al estudio realizado por el World Economic Forum (2017), en una primera etapa de adopción, los beneficios apuntan a la eficiencia operativa y en la siguiente etapa, apuntan a nuevos productos y servicios. Como vimos anteriormente,

Vaca Muerta está claramente en una etapa inicial de adopción y es por ello que beneficios relacionados con etapas más avanzadas quizás no están presentes localmente. El hecho de que la seguridad patrimonial figure entre las menciones de los entrevistados pero no haya tenido relevancia en la investigación del marco teórico, no sorprende. Se trata de una realidad lamentable de nuestro país.

En resumen, podemos decir que el conjunto de soluciones que componen el IIoT deben ser vistas como una oportunidad para transformar cualquier componente del ambiente productivo, en una fuente de información capaz de permitir a las empresas captar las ineficiencias y los problemas con anticipación, ahorrando tiempo y dinero y apoyando los esfuerzos de la inteligencia empresarial para aumentar la producción, y en el futuro, crear nuevas formas de negocio. Específicamente en lo que respecta a Vaca Muerta, IIoT tiene un gran potencial para minimizar las paradas no planificadas y así aumentar la productividad, realizar detección temprana de fallas, anticipar posibles paradas de extracción, optimizar procesos de mantenimiento y reparación, lograr eficiencias en operación y desarrollo de pozos, optimizar los tiempos de trabajo en campo, lograr tomar decisiones en tiempo real en base a datos, contribuir a la sustentabilidad de la industria, gestionar la operación de forma remota, mejorar el control, monitoreo y visibilidad sobre equipos críticos y personas, promover la trazabilidad y la eficiencia general de la cadena de suministros, disminuir el impacto ambiental, disminuir los hurtos y finalmente, transformar significativamente la seguridad y salud del personal.

Para finalizar, si tuviéramos que sugerir los beneficios claves para considerar como parte de un programa de implementación de IIoT en Vaca Muerta, nos enfocaríamos en los 3 que figuran abajo. Consideramos para esta elección, la etapa evolutiva de la adopción y la necesidad actual de la industria en contexto de pandemia.

- I. **Maximizar la operación remota de campo.** Entendemos que esto impacta en varios otros beneficios que son fundamentales en este momento de la industria: reducción de costos y seguridad de los trabajadores. La reducción al mínimo de la necesidad de personal y activos en campo aporta a la reducción de costos, reduce la exposición a áreas peligrosas y minimiza el contagio de COVID-19. Por otro lado, colabora con la problemática de la falta de mano de obra capacitada en campo y los errores propios del accionar humano.
- II. **Permitir tomar decisiones en tiempo real basada en datos.** Este beneficio es clave para optimizar la producción y el desarrollo de los pozos ya que se puede

realizar analítica con datos históricos, datos geológicos y cruzar datos entre pozos y observar los resultados en tiempo real. La consecuencia directa es la eficiencia operativa y de desarrollo, lo que se traduce en un aumento de la producción y nuevamente, en ahorros. El momento actual de la industria obliga a las empresas a priorizar las inversiones en los activos más rentables de su portfolio. Producir más y a menor costo es lo que impulsará el desarrollo de Vaca Muerta.

III. **Transformación del mantenimiento.** Una parada de producción por mantenimiento, una válvula defectuosa, una rajadura con escape de hidrocarburos, un recorrido de la cuadrilla de campo, etc. generan pérdidas de producción, pérdida de tiempo, posible impacto ambiental, posible peligro para los operarios, posible impacto en la opinión pública, entre otros problemas. Las empresas deben evaluar su histórico de mantenimiento y apuntar a soluciones preventivas que ataquen los costos de mantenimiento.

6.1.3. Principales desafíos y barreras de IIoT en Vaca Muerta

Como parte del trabajo de campo y de la literatura analizada, encontramos barreras y desafíos que dificultan y demoran el uso de soluciones de IIoT en la industria del petróleo y gas en Vaca Muerta. De forma general, encontramos bastantes similitudes entre los temas cubiertos en el marco teórico y las entrevistas. Según los resultados obtenidos (ver tabla 18), el 80% (8 sobre 10) de las barreras planteadas en el marco teórico son vistas como dificultades para el uso de IIoT en Vaca Muerta. En particular, comparten: ciberataques, dificultades para establecer casos de negocio, limitaciones en cuanto a la regulación y privacidad de datos, falta de estándares, ecosistema inmaduro, problemas de interoperabilidad y falta de capacidad analítica de las soluciones, limitaciones técnicas o falta de madurez de las soluciones, cuestiones culturales y limitaciones en cuanto al talento. A su vez, 20% (2 sobre 10) de las barreras enumeradas en el marco teórico, es decir, infraestructura obsoleta y cuestiones de liderazgo, no aparecieron en Vaca Muerta.

	Barreras y desafíos identificados en el Marco Teórico	Barreras y desafíos NO identificados en el Marco Teórico	Total
Barreras y desafíos identificados en las entrevistas	8	8	16
Barreras y desafíos NO identificados en las entrevistas	2		2
Total	10	8	18

Tabla 18. Comparativa de barreras y desafíos de IIoT (elaboración propia)

Un hecho destacado es que pudimos identificar 8 (ver tabla 18) aspectos que no fueron incluidos en el marco teórico pero surgieron como parte de las entrevistas. Algunos de ellos inclusive obtuvieron un alto grado de menciones entre los expertos. Éstos son: contexto económico global y local, falta de claridad en política energética y regulación, conectividad nula o casi inexistente en campo, oposición sindical a ciertas soluciones, costos elevado de las soluciones (principalmente por el despliegue de red), limitaciones en lo que refiere al trabajo conjunto entre IT y OT, despliegue de infraestructura y falta de inversiones a riesgo.

Retomando los 2 aspectos que no surgieron en las entrevistas, nos sorprende no haber identificados cuestiones relativas al liderazgo. Siendo uno de los factores claves para la transformación digital de las industrias, es un hecho que amerita un análisis más profundo en futuras investigaciones. Por otra parte, que no existan dificultades relativas a infraestructura obsoleta es claramente una ventaja que posee Vaca Muerta por ser una formación con un desarrollo reciente y contar con instalaciones relativamente nuevas.

Para terminar, queremos destacar los 10 aspectos que aparecieron con mayor relevancia para Vaca Muerta en este trabajo de investigación. Una mención especial merecen los primeros 2 factores que se destacan por sobre los otros: el contexto económico y la falta de claridad relacionada a políticas energéticas y regulación. Ambos, mencionados por la mayoría de los entrevistados. Luego, siguen: la falta de conocimiento de la tecnología y sus beneficios por parte de las empresas; la falta de conectividad en campo, ya sea mediante redes móviles (LTE, 4G, 5G) o protocolos específicos de IoT como LoRA y SigFox; la cuestión cultural, el cambio de mindset o paradigma, que conlleva una nueva filosofía de trabajo; limitaciones de ciber seguridad que no están resueltas e impiden el uso de IIoT; cuestiones sindicales que traban la adopción de algunas de las soluciones; la falta de madurez de las soluciones, donde no todas cumplen con los

requerimientos técnicos que imponen la industria y los aspectos relacionados con el talento, donde la falta de mano de obra calificada en campo y el desarrollo de nuevas habilidades son los dos aspectos más críticos.

Con todo lo expuesto anteriormente, se considera que se ha dado respuesta a todas las preguntas de investigación planteadas como parte de este trabajo.

6.2. Abordaje de los objetivos de investigación

Ya hemos justificado y mencionado que el objetivo general de este trabajo se ha alcanzado. Recordemos que se refiere a entender cuál es el nivel de adopción de IIoT y describir y analizar los beneficios y barreras relacionados con las soluciones de IIoT en Vaca Muerta. Sin embargo, también nos propusimos alcanzar objetivos específicos. Revisemos cada uno de ellos en detalle:

- a) **Describir el ecosistema de IIoT, así como las tecnologías digitales relacionadas.** Como parte del marco teórico, y particularmente en la sección “4.3.2. Ecosistema y arquitectura de soluciones IIoT” hemos presentado el “[*Industrial Internet of Things Reference Architecture*](#)” o IIRA, donde describimos en detalle los componentes de los sistemas IIoT, sus funciones, los tipos de topologías para las implementaciones y cómo las otras tecnologías digitales como *analytics* se complementan al IIoT para potenciar su valor.
- b) **Describir y analizar cómo la transformación digital contribuye a la gestión de las empresas del sector petrolero.** Para estudiar estas cuestiones, partimos del rol de la innovación y los disparadores de la Transformación Digital (presiones de los stakeholders, presiones de la competencia, presiones de los clientes y empleados, presión de los proveedores, presiones regulatorias, el concepto de “singularidad” y “exponencialidad” y la disponibilidad masiva de datos) para poder entender cómo cada uno de estos aspectos están contribuyendo a repensar los negocios. Nos ocupamos de estos aspectos en las sesiones “4.1.2. El rol de la innovación y otras características de la Transformación Digital” y “4.1.3. Las claves del proceso de Transformación Digital”. Destacamos que la transformación de las organizaciones, la innovación y la disrupción tecnológica asegurarán una mayor competitividad y avances significativos en las diferentes industrias, incluyendo la petrolera. A su vez, en la sección “4.1.4. El impacto de la Transformación Digital en las organizaciones” hicimos una extensa descripción

de los beneficios y las áreas más afectadas por la transformación. Identificamos que la creación de valor es el principal beneficio: eficiencias operativas, mejoras en la experiencia de los clientes, mejoras en el modelo de negocios, mejoras en la colaboración y conectividad de los empleados, ventajas competitivas, mejoras en la relación con los stakeholders, reducciones de costos, incremento en las ventas y la productividad, mayor innovación, etc. Por último, mostramos brevemente el potencial económico de la transformación digital en la industria del petróleo y gas en la sección “4.1.5. Potencial económico de la Transformación Digital en la industria de Petróleo y Gas”. Ilustramos con algunos valores, las magnitudes económicas de la transformación en juego.

- c) **Describir y analizar el impacto del IIoT en las áreas productivas de la industria del Petróleo y Gas.** Dedicamos una sección completa del marco teórico para esta temática (4.3.3. Impacto de IIoT en la industria de Petróleo y Gas) y en resumen, podemos decir que el conjunto de soluciones que componen el IIoT deben ser vistas como una oportunidad para transformar cualquier componente del ambiente productivo en una fuente de información capaz de permitir a las empresas captar las ineficiencias y los problemas con anticipación, ahorrando tiempo y dinero y apoyando los esfuerzos de la inteligencia empresarial para aumentar la producción y crear nuevas formas de negocio. Específicamente en lo que respecta a la industria petrolera, IIoT tiene un gran potencial para minimizar las paradas no planificadas y así aumentar la productividad, realizar detección temprana de fallas, anticipar posibles caídas de plantas o campos/plataformas de extracción, optimizar procesos de mantenimiento y reparación, mejorar el control de calidad, hacer uso eficiente de activos y de la mano de obra, mejorar el control, monitoreo y visibilidad sobre equipos críticos, impulsar prácticas sostenibles (menos desperdicios), promover la trazabilidad y la eficiencia general de la cadena de suministros, disminuir el impacto ambiental y finalmente, transformar significativamente la seguridad y salud del personal.
- d) **Describir el grado de adopción de IIoT en la industria del Petróleo y Gas.** Hemos cubierto este objetivo específico dentro del capítulo de conclusiones en la sección “6.1.1. Grado de adopción de IIoT en Vaca Muerta y su comparación a nivel mundial”.

- e) **Identificar las principales aplicaciones de IIoT en la industria del Petróleo y Gas.** Una de las preguntas a nuestros entrevistados apuntó justamente a cubrir este objetivo. Las respuestas fueron presentadas en la sección “5.2. Casos de uso identificados”. A modo de resumen podemos decir que predomina los siguientes casos de uso: conectividad básica de dispositivos, monitoreo de activos en tiempo real e inteligencia operativa. Adicionalmente recopilamos los casos de uso globales que relevamos en el marco teórico en anexo “8.3. Casos de uso de IIoT en petróleo”.
- f) **Relevar, describir y analizar los beneficios fundamentales del IIoT en las principales empresas del sector petrolero en Vaca Muerta.** Hemos cubierto este objetivo específico dentro del capítulo de conclusiones en la sección “6.1.2. Principales beneficios de IIoT para Vaca Muerta”
- g) **Relevar, describir y analizar los desafíos y barreras para la adopción del IIoT en las principales empresas del sector petrolero en Vaca Muerta.** Hemos cubierto este objetivo específico dentro del capítulo de conclusiones en la sección “6.1.3. Principales desafíos y barreras de IIoT en Vaca Muerta”

De lo expuesto anteriormente, se considera que además de los objetivos generales, se han alcanzado los objetivos particulares de esta tesis.

6.3. Recomendaciones para la expansión de IIoT en Vaca Muerta

A partir del análisis de los beneficios y desafíos del IIoT en Vaca Muerta, pero por sobre todo, la identificación de los factores críticos de éxito para la adopción de estas soluciones, a continuación reflexionamos sobre los aspectos que entendemos van a impulsar la expansión del IIoT. Dejamos planteadas algunas recomendaciones para los líderes de las empresas actuantes en Vaca Muerta y otros actores importantes como las empresas proveedoras de servicio y el Estado.

- **Hacer que la Transformación Digital sea una prioridad para los ejecutivos.** Consideramos que el IIoT es una de las herramientas con la que cuentan los líderes para llevar a cabo la Transformación Digital de las organizaciones, pero entendemos que para impulsar el IIoT, primero debe existir una visión estratégica de los líderes que apunten a la Transformación Digital profunda de la industria. Según nos comentó Eugenio de YPF, “por primera vez y de manera genuina, el mercado está viendo que

la industria se transforma profundamente o va a tener un problema de sustentabilidad fuerte”. Como vimos en el marco teórico, para que el cambio hacia lo digital sea exitoso, debe estar impulsado por la alta gerencia. Para ello, se debe establecer una visión común, el sentido de urgencia, identificar recursos y destinar fondos. Demorar la transformación digital de la industria no es una opción si se quiere asegurar su existencia en el futuro.

- **Amigarse con la incertidumbre y el cambio.** En nuestra investigación del marco teórico pudimos relevar que una de la principales barreras para alcanzar la transformación digital es la resistencia al cambio (Katz et al., 2016). En el trabajo de campo, tanto Eugenio de YPF como Mauricio de Practia destacaron la necesidad de empezar a tomar decisiones probabilísticas basadas en datos y ayudadas por la tecnología digital. Y esto está atado a la necesidad de impulsar la digitalización de la información, que está avanzada en Vaca Muerta, pero también la digitalización de los procesos, donde existe mucho por hacer. La magnitud de información con la que se puede contar actualmente (y el IIoT es una de las fuentes) y el avance en la ciencia de datos, exige que la industria empiece a resolver las problemáticas productivas con tecnologías digitales. Para Mauricio, con la abundancia de datos empiezan a aparecer situaciones con las que la industria no se ha enfrentado anteriormente o lo ha hecho, pero nunca ha intentado resolverlas con estas nuevas soluciones digitales y eso implica incertidumbre. Eugenio propone la necesidad de pensar las problemáticas de manera genuinamente distintas porque la sustentabilidad de la industria exige ir a lugares incómodos y tomar en serio cuestiones que antes se preferían evitar, como por ejemplo, confiar en procesos de control soportados por decisiones determinísticas. Muchas cosas son necesarias para alcanzar ese objetivo, pero empezando por los líderes y luego, todos los actores de la industria, deben amigarse con el cambio. De hacerlo, el IIoT seguramente tomará un rol de mayor relevancia. No debemos perder de vista que *“One of the greatest obstacles in reaching digital maturity is viewing the transformation as a technology challenge, rather than a strategy challenge or leadership opportunity. In digital transformation, the transformation is more important than the digital.”* (George Westerman, 2018).
- **Definir una estrategia coherente para el IIoT, elegida con cuidado y orientada hacia casos de negocio.** Contar con una estrategia de IIoT es clave y además debe estar definida por los líderes de las empresas, para que tengan una visión de negocios y esté alineada con el “core business” de las organizaciones. Como parte del

desarrollo de la estrategia, las organizaciones deben definir la visión a corto y largo plazo sobre el IIoT. Para definir la estrategia deben preguntarse cuáles son los problemas críticos del negocio a resolver. Deben tener en claro si necesitan reducir costos o aumentar los ingresos a partir de nuevos servicios o nuevos modelos de negocio. También deben preguntarse cuál es el valor que se generará con la inversión en IIoT si se resuelven esos problemas del negocio. De esta forma, las empresas van a poder identificar los casos de negocios que deben atacar y ver el IIoT como un aliado. Recordemos que Gonzalo de Accenture nos comentó que cuando existe el caso de negocio y el IIoT es la solución adecuada para lograrlo, la tecnología se adopta y la inversión se repaga. Por otra parte, también vimos entre los factores críticos de éxito del trabajo de campo, que varios entrevistados señalaron que es necesario atacar una necesidad de negocio para que haya una adopción del IIoT.

- **Enfocarse en los casos de negocios con mayor potencial según los objetivos de cada empresa.** Anteriormente mencionamos que la estrategia de IIoT debe poder responder varias preguntas relacionadas con los problemas críticos del negocio que se desean resolver. Los beneficios y el retorno de la inversión ayudan a priorizar las oportunidades pero entendemos que es necesario enfocarse en los casos de negocios que tengan un impacto directo en los objetivos financieros de cada empresa. En el contexto actual de la industria esto es cada vez más importante. Algunas operadoras estarán más interesadas en reducir costos, otras, en encontrar nuevas formas de ingresos. Encontrar los mejores casos no es fácil, por eso, es importante identificar si están orientado a incrementar ingresos o si tienen beneficios de costos y elegir aquellos que estén orientados a los objetivos financieros de cada empresa. Por otra parte, es preciso enfocarse, es decir, como Vaca Muerta se encuentra en una etapa temprana de adopción, hay que seleccionar pocos casos pero con alto potencial de éxito. Como sabemos, cuando hablamos de transformaciones, enfocarse en “*quick wins*” es crítico. Esto ayuda a convencer a las organizaciones a adoptar nuevas tecnologías. De forma paralela, recomendamos contar con KPIs que muestren claramente los resultados de cada una de las soluciones implementadas.
- **Aumentar el conocimiento del IIoT entre los líderes de la industria.** Como parte del trabajo de campo, uno de los factores críticos de éxito identificados es la necesidad de difundir mejor las soluciones de IIoT en la industria. Para poder identificar el IIoT como la respuesta tecnológica a los casos de negocios, es necesario poder comunicar de manera clara los beneficios de estas soluciones y que los líderes de la industria

estén familiarizados con sus bondades. En este sentido, entendemos que es necesario un trabajo más intenso de los jugadores del ecosistema (proveedores, empresas de telecomunicaciones, cámaras de negocios, etc) para promocionar esta tecnología. Por otra parte, desde las operadoras, es importante contar con más líderes que combinen conocimientos del negocio con conocimientos técnicos en igual proporción. Así pueden entender estas nuevas soluciones y traducirlas al lenguaje de negocio para presentarlas al *C-level* e incorporarlas a la estrategia tecnológica.

- **Establecer una cultura de la innovación y adopción tecnológica.** Esta recomendación está enfocada a 2 factores críticos de éxito que identificamos en el trabajo de campo. El primero, relacionado con el cambio cultura y una transformación en la filosofía de trabajo. El segundo, tiene que ver con favorecer la innovación, crear ámbitos de co-innovación y realizar trabajos colaborativos entre todos los actores del ecosistema de Vaca Muerta. Ambos son igualmente importantes y complejos. Con respecto al aspecto cultural, es importante eliminar los silos entre áreas y particularmente, acercar IT a OT para crear sinergias y que ambos se potencien al adoptar lo mejor de cada mundo. Por otra parte, el cambio cultural es necesario para que la industria sea más flexible al cambio y empezar a adoptar nuevas tecnologías. Seguramente el IIoT va a transformar la dinámica de trabajo en Vaca Muerta, especialmente en lo que refiere al trabajo en campo. Los beneficios de disminución de riesgos para la salud, la seguridad y la disminución del impacto ambiental, son razones suficientes para dejar de ver a la tecnología como una amenaza y aceptarla como una complementación imprescindible. Por otra parte, dijimos que la innovación es la piedra fundamental de la transformación digital y por la tanto del IIoT. En este sentido, vemos necesario favorecer la innovación e incluso, crear ámbitos de co-innovación y realizar trabajo colaborativos entre todos los actores del ecosistema de Vaca Muerta. Esto no sólo incluye a las operadoras, sino a los proveedores de servicios, entidades educativas y el Estado. Adicionalmente, contar con equipos multidisciplinarios de trabajo puede ayudar a romper con las estructuras rígidas de las organizaciones tradicionales como las petroleras. Abrir canales de comunicación, como los eventos de CAIoT, entre los actores de la industria, también es importante para facilitar la promoción de ideas y la divulgación del IIoT. Promover la innovación entre los niveles medios y bajos es fundamental y no hay que olvidarse de incentivar la participación de empleados jóvenes. Esta es una medida interesante ya que puede

ayudar a desafiar el *status quo*. Por último, crear incentivos y recompensas para que la innovación crezca internamente en las organizaciones.

- **Invertir en capital humano y seguir desarrollando sus capacidades digitales.**

Como vimos, hoy la demanda de trabajadores capacitados en campo excede a la oferta. Por ello, existe una alta rotación de personal en el sector y eso dificulta mantener una fuerza de trabajo eficiente y entrenada. Nuestra recomendación es crear incentivos para la formación de profesionales con capacidades digitales en la región, y en paralelo, estimular la relocalización de la mano de obra en Vaca Muerta. Por otro lado, recomendamos complementar la formación de los profesionales de la industria con conocimiento en programación, inteligencia artificial, *analytics* y ciencia de datos. Estos conocimientos son claves para la incorporación de soluciones como el IIoT y otras tecnologías digitales. Adicionalmente, proponemos identificar talentos de forma temprana y capacitarlos en IIoT. En este sentido, asociarse con universidades, centros de investigación y proveedores, puede ser una buena alternativa. Entendemos que impulsar el cambio generacional será fundamental para adoptar las soluciones ya que también vimos que las presiones de los empleados es un disparador de la transformación.

- **Invertir en plataforma de datos, *Analytics* e Inteligencia Artificial.** Los datos son el motor de la transformación digital y la esencia del IIoT, por eso, es necesario invertir en la integración, armonización e interoperabilidad de los datos en las plataformas de las organizaciones. Por otro lado, contar con capacidades de *Analytics* e Inteligencia Artificial también es crítico para poder entregar el potencial completo de las soluciones de IIoT. De esta forma, se logrará contar con 2 componentes críticos de los sistemas de IIoT: datos y capacidades analíticas. El objetivo final es lograr lo que muchos de nuestros entrevistados señalaron como una tendencia de la industria: usar el IIoT para tomar decisiones basadas en datos y aplicarlas a actividades de operación y exploración de pozo.

- **Trabajar en la adopción de estándares globales y la madurez de las soluciones.**

Como vimos, existe incertidumbre por parte de las empresas sobre qué soluciones de IIoT elegir y qué tipo de protocolos de redes implementar. Aún es incierto cuál será el estándar elegido en la industria y eso retrasa la adopción de IIoT. Para que quienes tienen que tomar las decisiones de incorporar una solución se sientan seguros de realizar la inversión, la industria y todo el ecosistema, debe trabajar para adoptar un estándar. Por otra parte, por el volumen que maneja la industria del petróleo, es crítico

contar con soluciones maduras, es decir, seguras, escalables, soportables, compatibles, etc. Por ello, recomendamos que las operadoras trabajen en conjunto con los proveedores para explicarle sus necesidades en cuanto a capacidades, robustez, customización, seguridad, disponibilidad, etc. y así alcanzar una mayor madurez de las soluciones existentes en el mercado.

- **Resolver cuestiones de seguridad, disponibilidad y regulación de datos.** Una de las principales barreras que destacamos en el marco teórico y que también se hizo presente en Vaca Muerta en relación al IIoT, son las cuestiones relacionadas a cyber seguridad. La industria tiene bien arraigada la necesidad de contar con soluciones seguras, principalmente para el entorno de control de procesos industriales. Y la seguridad no es lo único crítico, la disponibilidad de los sistemas también tienen que estar aseguradas. Lamentablemente ninguna de estas cuestiones están resueltas en la industria, y tampoco en Vaca Muerta, cuando hablamos de IIoT con acceso a Internet. Estos son factores limitantes claves para el avance del IIoT. Adicionalmente, se suman cuestiones relacionadas a la seguridad de los datos en las plataformas de nube que no terminan de resolverse. Mencionamos este hecho relacionado con las plataformas en la nube porque entendemos que para sacar el máximo provecho de las soluciones de IIoT, es necesario poder correr los sistemas desde allí. Sin el uso de plataformas en la nube y si las limitaciones de seguridad, disponibilidad y regulación sobre datos no se resuelven, el uso de IIoT en *Oil & Gas*, seguirá estando relegado frente a otras industrias.
- **Contar con medidas económicas y políticas claras de incentivo al yacimiento Vaca Muerta.** Dejamos esta recomendación para el final, pero no por ello, es menos importante. De hecho, ha sido destacada como la principal barrera para la adopción de IIoT y otras tecnologías digitales en Vaca Muerta. Como consecuencia, si no contamos con medidas económicas y políticas a largo plazo y un marco regulatorio claro, será imposible generar confianza en las empresas para que mantengan sus planes de inversión. A raíz de esto, es evidente que se limitarán las implementaciones de nuevas tecnologías como el IIoT. Nuestra recomendación en ese sentido, es tomar lo hecho en el no-convencional de Estados Unidos. Definir un marco regulatorio claro y establecer políticas de incentivo a largo plazo atractivas para Vaca Muerta. El objetivo es que cada vez más operadoras y empresas de servicios se radiquen en la zona y construyan un ecosistema propicio para la adopción de tecnologías, entre ellas, el IIoT.

Completamos de esta forma nuestras recomendaciones para el avance del IIoT en Vaca Muerta y nos introducimos en la última sección de este trabajo. A continuación, trataremos de plantear una visión prospectiva de las soluciones de IIoT en la región y sugerir nuevas líneas de investigación.

6.4. Visión prospectiva y futuras líneas de investigación

Como marcamos a lo largo de este trabajo, la adopción de sistemas IIoT en Vaca Muerta se encuentra en una etapa inicial, siendo que algunas empresas se encuentran más avanzadas que otras. En esta sección, trataremos de dar cuenta del futuro avance de las soluciones y dejaremos planteado un *roadmap* de implementaciones para las tendencias identificadas. Para definir el *roadmap* y las tendencias, nos apoyamos en las opiniones de los entrevistados pero también en la situación de la industria y los beneficios claves.

Luego de presentar las tendencias, y como última consideración de este trabajo, listaremos posibles líneas de investigación a futuro.

6.4.1. Tendencias a futuro de IIoT en Vaca Muerta

En base a la visión a futuro de los expertos, nos propusimos identificar las tendencias para los próximos 5 años en materia de adopción de soluciones de IIoT para Vaca Muerta. Ordenamos la lista de tendencias porque entendemos que puede ser usada como guía por aquellas empresas que buscan continuar expandiendo sus soluciones de IIoT. Para determinar el orden de las mismas, además de la opinión de los expertos, tuvimos en cuenta la situación por la cual atraviesa la industria, el contexto global de pandemia y los beneficios claves para un programa de implementación identificados en la sección 6.1.2.

- **Incremento de la gestión remota del campo.** La pandemia de Covid-19 derribó el mito de que ciertas operaciones no se podrían llevar a cabo de forma remota. Adicionalmente ya hay operadores como YPF que lo están haciendo. Por estos motivos, más los beneficios ya analizados, esta tendencia fue la más mencionada entre los entrevistados y se espera que se sigan adicionando nuevas funcionalidades y se expandan a otras operadoras.
- **Uso de IIoT enfocado al ahorro.** Debido al contexto económico actual, algunos entrevistados apuntaron que el foco de las soluciones de IIoT tendrá que ser

netamente apuntado al ahorro. Esto representa incorporar, o avanzar con la implementación de soluciones destinadas a:

- Mantenimiento predictivo
 - Disminución de tiempo de parada
 - Supervisión de contratistas
 - Avance del monitoreo y telemetría
- **Avance en el uso de soluciones que permita tomar decisiones en base a datos para actividades de operación y exploración de pozo.** Esta tendencia se refiere al concepto de data driven decision aplicado a las actividades de campo. Para los expertos, como los sensores aportan una cantidad de datos que antes no se tenía, se espera poder mejorar la toma de decisión en cuanto a la operación y exploración de pozos. Incluimos dentro de este ítem, un avance cada vez mayor de las soluciones que comparan datos entre pozos para optimizar todas las actividades relacionadas.
 - **Uso de IIoT relacionado a logística y *supply chain*.** Hemos visto que algunas soluciones relacionadas a logísticas ya fueron implementadas pero según los entrevistados, se espera un despliegue más amplio de las mismas. Gonzalo de Accenture mencionó como motivo, el hecho de que para la exploración no convencional, esta actividad tiene un alto costo escondido. Las soluciones esperadas apuntan a la gestión de arenas, *tracking* punta a punta de suministro, gestión de almacenes, etc.
 - **Uso de cámaras de video como sensores.** Este uso específico también fue mencionado en varias oportunidades. Algunas de las aplicaciones relacionadas tiene que ver con cuestiones de seguridad, control de accesos, control de procesos (válvulas, gases) y seguimiento de actividades y fauna. Se espera un mayor uso de cámaras con capacidades analíticas y termográficas que permitan múltiples propósitos. No debemos olvidarnos que los hurtos fueron identificados como una variable presente en Vaca Muerta y esto puede ayudar a combatir esa problemática en el futuro.
 - **Uso de IIoT relacionado a cuestiones ambientales.** Las presiones ambientales fueron identificadas como un motor a futuro para la incorporación de IIoT. Vimos los beneficios que el IIoT aporta en ese sentido y algunos entrevistados resaltaron que para poder cumplir con los acuerdos internacionales (ej: Pacto de Paris), se espera un mayor uso de tecnologías como el IIoT. Las soluciones apuntarán a

controlar y minimizar venteos y reducción de CO₂ y controlar activos dispersos para evitar derrames, escapes de gas, etc.

- **Ampliación de la sensorización y toma de datos en tiempo real a otras actividades.** Para Mauricio de Practia, una de las primeras tendencias va a ser seguir ampliando la sensorización y la toma de decisiones basadas en datos en tiempo real hacia otros procesos dentro de las organizaciones. Lo que empezó con foco en la perforación de pozos y operación, se espera que empiece a abarcar más áreas y crezca capilarmente dentro de las organizaciones hacia otros procesos, como los de soporte o recursos humanos. Habrá que tener en cuenta el uso de estas futuras soluciones para entender si se trata realmente de Industrial IoT.
- **Migración paulatina de los sistemas SCADA a IIoT.** Para Edurado de Telcosur / TGS, se espera que a medida que las áreas de IT y OT se familiaricen y adopten soluciones de IIoT, haya una migración paulatina de los sistemas no críticos de SCADA a soluciones de IIoT más económicas y rápidas de desplegar.
- **Mayor uso de la nube y edge-computing como parte de las soluciones de IIoT.** Como identificamos en este trabajo, el uso de soluciones sobre Internet (incluyendo la nube) se encuentra muy poco adoptado en Vaca Muerta. Por otro lado, son pocos los casos de uso que hoy en día utilizan *edge computing*. Lucas de Cisco espera que empiecen a aparecer soluciones complementarias al *core* de operación, con menos restricciones sobre los datos, como por ejemplo las de video analytics, que hagan uso de estas plataformas en los próximos 5 años.
- **Definir la tecnología inalámbrica para iluminar el campo.** Se espera que a fines de los próximos 5 años, la industria habrá alcanzado un consenso sobre la o las tecnologías de redes inalámbricas para iluminar el campo. Debemos esperar poder contar un protocolo definido para las redes móviles (como LTE) y otro más específico para equipos de baja potencia y baja alimentación (como LoRaWAN).
- **Interconectividad de equipos y automatización de procesos operativos básicos.** Esta tendencia tiene que ver con el segundo o tercero paso evolutivo del IIoT (para Bsquare, sería una etapa 4 o 5 de desarrollo), donde pasamos del monitoreo a la interconectividad de los activos de forma autónoma. Mauricio de Practia espera poder contar con la automatización de ciertos procesos operativos sin intervención humana dentro de 5 años.

En base a lo presentado, **construimos un roadmap a 5 años con estas tendencias.** Esperamos sea de utilidad para avanzar con la implementación de soluciones de IIoT en Vaca Muerta. El mismo se muestra abajo en la figura 60.

Roadmap de soluciones de IIoT para Vaca Muerta

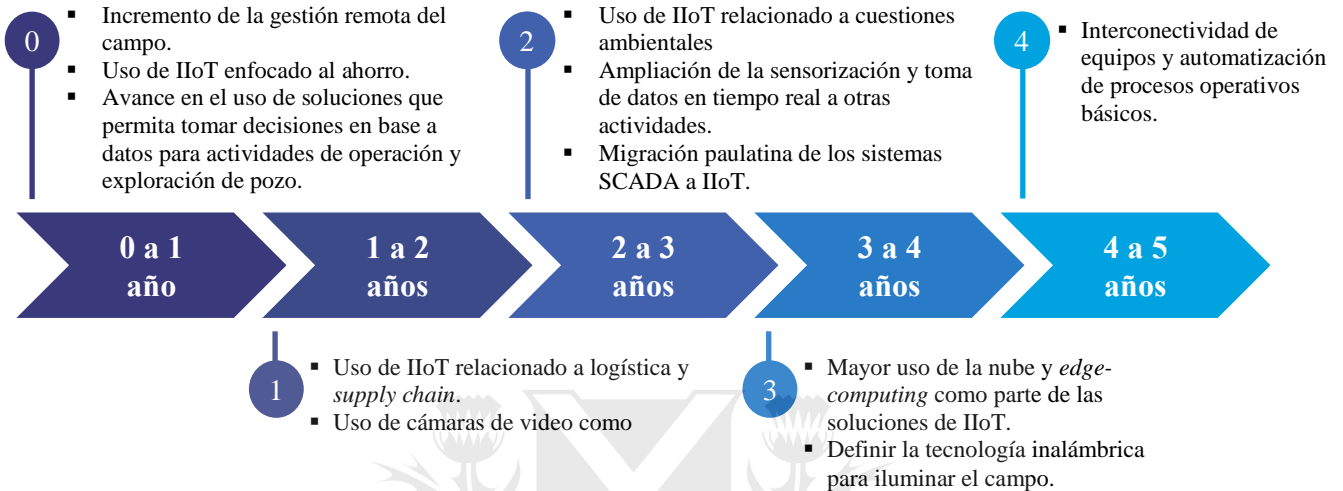


Figura 60. Roadmap de soluciones de IIoT para Vaca Muerta (elaboración propia)

Dejamos como último apartado de esta tesis, las futuras líneas de investigación. En el mismo, se listan ideas para inspirar posibles trabajos a futuro.

6.4.2. Futuras líneas de investigación

Se espera que la presente tesis pueda servir de fundamento para desarrollar futuras líneas de investigación en lo que respecta a:

- El rol del liderazgo en la transformación digital en Vaca Muerta. Nos llama la atención en este trabajo, no haber identificado barreras relativas al liderazgo para la adopción de IIoT. En el marco teórico, el rol de los líderes fue destacada como una de las claves para la transformación digital y sería interesante indagar más a fondo para entender el impacto de los mismos en Vaca Muerta.
- Como vimos, la adopción de IIoT sobre Internet es baja en Vaca Muerta y, en general, el mayor beneficio se logra si se puede contar con soluciones en la nube. Por ello, desde el punto de vista de los proveedores de telecomunicaciones, sería interesante investigar si existen oportunidades de negocio que justifiquen un mayor despliegues de redes en Vaca Muerta. A su vez, entender si tecnologías como 5G

o el uso de constelaciones de satélites en órbitas bajas (Orbita Terrestre Baja – LEO por sus siglas en inglés) pueden beneficiar los *carriers* y las petroleras.

- Entender el aporte del IIoT en otras industrias nacionales y conocer en cuáles puede llegar a tener el mayor impacto.

Finalmente, teniendo en cuenta todo lo expuesto hasta este momento dentro del apartado de conclusiones y recomendaciones, se considera que se ha dado respuesta a las preguntas de investigación, se han cumplido los objetivos generales y específicos de esta tesis y además, se han dejado planteadas recomendaciones para el impulso de IIoT y se ha trazado un *roadmap* de tendencias a futuro para la adopción de IIoT en Vaca Muerta.



7. Bibliografía

- Accenture. (2013). *Helping Achieve High Performance Safety using Intelligent Industrial Mobility Introducing the Accenture Life Safety Solution*.
- Accenture. (2019). The Search for Value: Five trends in digital investment. Accenture Upstream Oil and Gas Digital Trends Survey 2019. *Accenture Upstream Oil and Gas Digital Trends Survey 2019*, 29. <https://doi.org/10.1080/03003938008432853>
- Accenture. (2020). *We, the post-digital people*. 1–140. https://www.accenture.com/us-en/insights/technology/_acnmedia/Thought-Leadership-Assets/PDF-2/Accenture-Technology-Vision-2020-Full-Report.pdf
- Al Sayegh, H. (2018). *Qatar Petroleum adquiere participación en activos argentinos de petróleo de esquisto de Exxon*. Reuters.
- Álvarez, E., Bravo, M., Jiménez, B., Mourão, A., & Schultes, R. (2018). *The Oil and Gas value chain: a focus on oil refining*. 46. <https://www.orquestra.deusto.es/images/investigacion/publicaciones/informes/cuadernos-orkestra/oil-gas-value-chain-focus-refining.pdf>
- Aringoli, F., Lapeña, J., & Sureda, J. L. (2019). ¿Cuánto cuesta sacar un barril de petróleo en Vaca Muerta? *Rio Negro*. <https://www.rionegro.com.ar/cuanto-cuesta-sacar-un-barril-de-petroleo-en-vaca-muerta-1083736/>
- Baker Hughes. (2016). *The Impact of Digital on Unplanned Downtime - An offshore oil and gas perspective*. 3–4. <https://www.bhge.com/sites/default/files/2017-12/impact-of-digital-on-unplanned-downtime-study.pdf>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2020). Transformación Digital Empresarial: ¿Cómo nivelar la cancha? Propuestas para la Transformación Digital Empresarial. *Banco Interamericano de Desarrollo*. <https://www.unl.edu.ar/vinculacion/wp-content/uploads/sites/10/2020/09/Transformación-Digital-Empresarial.pdf>
- Bass, F. (1969). A new product growth for model consumer durables. *Management Science*.
- BBC. (2020). Coronavirus: por qué Rusia no quiere reducir la producción de petróleo pese al desplome de los precios por el impacto del covid-19. *BBC News Mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-51780013>
- Bharadwaj, A., Sawy, O. A. El, Pavlou, P. A., & Venkatraman, N. (2013). Digital Business Strategy: Toward a Next Generation of Insights. *MIS Quarterly*, 37, 471–482.
- Biron, J., Busiek, D., Jung, R., & Lang, J. (2017). *The State of the Industrial Internet of Things 2017*. <https://www.abiresearch.com/press/professional-services-driving-iiot->
- Bouée, C.-E., & Schaible, S. (2015). *The digital transformation of Industry: How important is it? Who are the winners? What must be done now?*

Boyes, H., Hallaq, B., Cunningham, J., & Watson, T. (2018). The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework. *Computers in Industry*, 101(June), 1–12.
<https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.04.015>

British Petroleum. (2020). *BP Second Quarter 2020 Financial Results*.
<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/investors/bp-second-quarter-2020-results-presentation-slides-and-script.pdf>

British Petroleum. (2020). *Statistical Review of World Energy, 2020 | 69th Edition*. 66.
<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf>

Brunert, J. (2014). Al fin y al cabo, ¿qué es la singularidad y cuándo llegará? *BBC News Mundo*.

Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2011). *Race Against the Machine: How the Digital Revolution Is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy*.

Bsquare. (2017). *Annual IIoT Maturity Survey*. 1–11.

Buchheit, M., Ferraro, A., Lim, C., Lin, S.-W. L., Morrish, J., & Zarkout, B. (2020). Digital Transformation in Industry. *Industrial Internet Consortium*.

Capgemini. (2017). *Unlocking the business value of IoT in operations*.
https://www.capgemini.com/consulting/wp-content/uploads/sites/30/2018/03/dti-research-report_iiot-in-operations.pdf

Christensen, C. M., McDonald, R., & Raynor, M. E. (2017). ¿Qué es la innovación disruptiva? *Harvard Business Review*.

Das, S., Kumar Pokhriyal, S., Jos Fernandez, G., & Chandra Patra, D. (2016). Internet of Things in the Oil and Gas Industry. *International Journal of Engineering and Management Research*, 6(4), 66–69.
[http://www.ijemr.net/DOC/InternetOfThingsInTheOilAndGasIndustry\(66-69\).pdf](http://www.ijemr.net/DOC/InternetOfThingsInTheOilAndGasIndustry(66-69).pdf)

Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340.
<https://doi.org/10.2307/249008>

De Arteche, M. R., Welsh, S. V., Santucci, M., & Lerner, A. M. (2018). Liderazgo y cultura organizacional para la innovación en empresas TIC, Telco y biotecnología de Latinoamérica. *Enfoques de Management*.

Deloitte. (2020). *2020 oil, gas, and chemical industry outlook*.

Deloitte. (2019). *Deciphering the performance puzzle in shales*.

Deloitte. (2019). *Shale 's next act : Collaborate to magnify and extend the opportunity Moving the US shale revolution forward.*

Deloitte. (2019). *The Eagle Ford basin playbook : Focusing on capital efficiency.*

Deloitte. (2019). *The Permian basin playbook: Optimizing design experimentation.*

Dickson, D. (2020). 2020 Oil and Gas Midyear Outlook. *Deloitte.*

Electric, G., & Accenture. (2015). Industrial Internet Insights Report. *Industrial Insights Report*, 1–35. https://www.accenture.com/us-en/_acnmedia/Accenture/next-gen/reassembling-industry/pdf/Accenture-Industrial-Internet-Changing-Competitive-Landscape-Industries.pdf

Evans, P. C., & Annunziata, M. (2012). Pushing the Boundaries of Minds and Machines. *General Electric Reports*, 37.

ExxonMobil. (2020). *ExxonMobil Reports Results for Second Quarter 2020.* <https://corporate.exxonmobil.com/-/media/Global/Files/investor-relations/quarterly-earnings/earnings-announcements/2020-earnings-announcements/2q-earnings-release.pdf>

ExxonMobil. (2019). *Outlook for energy: a perspective to 2040.* https://corporate.exxonmobil.com/-/media/Global/Files/outlook-for-energy/2019-Outlook-for-Energy_v4.pdf

Ezeokoli, F., Okolie, K., Okoye, P., & Belonwu, C. (2016). Digital transformation in the Nigeria construction industry: The professionals' view. *World Journal of Computer Application and Technology*, 4(3), 23–30. <https://doi.org/10.13189/wjcat.2016.040301>

Fishbein, M. A., & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention and behaviour: An introduction to theory and research.* Reading, MA: Addison-Wesley.

Fluenta. (2016). *How IoT and cloud based data is changing the Oil and Gas Industry. March.* https://www.fluenta.com/wp-content/uploads/2016/05/How_IoT_and_cloud_based_data_is_changing_the_Oil_and_Gas_Industry_WEB.pdf

Fryer, J. (2017). Adopting the IIoT: How the industry needs to rethink the IT and OT relationship. *Hydrocarbon Processing*, May, 19–20.

Gartner. (2020). *Magic Quadrant for Industrial IoT Platforms.* <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-24KDTTSL&ct=201109&st=sb>

Gilchrist, A. (2016). Industry 4.0: The Industrial Internet of Things. In *IEEE Network* (Vol. 33, Issue 5). Apress. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2047-4>

Hipple, K., & Sanzillo, T. (2020). Situación actual en Vaca Muerta : Los planes de explotación de las reservas de esquisto de Argentina se tambalearán más sin inversión

- privada. *Institute of Energy Economics and Financial Analysis*, 1–17.
https://ieefa.org/wp-content/uploads/2020/06/Vaca-Muerta-Update_June-2020_ES.pdf
- I-Scoop. (n.d.). *Business guide to Industrial IoT (Industrial Internet of Things)*.
<https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/industrial-internet-things-iiot-saving-costs-innovation/>
- I-Scoop. (n.d.). *The oil and gas industry in transformation: expert views and market data*. <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/oil-gas-iiot-transformation/>
- Industrial Internet Consortium. (2017). *Industrial Internet of Things (IIoT) in the Energy Industry*. <https://www.iiconsortium.org/pdf/Energy-TG-flyer-Final-v2.pdf>
- Industrial Internet Consortium. (n.d.). *WHAT IS THE INDUSTRIAL INTERNET?*
<https://www.iiconsortium.org/about-industrial-internet.htm>
- Infosys. (2018). *The Disruption in Oil and Gas Upstream business by Industry 4.0*.
<https://www.infosys.com/engineering-services/white-papers/Documents/disruption-oil-gas-upstream.pdf>
- Instituto Argentino de Petróleo y Gas. (n.d.). *Hidrocarburos no convencionales*.
<http://www.shaleenargentina.com.ar/hidrocarburos-no-convencionales>
- Instituto Argentino de Petróleo y Gas. (2017). *La matriz energética de la Argentina*.
<http://www.shaleenargentina.com.ar/la-matriz-energetica-de-la-argentina>
- Instituto Argentino de Petróleo y Gas. (n.d.). *Vaca Muerta*. Shale En Argentina.
<http://www.shaleenargentina.com.ar/vaca-muerta>
- IoT for all. (2018). *5 Ways IIoT Will Revolutionize the Oil and Gas Industry*.
<https://www.iotforall.com/iiot-in-oil-gas-industry>
- Janowski, T. (2015). Digital government evolution: From transformation to contextualization. *Government Information Quarterly*, 32(3), 221–236.
<https://doi.org/10.1016/j.giq.2015.07.001>
- Kane, G. (2015). How digital transformation is making health care safer, faster and cheaper. *MIT Sloan Management Review*, 57(1), 4–4.
- Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., Kiron, D., & Buckley, N. (2018). Coming of age digitally. *Deloitte Insights*. <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/digital-maturity/coming-of-age-digitally-learning-leadership-legacy.html>
- Karschnia, B. (2016). *The Navigator for Enterprise Solutions Spearheading the Wireless IoT Revolution Redpine Signals: The IIoT is Making a Major Financial Impact in Refineries Worldwide*. March, 2014–2016.
- Katz, R. (2018). *Clases de Competitividad en Empresas de Alta Tecnología*. Universidad de San Andrés.

- Katz, R., Dougal, P. A., & Wagmaister, R. (2016). Latin America 4.0 The digital transformation in the value chain. *The GA Center Digital Business Transformation*, 73.
- KPMG. (2020). *CEO Outlook 2020: Capítulo Argentina. Edición especial COVID-19*.
- KPMG. (2020). *CEO Outlook Sudamérica 2020: Edición especial COVID-19*. 1–24.
- KPMG. (2020). *KPMG 2020 CEO Outlook: COVID-19 Special Edition*.
<https://home.kpmg/xx/en/home/insights/2020/08/global-ceo-outlook-2020.html>
- KPMG. (2020). *The Future of HR in the New Reality. October*, 0–23.
- Largue, P. (2018). IIoT, digital twins revolutionizing upstream oil and gas sector. *Power Engineering International*.
- Lerner, A. M. (2018). La disrupción llegó para quedarse. *Mercado*.
- Lerner, A. M. (2018). Preparar las empresas para los desafíos de la disrupción. *Mercado*.
- Lerner, A. M., & Magnano, N. (2018). La industria de servicios financieros ante el reto digital. *Banca*.
- Liu, D., Chen, S., & Chou, T. (2011). Resource fit in digital transformation: Lessons learned from the CBC Bank global e-banking project. *Management Decision*, 49(10), 1728–1742. <https://doi.org/10.1108/00251741111183852>
- Lu, H., Guo, L., Azimi, M., & Huang, K. (2019). Oil and Gas 4.0 era: A systematic review and outlook. *Computers in Industry*, 111, 68–90.
- Mansfield, E. (1968). *Industrial Research and Technological Innovation*. Norton.
- Matt, C., Hess, T., & Benlian, A. (2015). Digital Transformation Strategies. *Business and Information Systems Engineering*, 57(5), 339–343. <https://doi.org/10.1007/s12599-015-0401-5>
- Moore, G. A. (1991). *Crossing the Chasm*.
- Morakanyane, R., Grace, A., & O'Reilly, P. (2017). Conceptualizing digital transformation in business organizations: A systematic review of literature. *30th Bled EConference: Digital Transformation - From Connecting Things to Transforming Our Lives, BLED 2017*, 427–444. <https://doi.org/10.18690/978-961-286-043-1.30>
- Morgan Stanley. (2016). *The Internet of Things and the New Industrial Revolution*.
- Muspratt, A. (2019). The Top 10 Oil & Gas Companies in the World: 2019. *Oil & Gas IQ*. <https://www.oilandgasiq.com/strategy-management-and-information/articles/oil-and-gas-companies>

- Piccinini, E., Hanelt, A., Gregory, R., & Kolbe, L. (2015). *Transforming industrial business: the impact of digital transformation on automotive organizations*.
- Prince, A. (2009). *Análisis de la difusión y adopción de microcomputadores en Argentina*.
- Robles, D. (2012). Sobre el hallazgo de Vaca Muerta , su origen y la terminología usada incorrectamente. *Petrotecnia*, 40–42.
- Rogers, D. L. (2016). *The Digital Transformation Playbook: Rethink Your Business for the Digital Age*. <https://books.google.nl/books?id=LsF1CwAAQBAJ>
- Rogers, E. M. (1962). *Diffusion of Innovation*.
- Rook, D., Salvatori, A., van Moyland, J., & Rosa, P. (2017). Innovation Patterns: Upgrading Sectoral Classification for the Fourth Industrial Revolution. *SSRN Electronic Journal*, March, 0–24. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2928335>
- Rosenberg, N. (1972). Factors Affecting the Diffusion of Technology. *Exploration in Economic History*, 10(1), 3–33.
- Rovaglio, M. (2016). *Industrial Internet of Things (IIoT) Impact on the Oil & Gas Industry Value Chain*. https://vertassets.blob.core.windows.net/download/7e40a230/7e40a230-80dd-4a45-9449-57f4447f390c/998_2095_10_13_16ar0_en.pdf
- RTI. (n.d.). *Five Ways the Industrial Internet is Changing the Oil and Gas Industry*. 1–7. <https://www.smartindustry.com/assets/Uploads/SI-WP-RTI-5-Ways-Oil-Gas.pdf>
- Saga, V. L., & Zmud, R. W. (1994). The nature and determinants of IT acceptance, routinization and infusion. *Diffusion, Transfer and Implementation of Information Technology*, 45, 67–86.
- Satar, S. B. A., Hussin, A. R. C., Ali, Y. S., & Samsuryadi. (2019). Antecedents of Internet of Things Adoption in Oil and Gas Industry. *Journal of Physics*, 1196. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1196/1/012006>
- Satar, S. B. A., Hussin, A. R. C., & Yusof, A. F. (2019). Exploring Internet of Things Adoption in Malaysian Oil and Gas Industry. *2019 6th International Conference on Research and Innovation in Information Systems (ICRIIS)*, 1–5.
- Schumpeter, J. A. (1942). *Socialism, capitalism and democracy*.
- Secretaría de Energía de la Nación. (2020). *Panel de Indicadores*. Secretaría de Energía de La Nación. <https://www.argentina.gob.ar/produccion/energia/planeamiento-energetico/panel-de-indicadores>
- Secretaría de Gobierno de Energía. (2018). *Plan Energético Argentino: Lineamientos*.
- Secretaría de Planeamiento Energético. (2019). *Escenarios Energéticos 2030*.

- Shapiro, C., & Varian, H. r. (1999). *Information Rules: A Strategic Guide to The Network Economy*. Harvard Business School Press.
- Shi-Wan, L., Bradford, M., Jacques, D., Graham, B., Chigani, A., Martin, R., Murphy, B., & Crawford, M. (2017). The Industrial Internet of Things Volume G1 : Reference Architecture. *Industrial Internet Consortium White Paper, Version 1.*, 58 Seiten.
- Slaughter, A., Bean, G., & Mittal, A. (2015). Connected barrels: Transforming oil and gas strategies with the Internet of Things. In *Deloitte Insights*.
<https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/internet-of-things/iot-in-oil-and-gas-industry.html>
- Solow, R. (1987). We'd better watch out. *New York Times Book Review*.
- Subsecretaria de Energía, Minería e Hidrocarburos, Provincia de Neuquén, A. (2020). *Informe Estadístico / marzo 2020*.
- Thibaud, M., Chi, H., Zhou, W., & Piramuthu, S. (2018). Internet of Things (IoT) in high-risk Environment, Health and Safety (EHS) industries: A comprehensive review. *Decision Support Systems*, 108, 79–95. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2018.02.005>
- Total. (2020). *Total 2Q2020 Results*.
<https://www.total.com/system/files/documents/2020-07/2q20-results.pdf>
- Trading Economics. (2020). Crude Oil Summary. *Www.Tradingeconomics.Com*.
<https://tradingeconomics.com/commodity/crude-oil>
- U.S. Energy Information Administration. (2020). *Annual Energy Outlook 2020*.
[https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/AEO2020 Full Report.pdf](https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/AEO2020%20Full%20Report.pdf)
- U.S. Energy Information Administration. (2017). *Argentina International Analysis*.
[Www.Eia.Gov](http://www.eia.gov). <https://www.eia.gov/international/analysis/country/ARG>
- U.S. Energy Information Administration. (2019). International Energy Outlook 2019. In *Choice Reviews Online*. <https://doi.org/10.5860/choice.44-3624>
- U.S. Energy Information Administration. (2019). *International Energy Outlook 2019 key takeaway*. https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/ieo_infographics.pdf
- U.S. Energy Information Administration. (2020). Short-Term Energy Outlook (STEO) Forecast highlights. In *US EIA - Short-Term Energy Outlook* (Issue October 6).
<https://www.eia.gov/outlooks/steo/report/electricity.php>
- U.S. Energy Information Administration. (2019). *U . S . Energy Outlook 2019 key takeaway*. [https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/AEO2020 Full Infographics.pdf](https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/AEO2020%20Full%20Infographics.pdf)
- Westerman, G., Bonnet, D., Ferraris, P., Calmejane, C., & McAfee, A. (2011). *Digital Transformation: A roadmap for billion-dollar organizations*.

Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). *Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation* (HARVARD BU).

Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). The Nine Elements of Digital Transformation. *MIT Sloan Management Review*.

Woods, D. (2020). Darren Woods discusses future of industry and company with employees. *ExxonMobil Release Press*.
https://corporate.exxonmobil.com/News/Newsroom/News-releases/2020/1021_Darren-Woods-discusses-future-of-industry-and-company-with-employees

World Economic Forum, & Accenture. (2017). *Digital Transformation Initiative: Oil and Gas Industry*. January. <http://reports.weforum.org/digital-transformation/wp-content/blogs.dir/94/mp/files/pages/files/dti-oil-and-gas-industry-white-paper.pdf>

World Economic Forum, & Accenture. (2015). *Industrial Internet of Things : Unleashing the Potential of Connected Products and Services*. January. http://www3.weforum.org/docs/WEFUSA_IndustrialInternet_Report2015.pdf



Universidad de
SanAndrés

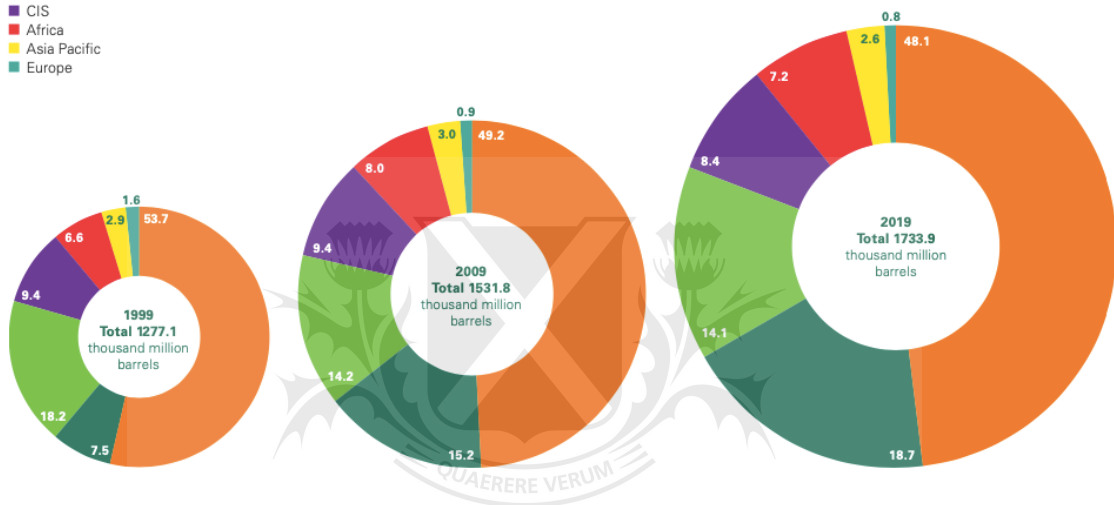
8. Anexos

8.1. Distribución de reservas por región

Se presenta a continuación la distribución de reservas de petróleo y gas, respectivamente, por región en 3 momentos: 1999, 2009 y 2019. Los datos se obtuvieron del reporte estadístico de (British Petroleum, 2020b).

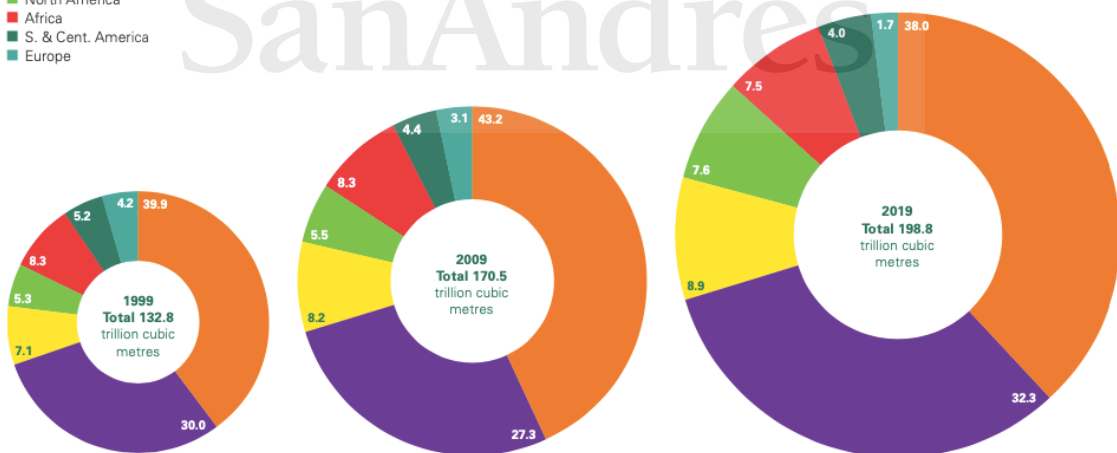
Distribution of proved reserves in 1999, 2009 and 2019
 Percentage

- Middle East
- S. & Cent. America
- North America
- CIS
- Africa
- Asia Pacific
- Europe



Distribution of proved reserves in 1999, 2009 and 2019
 Percentage

- Middle East
- CIS
- Asia Pacific
- North America
- Africa
- S. & Cent. America
- Europe



8.2. Cuadro de anuncios de inversión en Vaca Muerta

EMPRESA	AREA	INVERSIONES ANUNCIADAS/EN CURSO (MMUSD)	COMENTARIOS
Wintershall	Aguada Federal y Bandurria Norte	6000	Wintershall culminó la fase piloto de los 2 bloques no convencionales que opera en Vaca Muerta y comenzó la etapa de pruebas que permitirá el desarrollo masivo con una inversión de hasta US\$ 6.000 millones, durante los próximos diez años. En Aguada Federal y en Bandurria Norte terminaron un piloto. Al mismo tiempo están construyendo las instalaciones de procesamiento de crudo y planean seguir testeando pozos para definir este año donde iniciar el desarrollo masivo. Tomada esa decisión, la empresa ingresará en la etapa de desarrollo con una fase de producción constante de entre 10 y 20 pozos, lo que demandará para cada bloque una inversión de hasta US\$ 3.000 millones, durante los próximos 8 a 10 años, en que se proyecta sostener una producción de 30.000 barriles diarios.
Tecpetrol	Fortín de Piedra	2300	Tecpetrol, empresa petrolera del Grupo Techint, está invirtiendo 2.300 millones de dólares hasta 2019 en la primera fase del desarrollo de su área gasífera Fortín de Piedra. El plan anunciado implica US\$ 600 Mn en 2017, 1.000 Mn en 2018 y 700 Mn en 2019. De los 2,3 Bn anunciados, 1,6 Bn son inversiones en perforación y terminación de pozos y 0,6 Bn en obras de infraestructura.
Vista Oil & Gas	Bajada del Palo y Coirón Amargo Sur-Oeste	3000	La petrolera de Miguel Galuccio, VISTA OIL&GAS, desembolsará inversiones por 3.000 millones de dólares en un lapso de cinco años en Vaca Muerta. La cuantificación la hizo Gastón Remy, CEO en Argentina de la compañía fundada por el ex presidente de YPF en la Bolsa de Valores de México.
YPF	El Orejano	2000	Joint Venture con DOW. La inversión se realiza para la perforación de más de 180 pozos y las obras de infraestructura asociadas. Se estima que la inversión podría alcanzar los USD 2.000 Millones, que es lo que las compañías tienen aprobado por sus respectivos Boards (USD 1 bn cada una). A fines de 2017 se llevaron invertidos US\$ 700 millones, con más de 50 pozos perforados.
Shell	Sierras Blancas-Cruz de Lorena	1500	Shell anunció una inversión de 1500 millones de dólares en Vaca Muerta en el marco de un plan de aceleración de sus operaciones en la Patagonia. La empresa holandesa proyecta pasar de los 4000 barriles diarios de crudo que exhibe hoy a los 40 mil barriles en la Cuenca Neuquina en 2020. El número es ambicioso. En la actualidad, el famoso yacimiento no convencional entrega en total cerca de 50 mil barriles diarios. Para concretar esta meta, la compañía apostará USD 1500 millones en el bloque Sierras Blancas-Cruz de Lorena, lo que representa una profundización de sus actividades en el área
Capex-Capex	Agua del Cajón	1530	En una primera etapa, Capex perforará 35 pozos en los próximos cinco años, y si se consiguen los resultados esperados, el siguiente paso contempla aumentar la operación a 240 pozos, para lo cual la inversión alcanzará los u\$s 1.530 millones.
PAE	Bandurria Centro	400	Pan American Energy confirmó un flujo de inversiones de 400 millones de dólares en el desarrollo de sus intereses en Vaca Muerta
Total Austral - Wintershall - YPF - PAE	Aguada Pichana Este	675	Aguada Pichana Este tiene como socios a Total Austral (41% y operador), Wintershall (22,5%), YPF (22,5%) y PAE (14%). Allí se realizarán 48 pozos horizontales (invirtiendo USD 675 MM).
Pluspetrol	La Calera	616	El proyecto de explotación de La Calera, situado entre Loma Campana y Aguada Pichana Este, implica la perforación de 45 pozos de gas no convencional con una inversión de USD 616 Mn.
Pampa Energía - ExxonMobil - Total Austral	Sierra Chata	520	La provincia del Neuquén otorgó una concesión no convencional por 35 años en Sierra Chata, que contará con una inversión de 520 millones de dólares en los primeros cinco años de etapa piloto y será operada por Pampa Energía con participación de Mobil Argentina SA y Total Austral SA. Las empresas tienen el compromiso de realizar 24 pozos horizontales, 15 en Vaca Muerta y nueve en el área de Mulichinco
PAE - YPF - Total Austral	Aguada Pichana Oeste y Aguada de Castro	475	En las nuevas áreas Aguada Pichana Oeste y Aguada de Castro (ACAS) el operador será PAE (45%) y los socios son YPF (30%) y Total (25%). Allí se realizarán 24 pozos horizontales y se construirán las instalaciones de superficie necesarias para transportar la producción

			hasta la planta de tratamiento de hidrocarburos ubicada en APE. En esta zona se desembolsarán 475 millones de dólares
YPF - Chevron	Loma Campana	500	Chevron e YPF ratificaron la ampliación de la actividad en Loma Campana, el mayor yacimiento no convencional del país, con la inclusión de un tercer equipo de perforación a partir de octubre de 2017, con una inversión conjunta estimada de 500 millones de dólares para 2018 en esa área. La operación en Loma Campana logró una reducción en un 50% del costo de los pozos horizontales, pasando de 16,2 millones de dólares en 2013 a 8,2 millones de dólares al segundo trimestre de 2017.
Schlumberger - YPF	Bandurria Sur	390	El acuerdo (51% YPF y 49% Schlumberger en la concesión) realizado en abril 2017, prevé una inversión de Schlumberger por 390 millones de dólares en fases, que incluye un aporte significativo en especie a través de servicios a precios de mercado. YPF continuará como operador del área. Además, el acuerdo prevé la ejecución de estudios técnicos, la perforación de 26 pozos piloto y la construcción de nueva infraestructura.
YPF - Statoil	Bajo del Toro	300	La empresa YPF firmó un acuerdo con la compañía noruega Statoil para la exploración conjunta en el bloque Bajo del Toro, ubicado en Vaca Muerta. Statoil ingresa al bloque exploratorio Bajo del Toro como socia, con una participación del 50% (YPF como operador, con el 50% restante). A su vez, Statoil reconoce a YPF los costos incurridos hasta el momento en el bloque y financiará 100% de ciertas actividades que puedan desarrollarse a futuro. En enero 2018 Statoil había pagado a YPF USD 30 MM por los gastos incurridos y compromete USD 270 MM adicionales.
YPF - Petronas	La Amarga Chica	192	JV con Petronas por 35 años (50% cada uno). YPF y Petronas ratificaron la continuidad del piloto en el área La Amarga Chica, en la formación Vaca Muerta. Así, ambas petroleras inician la tercera y última fase de la etapa piloto de este proyecto de hidrocarburos no convencionales que fue iniciado en 2015. La inversión conjunta en esta tercera fase asciende a 192,5 millones de dólares.
YPF - Pampa Energía	Rincón del Mandrullo	150	YPF y Pampa anunciaron la inversión de USD 150 MM para llevar adelante un piloto para la perforación de 13 pozos horizontales.
YPF - Shell	Bajada de Añelo	370	JV con Shell como operadora (Shell pone el capital e YPF el terreno, dado que posee la concesión).
TGS	Area Vaca Muerta	250	TGS desarrollará obras fundamentales para transportar y acondicionar la producción de gas natural de la formación Vaca Muerta, en la provincia del Neuquén, a través de una inversión que en esta primera etapa se prevé en U\$S 250 millones en 2018/2019.

Fuente: Agencia Argentina de Inversiones y Comercio Internacional

8.3. Casos de uso de IIoT en petróleo.

Para ejemplificar el impacto de las soluciones de IIoT, presentamos algunos casos de éxito relacionado con la industria.

Shell – Mantenimiento de activos de producción.

La empresa Shell, líder de la industria de petróleo y gas, realizó una inversión de USD \$87.000 en una solución de monitoreo y mantenimiento remoto basada en IIoT y obtuvo USD \$1 millón en retorno. La empresa instaló sensores en 80 pozos en África que producen aproximadamente 600.000 barriles por día. Como los pozos están ubicados en una zona de difícil acceso, optaron por utilizar sensores y realizar el monitoreo remoto. La reducción de costos relacionados con visitas al local para mantenimiento y la inactividad de los pozos se evidenciaron de forma inmediata (Capgemini, 2017).

Schlumberger – Inspección subacuática

Schlumberger es una empresa de servicios petroleros. La compañía está actualmente usando vehículos submarinos autónomos para inspeccionar instalaciones subacuáticas. Los vehículos pueden moverse por el suelo submarino sin estar conectados a los barcos ya que se alimentan por el movimiento de las olas. Así pueden monitorear los activos y las condiciones ambientales mediante cámaras y sensores sin la necesidad de un equipo de soporte. Esto permite ahorrar tiempo y recursos a la vez que evita errores y disminuye los riesgos de los trabajadores (Gilchrist, 2016).

Columbia Pipeline Group – Pioneros en gasoductos inteligentes

La empresa Columbia Pipeline Group en colaboración con Accenture y GE desarrolló una tecnología para transformar sus gasoductos en activos inteligentes. La solución integra datos de múltiples fuentes, incluyendo geolocalización, sistemas de control e interacción con sistemas externos para localizar secciones que representen posibles amenazas y poder dar una rápida respuesta. De esta forma minimiza fallas y detecta eventos que antes no eran posibles identificar. Esto le permite revisar casi en tiempo real 15.000 millas de gasoductos (World Economic Forum y Accenture, 2017).

BP – Desarrollo de sensores para maximizar la producción de los reservorios

BP desarrolló sensores especiales que ayudan a optimizar la producción de los reservorios. Se trata de sensores súper sensibles, pequeños y robustos que pueden ser utilizados en los pozos de perforación y son capaces de distinguir entre agua y petróleo.

Esta capacidad permite mitigar los daños que produce el agua en los pozos y realizar un seguimiento detallado de la producción. De acuerdo a la empresa, esto incrementa la producción en 2% (World Economic Forum y Accenture, 2017).

Wearable relojes, anteojos y cascos – Colaboración remota para técnicos de campo

Algunas compañías de servicios petroleros están utilizando relojes, anteojos y cascos para colaboración en tiempo real con sus técnicos de campo. Este tipo de *wearables* permiten comunicarse con los centros de control, compartir imágenes, hacer seguimiento de los operarios en situaciones de riesgo, geo localizar los técnicos, asistirlos en caso de dudas o necesidad de soporte técnico remoto. Estas soluciones otorgan beneficios relacionados con la salud y seguridad de los empleados y minimizan la resolución de problemas en campo (Das et al., 2016).

Drones – Inspección de gasoductos y oleoductos y campos productivos

Existe un número creciente de grandes petroleras que están utilizando drones para realizar la inspección de sus gasoductos, oleoductos y plantas productivas. En las plataformas off-shore se utilizan incluso para monitorear la ventilación de gases. Estos drones tienen capacidad de video en tiempo real y pueden cubrir largas distancias. Los sistemas a los que están integrados, permiten hacer mantenimiento predictivo en base a la información recolectada. Por su capacidad de vuelo, permite ahorrar tiempo y dinero al reemplazar equipos técnicos de campo y el uso de helicópteros. Por otro lado, reduce el tiempo de identificación de fallas y derrames. En algunos casos, los drones están equipados con sensores de calor o gases que pueden identificar pequeñas pérdidas imperceptibles al ojo humano y minimizar errores. Por último, pueden ser empleados 24x7, aumentando la eficiencia de las actividades de inspección (Das et al., 2016; Rovaglio, 2016).

Shell, SAP y Volkswagen – Estaciones de servicio conectadas

Shell, SAP y Volkswagen están trabajando en conjunto en un proyecto piloto para mejorar la experiencia de sus clientes en las estaciones de servicio. La integración entre los vehículos de Volkswagen con las estaciones de Shell mediante la plataforma en la nube de SAP, permite brindar un servicio integral e inteligente. Así, la aplicación en los autos identifica niveles bajos de combustibles y los dirigen a las estaciones más cercanas. Luego, sincronizan con las bombas disponibles y eligen la cantidad de combustible a cargar. Por último, los clientes pueden incluso pagar desde su *smart phone* sin tener que salir de sus automóviles. (Das et al., 2016)

Caterpillar – Estado en tiempo real de maquinarias

Caterpillar es una pionera en soluciones de IoT. Recientemente la compañía demostró los frutos de su reciente inversión en una tecnología que combina el IIoT con AR (realidad aumentada) para informar a los operarios a simple vista los niveles de combustible y estado de los filtros de aires de las maquinarias. Cuando un filtro se vence, indica a la aplicación su estado y la empresa puede enviar información para realizar el cambio a través de la App.



8.4. Cuestionario para entrevistas

Se utilizaron 3 cuestionarios para diferenciar los expertos que actúan en empresas del sector petrolero en Vaca Muerta, los referentes que ocupan roles en consultoras y proveedores de servicios y por último, a un integrante de CABASE.

8.4.1. Cuestionario para expertos de empresas del sector

1. Específicamente para la formación Vaca Muerta, ¿han adoptado soluciones de IIoT, ya sea que estén en producción o en etapa de implementación? ¿Están evaluando implementar nuevas soluciones en el futuro?
2. ¿Cuáles fueron los criterios utilizados para la selección de dichas soluciones? (ej.: facilidad de uso, utilidad, tiempo de implementación, inversión inicial, grado de rentabilidad, recomendación de pares, cubrir una necesidad del negocio, buenas experiencias en otras regiones, etc.)
3. ¿Podría compartir los usos más frecuentes para los cuales adoptaron o están adoptando dichas soluciones?
4. ¿Cómo describiría los resultados obtenidos con la implementación de soluciones de IIoT? ¿Han utilizado KPIs para medirlos? y en tal caso, ¿cuáles?
5. ¿Cuáles considera que son los principales beneficios que pueden aportar las diferentes soluciones de IIoT para la industria del Petróleo y Gas en Vaca Muerta?
6. Desde su perspectiva, ¿qué barreras o desafíos impiden que las empresas petroleras puedan adoptar soluciones de IIoT en Vaca Muerta? ¿Cuáles considera que son los riesgos que enfrentan las organizaciones?
 - a. (Sólo a modo de re-pregunta) Más allá de cuestiones técnicas/organizacionales, considera que existen otras barreras o desafíos?
 - b. ¿Cuáles diría que son los factores críticos de éxito para la adopción?
7. A su criterio, ¿el grado de adopción de IIoT en Vaca Muerta, es similar a lo observado a nivel mundial en la industria o existen variables locales que determinen una diferenciación?
8. ¿Qué cambios diría que son necesarios para impulsar el uso de IIoT en Vaca Muerta?

9. Por último, ¿cuáles cree que son las tendencias en materia de adopción de soluciones de IIoT en los próximos 5 años en Vaca Muerta?

8.4.2. Cuestionario para consultores y proveedores de servicio

1. Específicamente para la formación Vaca Muerta, ¿está al tanto de la adopción de soluciones de IIoT por las empresas del sector de Petróleo y Gas? ¿Considera que las empresas de dicho sector tienen o están evaluando implementar nuevas soluciones en el futuro?
2. En su experiencia, ¿cuáles son los criterios más utilizados para la selección de dichas soluciones? (ej.: facilidad de uso, utilidad, tiempo de implementación, inversión inicial, grado de rentabilidad, recomendación de pares, cubrir una necesidad del negocio, buenas experiencias en otras regiones, etc.)
3. ¿Conoce los casos de uso más frecuentes para los cuales adoptaron o están adoptando dichas soluciones?
4. ¿Cómo describiría los resultados obtenidos con la implementación de soluciones de IIoT? ¿Está al tanto de los KPIs utilizados para medirlos?
5. ¿Cuáles considera que son los principales beneficios que pueden aportar las diferentes soluciones de IIoT para la industria del Petróleo y Gas en Vaca Muerta?
6. Desde su perspectiva, ¿qué barreras o desafíos impiden que las empresas petroleras puedan adoptar soluciones de IIoT en Vaca Muerta? ¿Cuáles considera que son los riesgos que enfrentan las organizaciones?
 - a. (Sólo a modo de re-pregunta) Más allá de cuestiones técnicas/organizacionales, considera que existen otras barreras o desafíos?
 - b. ¿Cuáles diría que son los factores críticos de éxito para la adopción?
7. A su criterio, ¿el grado de adopción de IIoT en Vaca Muerta, es similar a lo observado a nivel mundial en la industria o existen variables locales que determinen una diferenciación?
8. ¿Qué cambios diría que son necesarios para impulsar el uso de IIoT en Vaca Muerta?
9. Por último, ¿cuál cree que son las próximas tendencias en materia de adopción de soluciones de IIoT en los próximos 5 años en Vaca Muerta?

8.4.3. Cuestionario para CABASE / CAIoT

1. En agosto de 2019 el evento anual "IOT Networking Day" se realizó en Neuquén con foco en Vaca Muerta. ¿Por qué cree que CABASE decidió realizarlo en Neuquén / Vaca Muerta? ¿Han observado desde CABASE una mayor demanda por eso servicios en la región?
2. El 18 de noviembre de 2020, impulsada por la Cámara Argentina de Internet – CABASE-, nace la Cámara Argentina de IoT como una continuación de lo que era el Marketplace de IoT en CABASE. ¿Cuáles cree que son los principales motivos para la creación de CAIoT?

Luego se realizaron las mismas preguntas que a los consultores.



8.5. La visión de CABASE & CAIoT

El 18 de noviembre de 2020, impulsada por la Cámara Argentina de Internet (CABASE), nace la **Cámara Argentina de IoT (CAIoT)**. Dicha cámara tiene como objetivo, “promover el desarrollo del ecosistema de empresas y organizaciones vinculadas a Internet de las Cosas (IoT) en la Argentina y difundir los avances de esta innovadora industria a nivel local” (CAIoT, 2020). Sin embargo, CABASE ya venía realizando un trabajo importante sobre IoT desde 2016. No nos debe sorprender que la **Cámara Argentina de IoT** surja como la “continuación de la tarea realizada por el Marketplace de Internet de las Cosas de CABASE, que se creó con el fin de actuar como facilitador de soluciones IoT en el país, así como para recopilar informes y documentación que puedan potenciar el conocimiento y desarrollo de las diferentes verticales de esta industria que, sin dudas, será el motor de crecimiento de Internet en todo el mundo.” (CAIoT, 2020).

Por ser uno de los principales actores del ecosistema de IoT en Argentina, quisimos contar con la opinión de un representante de CABASE y CAIoT en este trabajo. Por ese motivo, entrevistamos a Walter Tourn, actual Chief Operation Officer de CABASE y colaborador en el sector de proyectos de CAIoT.

Primeramente le consultamos sobre los motivos para la creación de CAIoT en 2020. Al respecto, nos comentó que en principio, notaron que “los objetivos del marketplace empezaba a competir con el principal objetivo de los socios de CABASE que es Internet. Aunque IoT se puede entender como una derivación de Internet, no hace al *core* del negocio y no todos los socios estaban interesados”. En segundo lugar, ya “contaban con la masa crítica para disponer de una estructura de cámara y crecer de forma independiente a las decisiones de CABASE”. Entendieron que las decisiones del grupo que empujaba las actividades de IoT, debía venir del riñón de IoT y por eso los directivos de CAIoT, hoy, lo conforman los representantes del *marketplace*. (Walter Tourn, entrevista virtual, XX de febrero de 2021). Al respecto, en una entrevista reciente a Raúl Crudele, presidente de la CAIoT, al ser interrogado sobre lo mismo, respondió: “La realidad es que Internet de las Cosas ha tomado tal fuerza que hoy requiere de una entidad independiente, con gobernanza propia, que pueda trabajar en su propio desarrollo con un foco específico, con una estructura de asociación y participación afín a los actores de este ecosistema y manteniendo, por supuesto, una estrecha vinculación con CABASE.” (CAIoT, 2020)

Por otro lado, tanto el Marketplace de CABASE como ahora CAIoT, llevan adelante todos los años un evento llamado *IOT Networking Day*. En particular, el último evento presencial pre pandemia, se realizó en la ciudad de Neuquén con foco en Vaca Muerta. Por ello, le consultamos a Walter sobre la decisión de realizar el evento anual más importante de IoT de Argentina en Vaca Muerta. Walter nos expresó lo siguiente: “pensamos que era un muy buen lugar, donde había disponibilidad económica, (...) era un lugar de inversión. Se hablaba de que Vaca Muerta iba a ser una mina de oro en cuanto al movimiento económico que iba a generar. En segundo lugar, porque tuvimos una participación de uno de los socios que nos relacionó con un grupo de empresarios que hacen desarrollo tecnológico en el área de petróleo en Neuquén y nos interesó. Nos pareció que era un buen lugar para llevar la tecnología y hacer este *marketplace*, específico y zonal, para empresas que les iba a interesar porque entendemos que es muy provechoso todo lo que se puede sacar por IOT. Y la verdad que fue súper exitoso.”

Cuando lo interrogamos sobre la situación particular de Vaca Muerta en lo que respecta al IIoT, Walter nos indicó que se están avanzando en desarrollos puntuales pero la conectividad es el principal freno. Para Walter, la conectividad es muy moderada o casi nula. También considera que el ROI (el principal motor para incorporar la tecnología) de las soluciones de IIoT son muy positivos siempre y cuando no tengan que armar la conectividad. Por ese motivo, le parece que el desarrollo va ser lento en la región. Aclaramos que Walter considera como IIoT, las soluciones que requieren del servicio de Internet como se lo conoce comúnmente. Sobre las soluciones que le parece que más puede aportar en Vaca Muerta, si bien aclara que desconoce la industria, mencionó los servicios adicionales a su *core*: vigilancia, controles automáticos, respuesta a emergencia que minimice el recorrido en campo, previsión de mantenimiento, mediciones y monitoreo de variables remoto. En cuanto a las barreras, más allá de indicar que encontrar gente capacitada para dar soporte en la región es muy complicado, no pudo puntualizar limitaciones específicas para Vaca Muerta. No obstante, en su opinión, el desarrollo general de la formación, depende muchísimo de la política y eso es un riesgo para las empresas de tecnologías que piensan invertir en la zona ya que el panorama puede cambiar cada 4 años. A nivel nacional, Walter mencionó como barreras, la falta de inversión a riesgo, el desconocimiento de la tecnología y sus beneficios y el escenario económico inestable. Entre los desafíos, cree que definir qué hacer con los humanos que van a dejar de hacer tareas repetitivas es uno de los más importantes y en este sentido,

entiende que los gremios se van a oponer a ese reemplazo. Otro de los desafíos es la capacitación y sobre esto, vamos a volver más adelante.

Para completar su opinión sobre Vaca Muerta y comparándola con otros países, Walter cree que el desarrollo de IIoT no es igual. Lo justifica por el esfuerzo doble que tuvieron que hacer las operadoras del sector petrolero para llevar la infraestructura y los servicios a esa zona. De su visita a las plantas de YPF, TecPetrol y Vista nos comentó que al ser instalaciones recientes y nuevas, están seguramente dotadas de todas las tecnologías, sin embargo le faltan las que requieren tecnología celular y conectividad y eso reduce las posibilidades. Por otro lado, destaca que si se sigue el desarrollo y hay un crecimiento continuo, en 10 años Vaca Muerta puede ser un oasis de tecnología. Lo entiende de esta forma porque se cuenta con recursos económicos, existen empresas de punta que incorporan tecnología de punta, está la necesidad y hay empresas interesadas en invertir. Hoy en día, asegura que el panorama es incierto y muchos proveedores dudan de ir a instalarse y vender un servicio.

En lo que se refiere a la realidad nacional, Walter nos cuenta que “el IIoT es una tecnología que está creciendo en todo el mundo y en Argentina, no termina de despegar”. Entre los motivos que impide el despegue, apunta a que se trata de una tecnología que no se vende si no se le hace una prueba concepto, lo que implica hacer una inversión a riesgo. A su vez, los proveedores del ecosistema, son en general chicos y no hay muchos que puedan apostar al riesgo. Otro de los motivos, según Walter, es que en el mundo, los grandes consumidores, son los estados, de todos los órdenes, y en Argentina, es muy difícil entrar a esos lugares. Por otro lado, Walter menciona que la inestabilidad económica y la falta de apoyo del gobierno, hace que no se estimule la actividad. Para Walter, es necesario que se hagan planes a largo plazo de educación y destaca que desde la cámara se está trabajando en un plan nacional de IoT que coordine el conocimiento en todas las universidades nacionales.

A modo de conclusión, Walter nos dejó la siguiente reflexión: “IIoT es un tema fascinante, es un tema de muchísimo desarrollo y lamentablemente en la Argentina, como todo, cuesta mucho más porque requiere volumen, inversión y capacitación y son 3 cosas en las que estamos flojos”.

8.6. Lista de entrevistados

Como parte del trabajo de campo se realizaron entrevistas a especialistas de la industria petrolera, proveedores de servicios tecnológicos, CABASE y consultores. La lista de entrevistados incluye:

Nombre: Martín Wessel

Cargo: Senior Account Manager – Senior Mobile Business Developer

Empresa: Intraway

Breve reseña: Martín es especialista en Desarrollo y Evolución de Redes de Telecomunicaciones, Transformación Digital e Internet de las Cosas. Posee más de 20 años de experiencia en empresas de telecomunicaciones en áreas de Ingeniería, Operación y Evolución Tecnológica. En su trayectoria se destacan: la adquisición, diseño, integración y puesta en marcha de redes móviles, fijas, satelitales y convergentes; la interpretación de las necesidades de las áreas comerciales; la incorporación de nuevos servicios; la relación con la industria; y el camino a la Transformación Digital, la Virtualización de las Redes, y la Internet de las Cosas. Martín ha ocupado diferentes cargos de gerencia de ingeniería y de evolución tecnológica en Telecom Personal y Telecom Argentina. Además, llegó a ser *Chairman* del Grupo Técnico y Terminales de la GSMA LATAM. Martín es Ingeniero en Sistemas egresado del Instituto Universitario Aeronáutico y Máster en Administración de Negocios Tecnológicos de la Universidad de San Andrés.

Nombre: Javier Ruggiero

Cargo: IT Site Lead & IT Customer Experience Supervisor - Neuquén

Empresa: ExxonMobil Exploration Argentina

Breve reseña: Javier es un profesional de IT con más de 10 años de experiencia en ExxonMobil. En su trayectoria laboral, ocupó diferentes roles relacionados con el soporte y desarrollo de soluciones para el negocio de *Oil & Gas*. Desde hace 2 años, Javier trabaja en Neuquén y es responsable por el desarrollo del plan integral de IT para Vaca Muerta, cuyo objetivo es incrementar la Transformación Digital del negocio. Javier es Ingeniero en Sistemas egresado de la Universidad Tecnológica Nacional y posee un posgrado de especialización en proyectos de *Oil & Gas* del Instituto Tecnológico de Buenos Aires.

Nombre: Mauricio Sansano

Cargo: Partner - Head of Oil&Gas / Energy Services

Empresa: Practia Global

Breve reseña: Mauricio es un profesional de IT con una amplia formación y experiencia como IT Business Manager. Se especializa en el sector de *Oil & Gas*. Durante los últimos 20 años se ha desempeñado en numerosos proyectos y actividades, integrando equipos técnicos de trabajo en tecnologías y ambientes variados, especialmente en el sector de *Oil & Gas* (más precisamente en Exploración y Producción) y en las tecnologías y temáticas relacionadas a la Transformación Digital de negocios. Mauricio trabaja hace más de 15 años en la consultora Pragma y Practia y en su trayectoria profesional ha ocupado diferentes puestos de consultoría. Hoy en día ocupa dos cargos, es gerente de desarrollo de negocios en el mercado de energía y gerente de transformación digital y soluciones de valor. Mauricio es Licenciado en Informática de la UNLP y posee un Máster en Ingeniería de Software en el Politécnico de Milano.

Nombre: Federico Collini

Cargo: Jefe de Comunicaciones

Empresa: Tecpetrol

Breve reseña: Federico cuenta con más de 15 años de experiencia en telecomunicaciones y los últimos 6 años se ha especializado en la industria del *Oil & Gas*. Desde 2018 trabaja en Tecpetrol como Jefe de Comunicaciones pero previamente trabajó por más de 4 años en ExxonMobil. Hace dos años se trasladó a la ciudad de Neuquén, donde desarrolla tareas más cercanas a la producción del *Oil & Gas*. Es responsable por las actividades de diseño, desarrollo e implementación de red de telecomunicaciones en la cuenca Neuquina y Vaca Muerta. Además está involucrado en la puesta en marcha de soluciones para el campo, telemetría y CCTV. Federico es Ingeniero en Telecomunicaciones egresado de la Universidad de la Policía Federal Argentina.

Nombre: Gonzalo Hecker

Cargo: Oil & Gas Industry Consulting Manager

Empresa: Accenture

Breve reseña: Gonzalo es un profesional con más de 12 años de experiencia en la Industria de *Oil & Gas*. Posee vastos conocimientos en Operación, Mantenimiento, Reservorios y Administración de Negocios. Se ha desempeñado por más de 6 años en diversas posiciones de gerencia en Repsol e YPF, llegando a ser Gerente General de Área en San Cruz y Gerente de Planificación Estratégica. Desde hace 2 años actúa como consultor en Accenture donde ayuda a los clientes de la industria de Oil & Gas a navegar la 4ta Revolución Industrial y la transformación de los negocios y la operación. Gonzalo es Ingeniero Químico de la Universidad Nacional de Río Cuarto, posee dos maestrías en Producción y Exploración de Hidrocarburo (ISE Repsol YPF y Heriot-Watt University) y es Máster en Administración de Empresas de la Universidad Torcuato Di Tella.

Nombre: Pablo Almada

Cargo: Director de OT / IIoT

Empresa: KPMG Argentina

Breve reseña: Pablo es director en KPMG Argentina de *Operation Technology* e IIoT y tiene más de 13 años de experiencia en Ciberseguridad. Actualmente se especializa en ciberseguridad industrial y desde hace años provee consultoría a diferentes organizaciones de la industria manufacturera, *Oil & Gas* y otros sectores. Adicionalmente Pablo se ha especializado en Ciberseguridad de los *Industrial Control Systems* (ICS). Entre las actividades destacadas de su trayectoria profesional, Pablo ha participado de múltiples conferencias, incluyendo: 2017 Expo India *Automation - Industrial Internet of Things Conference* y en 2020 “*Present, future and IoT risks in developing countries*”, SANS ICS Security Summit, entre otras. Pablo también se desempeña como profesor de ciberseguridad en IoT en la Universidad de Buenos Aires. Pablo es Ingeniero en Sistema de la Universidad Tecnológica Nacional, posee un Máster de Seguridad Informática de la Universidad de Buenos Aires (UBA) y tiene dos pos graduaciones en Sistema Embebidos de la UBA y Especialización en *Oil & Gas* del Instituto Tecnológico de Buenos Aires.

Nombre: Lucas Nicolás Scola

Cargo: System Engineer

Empresa: Cisco

Breve reseña: Desde hace más de 3 años Lucas forma parte del equipo de ingeniería de preventa de Cisco para Argentina y está enfocado en redes industriales y plataformas de

IoT. Entre sus clientes se encuentran YPF, Tecpetrol, Pluspetrol y Vista Oil & Gas. Como parte de su labor profesional, provee soporte a diferentes clientes desde el punto de vista técnico, recomendando soluciones, adaptándolas o diseñándolas para que satisfagan las necesidades de los mismos, incluyendo la participación en varias pruebas de concepto de IIoT. Lucas es ingeniero electrónico de la Universidad Nacional de Rosario.

Nombre: Walter Hernán Tourn

Cargo: Chief Operation Officer

Empresa: CABASE – Cámara Argentina de Internet

Breve reseña: Desde hace más de 4 años Walter está a cargo de la operación de los 29 Puntos de Interconexión de Internet (IXP) de CABASE. Como parte de operación e implementación de los IXP, es responsable por la correcta interconexión de los proveedores de Internet (ISP) y de los servicios de Internet de Argentina. Walter es Licenciado en Sistemas en la Universidad de Belgrano y posee una Maestría en Administración de Negocios (MBA) de la Pontificia Universidad Católica Argentina.

Nombre: Eduardo Vigilante

Cargo: Gerente de Operaciones

Empresa: Telcosur

Breve reseña: Eduardo trabaja desde hace más de 22 años en Telcosur como Gerente de Operaciones. Toda su carrera está relacionada con posiciones en telecomunicaciones, habiendo empezado en Telefónica de Argentina y luego en TGS, como *team leader* de telecomunicaciones durante 5 años. Como Gerente de Operaciones de Telcosur también es responsable por las redes de telecomunicaciones de TGS ya que esta última realiza el outsourcing de 100% de sus redes en Telcosur. A modo de referencia, destacamos que TELCOSUR nace a fines del 2000, con el objetivo de aprovechar los activos de infraestructura de Transportadora de Gas del Sur (TGS), su principal accionista.

Nombre: Eugenio Ferrigno

Cargo: Gerente Tecnología de Operaciones Upstream

Empresa: YPF

Breve reseña: Eugenio cuenta con más de veinticinco años de experiencia en la industria de energía, gestionando plantas industriales, metalmecánica y mercados regionales, con

fuerte foco en automatización y optimización de campos petroleros. Autor de diversos *papers*, actualmente ejerce como Gerente de Tecnología de Operaciones Upstream en YPF y es integrante de la Comisión de Producción y Desarrollo de Reservas del Instituto Argentino de Petróleo. Eugenio se define como un entusiasta emprendedor, enfocado en la innovación y abordaje disruptivo de los desafíos. Es Ingeniero Mecánico y Marino de la Universidad de la Marina Mercante y posee un MBA de la Universidad Austral.

