

ROL DE LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES “I4.0” EN LAS MEDIANAS Y GRANDES EMPRESAS EN COLOMBIA

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para obtener el título de

Maestría en Gerencia de Operaciones
(Modalidad de profundización)

Ing. Jairo Velásquez Ruiz

Director

César Augusto Bernal Torres

Universidad de La Sabana

Escuela Internacional de Ciencias Económicas y Administrativas

Chía, Colombia

2021

Resumen: Los cambios tecnológicos avanzan cada vez más rápido, y la llegada de nuevas tecnologías emergentes han generado una revolución digital en los diferentes sectores económicos alrededor del mundo y que avanza de forma vertiginosa, aunque de manera lenta en los países en vía de desarrollo. Teniendo en cuenta la injerencia de las tecnologías en el desempeño organizacional de las empresas, esta investigación se orientó a analizar el rol que están teniendo las tecnologías 4.0 en el desempeño organizacional de las medianas y grandes empresas en Colombia. Para esto se aplicó una encuesta en escala Likert a directivos de igual número de empresas. Los resultados indican que, en general, hay una mediana aceptación de parte de las empresas participantes del estudio respecto del uso de las tecnologías I4.0 y que, no existe diferencias en el uso y aceptación de unas tecnologías más que otras, ni que, esta percepción sea afectada de manera significativa por el tamaño, la antigüedad o el sector económico de la empresa, además del origen de su capital (extranjero y/o nacional).

Palabras Claves: Desempeño organizacional, tecnologías emergentes, Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), Tecnologías de la Operación, soluciones informáticas.

Abstract: Technological changes are moving faster and faster, and the arrival of new emerging technologies has generated a digital revolution in the different economic sectors around the world, and is advancing in a vertiginous way, albeit slowly in developing countries.

Considering the interference of technologies in the organizational performance of companies, this research was aimed at analyzing the role that 4.0 technologies are playing in the organizational performance of medium and large companies in Colombia. To achieve this goal, a Likert scale survey was applied to managers of the same number of companies. The results indicate that, in general, there is a medium acceptance on the part of the companies participating in the study regarding the use of I4.0 technologies and that there are no differences in the use and acceptance of some technologies more than others, nor that, this perception is significantly affected by the size, age or economic sector of the company, in addition to the origin of its capital (foreign and / or national)

Keywords: organizational changes, Emerging Technologies, Information and Communications Technologies (ICT), Operational Technologies, computer solutions.

TABLA DE CONTENIDO

LISTADO DE IMÁGENES	6
GLOSARIO	12
ACRÓNIMOS	13
1. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Propuesta de solución	14
1.2. Estructura del documento	15
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
2.1. Preguntas y objetivos de la investigación	16
2.1.1. Preguntas	16
2.1.2. Objetivo general	16
2.1.3. Objetivos específicos	16
2.2. Justificación y delimitación del estudio	16
2.3. Revisión de la literatura	17
2.3.1. Industria 4.0	17
2.3.2. Industria 4.0 y desempeño Organizacional	25
2.3.2.1. Las 4 perspectivas del impacto de I4.0 en las empresas	25
2.3.2.2. Impacto en las habilidades de los empleados en Industria 4.0	27
2.3.2.3. Industria 4.0 y su trascendencia en el medio ambiente	31
2.3.2.4. Industria 4.0 y los resultados financieros en las empresas	34
2.3.3. Situación de la Industria en Colombia e I4.0	36
3. DISEÑO METODOLÓGICO	44
3.1. Recolección de la información	44
3.2. Procesamiento de los datos	46
4. RESULTADOS	48
4.1. Caracterización de las empresas	48

4.1.1. Sectores económicos	48
4.1.2. Origen de la inversión	48
4.1.3. Tamaño de la empresa según el número de trabajadores	49
4.1.4. Antigüedad de la empresa: Años de actividad	49
4.2. Caracterización de las tecnologías de I4.0 en las empresas	50
4.2.1. Procesos de automatización y robotización	50
4.2.2. Procesos de digitalizado para la optimización y el monitoreo del trabajo	54
4.2.3. Sistemas tecnológicos de recolección, procesamiento y análisis de datos	58
4.2.4. Análisis para la toma de decisiones	61
4.2.5. Servicios de computación en la nube	65
4.2.6. Servicios digitales (Internet de las Cosas o Product Service Systems)	69
4.2.7. Procesos de uso de blockchain	73
4.2.8. Sistemas de geolocalización	76
4.2.9. Sistemas de ciberseguridad	80
4.2.10. Inteligencia artificial	83
4.2.11. API (Application Programming Interface)	86
4.2.12. Sensorización	90
4.3. Caracterización de las variables de desempeño en las empresas	93
4.3.1. Mejoras en el desempeño laboral de las personan que en ella trabajamos	93
4.3.2. Reducción en accidentes de trabajo	93
4.3.3. Mejoras a los procesos, los tiempos de ciclo de producción y la prestación del servicio o calidad y entrega del producto o la prestación del servicio	94
4.3.4. Mejoras significativas en los productos y/o servicios	95
4.3.5. Reducciones en el nivel de inventario en proceso (WIP)	95
4.3.6. Mejoras en el impacto de las actividades de la empresa en el medio ambiente	96
4.3.7. Mejoras en las relaciones de la empresa con la comunidad	96
4.3.8. Mejoras en las relaciones con los clientes	97
4.3.9. Mejoras en las relaciones con los proveedores	98
4.3.10. Reducción en los costos de los procesos de producción y/o prestación de servicios	98

4.3.11. Incrementar las ventas	99
4.3.12. Mejorar (aumentar) las utilidades de la empresa	99
5. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS	101
5.1. Conclusiones	101
5.2. Perspectiva de investigación	103
Referencias	104

LISTADO DE IMÁGENES

Imagen 1. Etapas de la Revolución Industrial, tomado (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013)	18
Imagen 2. Los nueve pilares de I4.0, tomado de (Gerbert, y otros, 2015)	20
Imagen 3. Métricas de Desempeño para el Impacto Procedimental, tomado de (Essakly, Wichmann, & Spengler, 2019)	25
Imagen 4. Métricas de Desempeño para el Impacto ecológico, tomado de (Essakly, Wichmann, & Spengler, 2019)	26
Imagen 5. Métricas de Desempeño para el Impacto social, tomado de (Essakly, Wichmann, & Spengler, 2019)	26
Imagen 6. Métricas de Desempeño para el Impacto tecnológico, tomado de (Essakly, Wichmann, & Spengler, 2019)	27
Imagen 7. Los nueve pilares del avance tecnológico y su impacto desde una perspectiva tecnológica, tomado de (Essakly, Wichmann, & Spengler, 2019)	27
Imagen 8. Elaboración de Datos para Q21Virtual, Realidad Aumentada y Mixta, a.y 2015-16 and 2016-17, tomado de (Motyl, Baronio, Uberti, Speranza, & Filippi, 2017)	28
Imagen 9. Elaboración de Datos para Q21 Prototipado Rápido, Impresión 3D y FABLAB, a.y 2015-16 and 2016-17, tomado de (Motyl, Baronio, Uberti, Speranza, & Filippi, 2017)	29
Imagen 10. Elaboración de Datos para Q21 Industria 4.0 y Fábrica Inteligente, a.y. 2016-17, tomado de (Motyl, Baronio, Uberti, Speranza, & Filippi, 2017)	29
Imagen 11. NA: Valores no ajustados son una replicación directa de Frey y Osborne; A: Valores ajustados consideran el rezago en la adopción de las nuevas tecnologías, tomado de (Copete Hinestroza, 2020)	30
Imagen 12. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la agenda 2030 de la ONU	33
Imagen 13. Reporte Estadísticas de la situación digital de Colombia durante 2019 y 2020 de <i>We Are Social y Hootsuite</i> a enero 2020. Tomado de (Branch, 2020)	37
Imagen 14. Crecimiento Digital enero/abril 2019 vs enero 2020 de <i>We Are Social y Hootsuite</i> a enero 2020. Tomado de (Branch, 2020)	38
Imagen 15. Evolución empresas con estrategia de transformación digital. Fuente: ANDI. Encuesta de Transformación Digital 2019	39

Imagen 16. Empresas con estrategia de transformación digital. Fuente: ANDI. Encuesta de Transformación Digital 2019	39
Imagen 17. Tiempo de Digitalización. Fuente: ANDI. Encuesta de Transformación Digital 2019	40
Imagen 18. Conocimiento Cuarta Revolución Industrial. Fuente: ANDI. Encuesta de Transformación Digital 2019	40
Imagen 19. Conocimiento Cuarta Revolución Industrial. Fuente: ANDI. Encuesta de Transformación Digital 2019	40
Imagen 20. Conocimiento tecnologías emergentes (Manufactura). Fuente: ANDI. Encuesta de Transformación Digital 2019	41
Imagen 21. Conocimiento tecnologías emergentes (Servicios). Fuente: ANDI. Encuesta de Transformación Digital 2019	41
Imagen 22. Inversión en tecnologías emergentes. Fuente: ANDI. Encuesta de Transformación Digital 2019	42
Imagen 23. Valor Inversión en tecnologías emergentes. Fuente: ANDI. Encuesta de Transformación Digital 2019	42
Imagen 24. Proporción de personas en ocupaciones compatibles con teletrabajo. Fuente: DANE-GEIH 2016 – 2019	43
Imagen 25. Porcentaje de empresas por sector económico	48
Imagen 26. Porcentaje de empresas por el origen de la inversión	48
Imagen 27. Porcentaje de empresas por número de trabajadores	49
Imagen 28. Histograma de antigüedad de la empresa	49
Imagen 29. Porcentaje de empresas por número de actividad	50
Imagen 30. Porcentaje de empresas para automatización y robotización	51
Imagen 31. Diagrama de barras de empresas por sector para automatización y robotización	51
Imagen 32. Diagrama de barras de empresas por origen de la inversión para automatización y robotización	52
Imagen 33. Diagrama de barras de empresas por tamaño para automatización y robotización	53
Imagen 34. Diagrama de barras de empresas por antigüedad para automatización y robotización	54
Imagen 35. Porcentaje de empresas para digitalizado y monitoreo del trabajo	55
Imagen 36. Diagrama de barras de empresas por sector para digitalizado y monitoreo del trabajo	55

Imagen 37. Diagrama de barras de empresas por origen de la inversión para digitalizado y monitoreo del trabajo	56
Imagen 38. Diagrama de barras de empresas por tamaño para digitalizado y monitoreo del trabajo	57
Imagen 39. Diagrama de barras de empresas por antigüedad para digitalizado y monitoreo del trabajo	57
Imagen 40. Porcentaje de empresas para sistemas tecnológicos de recolección, procesamiento y análisis de datos	58
Imagen 41. Diagrama de barras de empresas por sector para sistemas tecnológicos de recolección, procesamiento y análisis de datos	59
Imagen 42. Diagrama de barras de empresas por origen de la inversión para sistemas tecnológicos de recolección, procesamiento y análisis de datos	60
Imagen 43. Diagrama de barras de empresas por tamaño para sistemas tecnológicos de recolección, procesamiento y análisis de datos	61
Imagen 44. Diagrama de barras de empresas por antigüedad para sistemas tecnológicos de recolección, procesamiento y análisis de datos	62
Imagen 45. Porcentaje de empresas para análisis para la toma de decisiones	63
Imagen 46. Diagrama de barras de empresas por sector para análisis para la toma de decisiones	63
Imagen 47. Diagrama de barras de empresas por origen de la inversión para análisis para la toma de decisiones	64
Imagen 48. Diagrama de barras de empresas por tamaño para análisis para la toma de decisiones	65
Imagen 49. Diagrama de barras de empresas por antigüedad para análisis para la toma de decisiones	65
Imagen 50. Porcentaje de empresas para servicios de computación en la nube	66
Imagen 51. Diagrama de barras de empresas por sector para servicios de computación en la nube	67
Imagen 52. Diagrama de barras de empresas por origen de la inversión para servicios de computación en la nube	67
Imagen 53. Diagrama de barras de empresas por tamaño para servicios de computación en la nube	68
Imagen 54. Diagrama de barras de empresas por antigüedad para servicios de computación en la nube	69

Imagen 55. Porcentaje de empresas para servicios digitales (Internet de las Cosas o Product Service Systems)	70
Imagen 56. Diagrama de barras de empresas por sector para servicios digitales (Internet de las Cosas o Product Service Systems)	70
Imagen 57. Diagrama de barras de empresas por origen de la inversión para servicios digitales (Internet de las Cosas o Product Service Systems)	71
Imagen 58. Diagrama de barras de empresas por tamaño para servicios digitales (Internet de las Cosas o Product Service Systems)	72
Imagen 59. Diagrama de barras de empresas por antigüedad para servicios digitales (Internet de las Cosas o Product Service Systems)	72
Imagen 60. Porcentaje de empresas para procesos de uso de blockchain	73
Imagen 61. Diagrama de barras de empresas por sector para procesos de uso de blockchain	74
Imagen 62. Diagrama de barras de empresas por origen de la inversión para procesos de uso de blockchain	74
Imagen 63. Diagrama de barras de empresas por tamaño para procesos de uso de blockchain	75
Imagen 64. Diagrama de barras de empresas por antigüedad para procesos de uso de blockchain	76
Imagen 65. Porcentaje de empresas para sistemas de geolocalización	76
Imagen 66. Diagrama de barras de empresas por sector para sistemas de geolocalización	77
Imagen 67. Diagrama de barras de empresas por origen de la inversión para sistemas de geolocalización	78
Imagen 68. Diagrama de barras de empresas por tamaño para sistemas de geolocalización	78
Imagen 69. Diagrama de barras de empresas por antigüedad para sistemas de geolocalización	79
Imagen 70. Porcentaje de empresas para sistemas de ciberseguridad	80
Imagen 71. Diagrama de barras de empresas por sector para sistemas de ciberseguridad	80
Imagen 72. Diagrama de barras de empresas por origen de la inversión para sistemas de ciberseguridad	81
Imagen 73. Diagrama de barras de empresas por tamaño para sistemas de ciberseguridad	82
Imagen 74. Diagrama de barras de empresas por antigüedad para sistemas de ciberseguridad	82
Imagen 75. Porcentaje de empresas para inteligencia artificial	83
Imagen 76. Diagrama de barras de empresas por sector para inteligencia artificial	84

Imagen 77. Diagrama de barras de empresas por origen de la inversión para inteligencia artificial	84
Imagen 78. Diagrama de barras de empresas por tamaño para inteligencia artificial	85
Imagen 79. Diagrama de barras de empresas por antigüedad para inteligencia artificial	86
Imagen 80. Porcentaje de empresas para API (Application Programming Interface)	87
Imagen 81. Diagrama de barras de empresas por sector para API (Application Programming Interface)	87
Imagen 82. Diagrama de barras de empresas por origen de la inversión para API (Application Programming Interface)	88
Imagen 83. Diagrama de barras de empresas por tamaño para API (Application Programming Interface)	88
Imagen 84. Diagrama de barras de empresas por antigüedad para API (Application Programming Interface)	89
Imagen 85. Porcentaje de empresas para sensorización	90
Imagen 86. Diagrama de barras de empresas por sector para sensorización	90
Imagen 87. Diagrama de barras de empresas por origen de la inversión para sensorización	91
Imagen 88. Diagrama de barras de empresas por tamaño para sensorización	92
Imagen 89. Diagrama de barras de empresas por antigüedad para sensorización	92
Imagen 90. Porcentaje de empresas para mejoras en el desempeño laboral de las personas que en ella trabajamos	93
Imagen 91. Porcentaje de empresas para reducción en accidentes de trabajo	94
Imagen 92. Porcentaje de empresas para mejoras a los procesos, los tiempos de ciclo de producción y la prestación del servicio o calidad y entrega del producto o la prestación del servicio	94
Imagen 93. Porcentaje de empresas para mejoras significativas en los productos y/o servicios	95
Imagen 94. Porcentaje de empresas para reducciones en el nivel de inventario en proceso (WIP)	95
Imagen 95. Porcentaje de empresas para mejoras en el impacto de las actividades de la empresa en el medio ambiente	96
Imagen 96. Porcentaje de empresas para mejoras en las relaciones de la empresa con la comunidad	97
Imagen 97. Porcentaje de empresas para mejoras en las relaciones con los clientes	97
Imagen 98. Porcentaje de empresas para mejoras en las relaciones con los proveedores	98

Imagen 99. Porcentaje de empresas para reducción en los costos de los procesos de producción y/o prestación de servicios	98
Imagen 100. Porcentaje de empresas para incrementar las ventas	99
Imagen 101. Porcentaje de empresas para mejorar (aumentar) las utilidades de la empresa	99

GLOSARIO

Sistemas Ciberfísicos: Un sistema ciber-físico integra capacidades de computación, almacenamiento y comunicación junto con capacidades de seguimiento y/o control de objetos en el mundo físico.

Automatización: Aplicación de máquinas o de procedimientos automáticos en la realización de un proceso o en una industria. Conversión de un movimiento corporal o de un acto mental en un acto automático o involuntario.

Sociedad Digital: Evolución de la sociedad haciendo uso de la tecnología.

Manufactura Aditiva: Tecnología que permite convertir modelos en digitales en objetos tridimensionales sólidos, sin necesidad de moldes.

Crecimiento Digital: Aumento gradual o exponencial de los prospectos o ventas que la empresa conquista a través de los medios digitales.

Tecnologías Emergentes: Innovaciones en desarrollo que en un futuro cambiarán la forma de vivir del ser humano brindándole mayor facilidad a la hora de realizar su trabajo.

Teletrabajo: Trabajo que una persona realiza para una empresa desde un lugar alejado de la sede de esta (habitualmente su propio domicilio), por medio de un sistema de comunicación.

ACRÓNIMOS

I4.0: Industria 4.0. Cuarta revolución industrial.

IoT: Internet of Things (Internet de las Cosas)

CPS: Cyber-Physical System (Sistemas Ciberfísicos)

ANDI: Asociación Nacional de Empresarios de Colombia

ROI: Return of Investment (Retorno de la Inversión)

GRI: Global Reporting Initiative (Iniciativa Global de Información)

APICS: American Production and Inventory Control Society (Asociación Americana de Control de Producción de Inventarios)

TÜV: Technischer Überwachungs-Verein (Asociación de Inspección Técnica)

ONU: Organización de las Naciones Unidas

CAD/CAM: Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing (Diseño Asistido por Computadora/Fabricación Asistida por Computadora)

TIC: Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

1. INTRODUCCIÓN

Desde inicios del presente siglo se viene haciendo referencia de la cuarta revolución industrial también conocida como Industria 4.0, pero sólo hasta 2011 en una feria de tecnología es utilizado de manera formal el término haciendo referencia a las mejoras aplicadas a la revolución digital (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013) . Esta cuarta revolución ha marcado el mayor número de hitos, comparada con las tres revoluciones industriales anteriores, dado que está basada en Sistemas Ciberfísicos (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013) que permiten interactuar la tecnología con el capital humano de las empresas, facilitando y mejorando el rendimiento en la industria.

Aunque son muchas las tecnologías emergentes asociadas a la industria 4.0, son nueve las que se presentan como pilares de este avance tecnológico (Gerbert, y otros, 2015). Hay muchas tecnologías que están iniciando su desarrollo y se están presentando en países desarrollados como Alemania y Estados Unidos, pero que en un corto plazo tomarán madurez y posiblemente generen nuevos hitos en esta nueva revolución.

La injerencia que tiene la implementación de estas nuevas tecnologías en el desempeño organizacional ha motivado el deseo de entrar en la carrera por la transformación digital en las empresas sin importar el sector en el que se desempeñen, y cada sector tiene preferencias por unas u otras tecnologías emergentes. Estas mejoras en desempeño organizacional cubren perspectivas como la financiera, social y de relación con el recurso humano, tecnológica y hasta relaciones con medio ambiente (Essakly, Wichmann, & Spengler, 2019).

Para Colombia, la transformación digital se ha ido acelerando en los últimos años y ya son muchas las compañías que no sólo tienen mayor conocimiento de las diferentes tecnologías emergentes, como lo demuestran las diferencias en las encuestas de ANDI sobre transformación digital 2016-2017 que pasó de un 43.7% a 65.1% entre las empresas del sector industrial (Pinzón Galán & Orozco Naranjo, 2017), sino que han iniciado implementaciones de estas nuevas tecnologías y han visto resultados positivos en cuanto a desempeño organizacional.

1.1. Propuesta de solución

El enfoque del presente trabajo es determinar cuál es la injerencia e impacto de las nuevas tecnologías emergentes de la industria 4.0 en el desempeño organizacional de las compañías de diferentes sectores empresariales en Colombia.

Para esto se hace uso de análisis descriptivo sobre una encuesta aplicada a un grupo de compañías de los diferentes sectores empresariales en Colombia.

1.2. Estructura del documento

El esquema del documento es el siguiente. El capítulo 2 presenta el planteamiento del problema, es allí donde se determinan las preguntas y objetivos de la investigación, la justificación y delimitaciones del estudio y una revisión del estado del arte de Industria 4.0, desempeño organizacional y la situación de Colombia ante estas tecnologías. El capítulo 3 presenta la metodología utilizada durante el estudio. El capítulo 4 muestra los resultados obtenidos después de realizado los análisis descriptivos. Finalmente, las conclusiones y perspectivas de investigación se presentan en el capítulo 5.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Preguntas y objetivos de la investigación

2.1.1. Preguntas

Este proyecto busca caracterizar las empresas de los diferentes sectores industriales en Colombia en lo referente al uso de las nuevas tecnologías emergentes de la Industria 4.0, y con esto se pretende responder la siguiente pregunta ¿Cuál es el impacto del uso de las I4.0 en el desempeño organizacional de las empresas? Y las siguientes preguntas específicas:

¿Qué tecnologías emergentes están siendo más utilizadas por las medianas y grandes empresas en Colombia?

¿Hay tecnologías emergentes aún desconocidas por los empresarios en el país?

2.1.2. Objetivo general

Analizar el rol que están teniendo las tecnologías 4.0 en el desempeño organizacional de las medianas y grandes empresas en Colombia.

2.1.3. Objetivos específicos

- Caracterizar el nivel de uso de las I4.0 por parte de las empresas en Colombia.
- Evaluar si Industria 4.0 influye en las cuatro perspectivas que caracterizan el impacto en las empresas en Colombia: procedimental, ecológica, social y tecnológica.
- Identificar las tecnologías de Industria 4.0 que son menos influyentes en la actividad de las empresas en Colombia.

2.2. Justificación y delimitación del estudio

Industria 4.0 es una realidad y todos los países han entrado de una u otra forma en la carrera por la transformación digital, desde los países desarrollados hasta aquellos que se encuentran en vía de desarrollo. Colombia no es la excepción, y al formar parte de los países emergentes en la implementación de esta transformación en América Latina ha mostrado una aceleración importante en los últimos años, con un incremento no sólo en el conocimiento de estas tecnologías, sino también en la cantidad de compañías que han iniciado esta transformación. Es

por esto que adelantar un estudio y análisis del comportamiento de las diferentes industrias ante estas tecnologías y como logran afectar positivamente el desempeño organizacional nos dará el conocimiento y entendimiento de lo importante que es esta tendencia que no tiene pausa y que cada vez más se presenta como una necesidad y no como una moda de estar en la carrera de las I4.0, y por explotar al máximo las grandes inversiones que esto conlleva. Además, no entrar en este cambio tecnológico puede llevar a las empresas a ser relegadas ante sus competidores no sólo a nivel nacional, sino regional e internacional.

Para el desarrollo del presente proyecto se tomaron empresas de índole nacional con capitales nacionales, extranjeros o mixtos, pero con sedes de sus oficinas principales en la ciudad de Bogotá D.C., esto nos ayuda a no extendernos por todo el país, pero sí a tener conocimiento de compañías que ejercen sus actividades a nivel nacional.

2.3. Revisión de la literatura

2.3.1. Industria 4.0

A través de los años, las diferentes revoluciones industriales han generado cambios radicales en los procesos de producción y todos los procesos relacionados, así como en la sociedad. Desde hace cerca de una década (2011) se viene haciendo referencia a la cuarta revolución, denominada “revolución digital o “I4.0” (evolución de la tercera revolución industrial). Las economías en el mundo industrializado se están moviendo a la industria 4.0, y la razón por la que cada economía se está moviendo a la era 4.0, es que esta puede actuar como una palanca al resurgimiento de la fabricación, especialmente para los países industrializados (Zheng, Ardolino, Perona, & Bacchetti, 2018). Las tres primeras revoluciones industriales trajeron mecanización, electricidad y tecnologías de la información en la producción humana (Qin, Liu, & Grosvenor, 2016).

El termino industria 4.0 o I4.0, o conocida en diferentes países como fabricación avanzada, industria inteligente, ciber industria o industria digital toma su nombre dado que se entiende que la aplicación de nuevas tecnologías conlleva a una cuarta revolución industrial después de haber pasado por tres revoluciones industriales en los últimos 200 años. Una primera revolución industrial demarcada por el uso de las máquinas de vapor, la energía hidráulica y la mecanización (1760 -1840), donde se pasó de una economía basada en la agricultura y el comercio a una economía de carácter industrial y mecanizada. La segunda revolución industrial donde se aplican las cadenas de montaje y la producción industrial en serie, acompañados de la aparición de nuevas fuentes de energía como el

petróleo y la electricidad (1859-1914). La tercera revolución industrial en la que se hacen presente la electrónica y tecnologías diferentes demarca un nexo menor con las dos revoluciones anteriores (1960-actual). La cuarta revolución industrial se sitúa en Alemania como un proyecto de alta tecnología del Gobierno Federal de Alemania, para promover la computarización de la manufactura. El término “Industria 4.0” fue utilizado por primera vez en la Feria de Hannover en el año 2011 y hace referencia a las mejoras aplicadas a la revolución digital (tercera revolución industrial), con el fin de integrar la tecnología con las sociedades e incluso con el cuerpo humano. Los promotores de esta idea esperan que Industria 4.0 entregue mejoras fundamentales a los procesos industriales involucrados en fabricación, ingeniería, uso de materiales y cadena de suministro y la gestión de ciclo de vida (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013).

Esto se ilustra en la figura 1 donde se nota que esta cuarta revolución es precedida por hitos que marcan cada una de las revoluciones anteriores (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013).

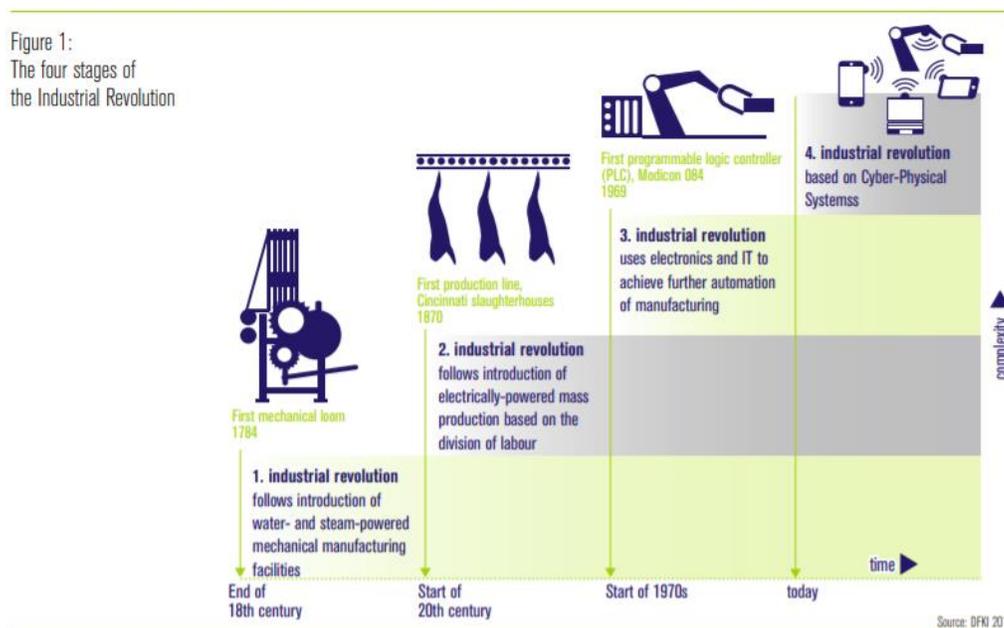


Imagen 1. Etapas de la Revolución Industrial, tomado de (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013)

Klaus Schwab, fundador del Foro Económico Mundial y autor del libro *The Fourth Industrial Revolution* (La Cuarta Revolución Industrial) describe la cuarta revolución industrial así:

“Comenzó a principios de este siglo y tuvo como base la revolución digital. Está caracterizada por un Internet mucho más móvil y mundial, por sensores más pequeños y más potentes, y por inteligencia artificial y aprendizaje automático”, y agrega que “una revolución industrial se caracteriza por el surgimiento de “nuevas tecnologías y nuevas maneras de percibir el mundo que impulsan un cambio profundo en la economía y la estructura de la sociedad”.

En las dos primeras revoluciones industriales, aunque con tecnologías de tipo mecanizado y en la tercera con tecnología digital, se marcaron hitos en la sociedad. La cuarta revolución industrial, aunque derivada de la tercera no es la excepción; el impacto en la sociedad, la forma en que vivimos y vemos las cosas, la forma en que producimos los insumos y bienes, la forma en que se distribuyen y adquieren está marcando un hito que se creería aún mayor que las tres revoluciones anteriores. Con Industria 4.0 aplicada a la manufactura, la producción se verá transformada. Las células aisladas y optimizadas se unirán como un flujo de producción totalmente integrado, automatizado y optimizado, lo que conducirá a una mayor eficiencia y a cambiar las relaciones de producción tradicionales entre proveedores, productores y clientes, así como entre humanos y máquinas (Gerbert, y otros, 2015).

Al participar las nuevas tecnologías emergentes en los diferentes sectores de la producción, esta es una revolución basada en el uso de Sistemas Ciberfísicos (CPS) (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013). En este marco, deben esperarse varios cambios para el mundo industrial como la introducción de nuevas oportunidades y modelos de negocio, e innovadoras plataformas CPS basadas en servicios y habilitados en tiempo real con el surgimiento de una nueva infraestructura social para los lugares de trabajo. La visión compartida sobre el marco de la Industria 4.0 considera el uso masivo de sistemas inteligentes en red e internet de las cosas (IoT). De esta manera el foco de Industria 4.0 es la creación de productos, procedimientos y procesos inteligentes (Motyl, Baronio, Uberti, Speranza, & Filippi, 2017).

Aunque son muchas las tecnologías emergentes que caracterizan la cuarta revolución industrial, se consideran algunas de ellas como los nueve pilares del avance tecnológico y comprende: Big Data (Análítica de Datos), Autonomous Robots (Robots autónomos o robótica cooperativa), simulación, integración de sistemas universales, internet industrial de las cosas, ciberseguridad, computación en la nube, manufactura aditiva y realidad aumentada (Gerbert, y otros, 2015) como se muestra en la Figura 2.

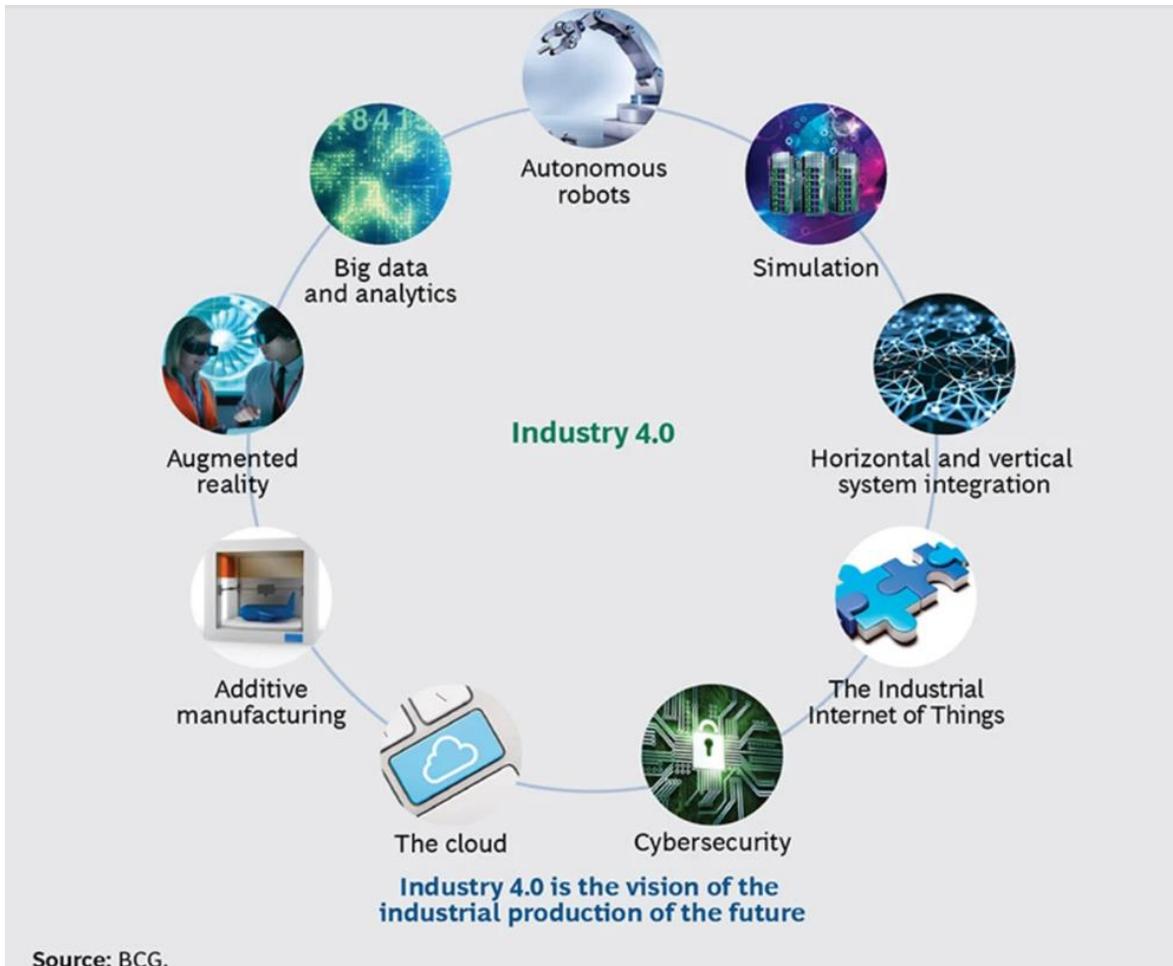


Imagen 2. Los nueve pilares de I4.0, tomado de (Gerbert, y otros, 2015)

- **Big Data (Análítica de Datos).** El análisis basado en grandes conjuntos de datos ha surgido recientemente en el mundo de la fabricación, donde optimiza la calidad de producción, ahorra energía y mejora el servicio del equipo. En un contexto de Industria 4.0, la recopilación y evaluación integral de datos de diferentes fuentes - equipos y sistemas de producción, así como sistemas de gestión de empresas y cliente - se convertirán en estándar para soportar la toma de decisiones en tiempo real (Gerbert, y otros, 2015).
- **Autonomous Robots (Robots autónomos o robótica cooperativa).** Los fabricantes en muchas industrias han usado robots durante mucho tiempo para abordar tareas complejas, pero los robots están evolucionando para una utilidad aún mayor. Se están volviendo más autónomos, flexibles, y cooperativos. Eventualmente, interactuarán

entre sí y trabajarán de manera segura lado a lado con humanos y aprenden de ellos. Estos robots costarán menos y tienen un mayor rango de capacidades que las utilizadas en la fabricación de hoy (Gerbert, y otros, 2015).

- **Simulación.** En la fase de ingeniería, las simulaciones tridimensionales de productos, materiales y procesos de producción ya se encuentran en uso, pero en el futuro, las simulaciones se usarán más ampliamente en las operaciones de la planta también. Estas simulaciones aprovecharán los datos en tiempo real para reflejar el mundo físico en un modelo virtual, que puede incluir máquinas, productos y humanos. Esto permite a los operadores probar y optimizar la configuración de la máquina para el próximo producto en línea en el mundo virtual antes del cambio físico, lo que reduce los tiempos de configuración de la máquina y aumenta la calidad (Gerbert, y otros, 2015).
- **Integración de sistemas universales.** La mayoría de los sistemas informáticos actuales no están completamente integrados. Las empresas, proveedores y clientes están raramente estrechamente vinculados. Tampoco lo son departamentos como ingeniería, producción y servicio. Las funciones desde la empresa hasta el nivel del taller no están completamente integradas. Incluso ingeniería en sí mismo, desde productos hasta plantas y automatización, carece de una integración completa. Pero con la industria 4.0, las empresas, los departamentos, las funciones y las capacidades serán mucho más coherentes, ya que las redes universales de integración de datos entre empresas evolucionan y permiten cadenas de valor verdaderamente automatizadas (Gerbert, y otros, 2015).
- **Internet Industrial de las Cosas.** Hoy en día, solo algunos de los sensores y máquinas de un fabricante están conectados en red y utilizan informática integrada. Normalmente están organizados en una pirámide de automatización vertical en la que sensores y dispositivos de campo con inteligencia limitada y controladores de automatización alimentan un sistema global de control del proceso de fabricación. Pero con el Internet Industrial de las Cosas, se enriquecerán más dispositivos, incluso a veces productos sin terminar con informática integrada y conectada mediante tecnologías estándar. Esto permite a los dispositivos de campo comunicarse e interactuar entre sí y con controladores más centralizados, como sea necesario. También descentraliza el análisis y la toma de decisiones, permitiendo respuestas en tiempo real (Gerbert, y otros, 2015).

- **Ciberseguridad.** Muchas empresas aún dependen de sistemas de gestión y producción que están desconectados o cerrado. Con el aumento en la conectividad y uso de protocolos de comunicaciones estándar que viene con Industria 4.0, la necesidad de proteger sistemas industriales críticos y líneas de fabricación de las amenazas de seguridad cibernética aumenta dramáticamente. Como resultado, son esenciales la seguridad, comunicaciones confiables, así como gestión sofisticada de identidad y acceso de máquinas y usuarios (Gerbert, y otros, 2015).
- **Computación en la nube.** Las empresas ya están utilizando software basado en la nube para algunas empresas y aplicaciones de análisis, pero con la Industria 4.0, más empresas relacionadas con la producción requerirán mayor intercambio de datos entre sitios y los límites de la compañía. Al mismo tiempo, el rendimiento de las tecnologías en la nube mejorará, logrando tiempos de respuesta de sólo varios milisegundos. Como resultado, los datos y la funcionalidad de la máquina se implementarán cada vez más en la nube, permitiendo más servicios basados en datos para sistemas de producción. Incluso sistemas que monitorean y controlan procesos pueden basarse en la nube (Gerbert, y otros, 2015).
- **Manufactura aditiva.** Las empresas acaban de comenzar a adoptar la fabricación aditiva, como la impresión en 3D, que utilizan principalmente para crear prototipos y producir componentes individuales. Con Industria 4.0, estos métodos de fabricación aditiva se utilizarán ampliamente para producir pequeños lotes de productos personalizados que ofrecen ventajas de construcción, como diseños complejos y livianos. Los sistemas de manufactura aditiva de Alto rendimiento y descentralizados reducirán las distancias de transporte y manejo de stock (Gerbert, y otros, 2015).
- **Realidad aumentada.** Los sistemas basados en realidad aumentada admiten una variedad de servicios, como la selección de piezas en un almacén y el envío de instrucciones de reparación a través de dispositivos móviles. Estos sistemas están actualmente en su infancia, pero en el futuro, las empresas harán un uso mucho más amplio de la realidad aumentada para proporcionar a los trabajadores información en tiempo real para mejorar la toma de decisiones y procedimientos del trabajo (Gerbert, y otros, 2015).

El término Industria 4.0 condensa el desarrollo de aplicaciones reales tendientes hacia la aplicación de CPS concretos como módulos de producción cuyo objetivo de la industria es el surgimiento de fábricas digitales caracterizadas por:

1. **Uso de redes inteligentes de comunicación.** Redes de comunicación confiables, integrales y de alta calidad son un requisito clave para Industria 4.0. Por lo tanto, la infraestructura de internet de banda ancha debe ser ampliada con ayuda de las tecnologías de red de los sistemas y equipos automatizados, los sistemas de logística interna y suministros operativos están sincronizados constantemente. Esto permite un acceso directo a los procesos y servicios de alto nivel lo que da lugar a modelos de negocio que apoyan la utilización óptima de los recursos y el control inteligente.
2. **Movilidad.** Los dispositivos móviles ya han hecho avances en la automatización industrial proporcionando facilidad (temporal-espacial) de acceso al sistema automatizado. Esto crea una nueva dirección en el diagnóstico, mantenimiento y operación de estos sistemas.
3. **Flexibilidad.** La industria 4.0 permite una alta flexibilidad tanto en el desarrollo, el diagnóstico y mantenimiento, así como en la operación de sistemas automatizados. En el desarrollo de estos sistemas, se puede seleccionar la mejor oferta de un gran número de proveedores de componentes, módulos y servicios. El diagnóstico puede llevarse a cabo en parte por el usuario. La información del sistema automatizado puede ser recuperada según las exigencias del usuario. El mantenimiento correctivo puede acudir en red de forma automática a los fabricantes adecuados, reduciendo la exigencia de personal calificado.
4. **Protección y seguridad.** La protección y seguridad son críticas para el éxito de los sistemas de fabricación inteligentes. Las instalaciones de producción y los productos mismos no deben ser fuente de riesgos ya sea para las personas o para el medio ambiente. Las instalaciones de producción, productos y datos deben ser protegidos contra el uso indebido y el acceso no autorizado.
5. **Integración de clientes.** Con Industria 4.0 será posible personalizar los productos según las especificaciones del cliente. Los sistemas automatizados del siglo 21 se deben adaptar a los usuarios según sus necesidades y capacidades. Los sistemas automatizados son pensados como sistemas de apoyo a las personas en todas las

situaciones y etapas de la vida, por lo que deben ser seguros, móviles, amigables y sustentables.

6. **Nuevos modelos de negocio.** La producción en el futuro será distribuida y flexible. Se dará paso a nuevos procesos de desarrollo, infraestructura y servicios. Los productos tenderán a ser modulares y configurables para adaptarse fácilmente a requisitos específicos del cliente con lo que se plantean interrogantes sobre como determinar la fiabilidad y la seguridad de estos productos y como certificar su calidad, como proteger los datos y el “know how” en la red, como se afectan las cuestiones éticas, legales y sociales del sistema de producción entre otros.

Para incorporar ciertas capacidades de los CPS en los componentes (maquinas-equipos) de un sistema a nivel industrial se requiere el acondicionamiento; con los sistemas de control adecuados es posible incrementar las características de percepción del entorno, análisis e interpretación de información para la modificación de su operación ante eventos y de acuerdo con la tarea de manufactura (Bannat, y otros, 2011).

Debido a características históricas, políticas y geográficas, diferentes países tienen su propio patrón de fabricación. Para beneficiarse de I4.0, varias instituciones gubernamentales han comenzado a estudiar y evaluar la forma a través de la cual promover este nuevo paradigma. La literatura reciente proporciona algunas contribuciones sobre la implementación de I4.0 en diferentes países. Por ejemplo, hay estudios sobre el nivel de adopción de tecnologías digitales en la República Checa (Basl, 2017) y Croacia (Veza, Mladineo, & Gjeldum, 2016). Por otra parte, los estudios de (Jäger, Schöllhammer, Lickefett, & Bauernhansl, 2016) se centran en la región alemana del Rin-Neckar tratando de comprender cómo las empresas están familiarizadas con I4.0. (Beier, Niehoff, Ziems, & Xue, 2017) debaten sobre los cambios que se espera que la digitalización traiga comparando una economía industrializada (Alemania) con una economía emergente (China). También hay algunas contribuciones destinadas a comprender el desarrollo de I4.0 en países no europeos, como el estudio de (Tortorella & Fettermann, 2017), que examina el contexto de la manufactura brasileña. También hay estudios centrados en la identificación de las habilidades necesarias y experiencia para ser desarrollada en trabajadores jóvenes para estar listos para el marco I4.0. De todos modos, parece que se pone poca atención en la investigación relacionada con los aspectos relacionados con la tecnología, como los beneficios correspondientes, obstáculos y nivel de adopción actual en las empresas (Motyl, Baronio, Uberti, Speranza, & Filippi, 2017).

2.3.2. Industria 4.0 y desempeño Organizacional

2.3.2.1. Las 4 perspectivas del impacto de I4.0 en las empresas

Las mejoras en el desempeño y rendimiento de las empresas se vislumbran en muchos aspectos los cuales influyen no sólo en la parte financiera sino también en las relaciones con los empleados y sus familias, medio ambiente, disminución en la accidentalidad, reducción de desperdicios, mejoras en calidad, trazabilidad entre otras.

Según (Essakly, Wichmann, & Spengler, 2019) para analizar el impacto de las soluciones I4.0 en las empresas, se categoriza el impacto en 4 perspectivas y asignar las métricas de rendimiento apropiadas para evaluarlas.

Perspectiva Procedimental que describe el impacto en el desempeño de los procesos de las empresas y sus desembolsos, por ejemplo, la flexibilidad, productividad, inversión, rentabilidad y costo. Las métricas y modelos de desempeño de esta perspectiva son los muchos modelos y marcos, desarrollados desde una perspectiva de control, que han probado su idoneidad para evaluar el desempeño de procesos empresariales, por ejemplo, indicador sistemas de rentabilidad-liquidez o análisis de ROI, y cuadro de mando integral.

Fiabilidad	Cumplimiento Perfectos de Órdenes (R.L.1.1)
Responsabilidad	Cumplimiento de los ciclos de Órdenes (R.S.1.1)
Agilidad	Adaptabilidad de la Cadena de Suministro al alza A.G.1.1 Adaptabilidad de la Cadena de Suministro a la baja A.G.1.2
Costo	Costo de bienes vendidos (C.O.1.2) Costos Totales en la Gestión de Cadena de Suministro (C.O.1.1)
Gestión de Activos	Rendimiento de Activos Fijos (A.M.1.2) Implementación de Gasto de Inventario (A.M.2.8)

Imagen 3. Métricas de Desempeño para el Impacto Procedimental, tomado de (Essakly, Wichmann, & Spengler, 2019)

Perspectiva ecológica, que describe el impacto de una solución I4.0 en el medio ambiente de la empresa, por ejemplo, consumo de energía, uso de sustancias peligrosas, o emisión de gases tipo invernadero. Las métricas y modelos de desempeño de esta perspectiva es la iniciativa global de información GRI (GRI, 2016). Ofrece una métrica de recomendación muy útil en el contexto de la

evaluación medioambiental de los procesos empresariales. Además, esta recomendación es adoptada por el consejo de la Asociación Americana de Control de Producción e Inventarios (APICS).

Energía	Energía Consumida (GRI302)
Emisiones	Emisiones GHG (GRI305)
Insumos Reciclados	Porcentaje de Insumos reciclados (GRI301)
Desperdicios	Desperdicios líquidos y sólidos (GRI306)

Imagen 4. Métricas de Desempeño para el Impacto ecológico, tomado de (Essakly, Wichmann, & Spengler, 2019)

Perspectiva social, que describe el impacto de las soluciones I4.0 en los componentes humanos de compañías como una perspectiva central de las medianas empresas. De las métricas y modelos de desempeño de esta perspectiva no se conocen pautas generales. Estudios sobre transformación en el entorno laboral en relación con I4.0 apunta a definir medidas estratégicas y políticas para mejorar la implementación de I4.0 en empresas o para anticipar requisitos futuros del mercado laboral transformado. Otros estudios empíricos proponen evaluar la resistencia a cambio y aceptación de la tecnología durante la implementación de nuevas tecnologías.

Resistencia al Cambio	Resistencia al cambio de índice (Empírico)
Requisitos de Calificación	Gastos de contratación y desarrollo de nuevas calificaciones

Imagen 5. Métricas de Desempeño para el Impacto social, tomado de (Essakly, Wichmann, & Spengler, 2019)

Perspectiva tecnológica, que describe los aspectos tecnológicos y los logros obtenidos de las soluciones I4.0, por ejemplo, monitoreo de procesos y ciberseguridad. Las métricas y modelos de desempeño de esta perspectiva hay varios estudios que identifican los criterios de evaluación relevantes. TÜV (*Technischer Überwachungs-Verein*), 2017 define las categorías de evaluación de automatización, conectividad e inteligencia. Para evaluar los sistemas de producción ciberfísicos, Thiede et al. (2016) propusieron un marco utilizando las cuatro dimensiones de evaluación del mundo físico, adquisición de datos, mundo cibernético y retroalimentación/control.

Trazabilidad del Producto	- Cantidad media de datos almacenados por producto y proceso. - Número de procesos rastreados. - Total de errores de datos (relacionados con el producto).
Monitoreo de Procesos	- Cantidad media de información monitoreada por proceso. - Frecuencia de Actualización General. - Total de errores de datos por ciclo.
Reprogramación	- Frecuencia media de actualización de la programación de trabajo. - Media en tiempos de reacción ante eventos inesperados.
Ciberseguridad	- Sistemas de medición de puntuación de usos incorrectos comunes. - Sistemas de medición de puntuación en vulnerabilidades comunes.
Redes	- Media de datos de entrada desde otros procesos. - Media de datos de entrada compartidos entre capacidades de producción similares de un proceso dado.

Imagen 6. Métricas de Desempeño para el Impacto tecnológico, tomado de (Essakly, Wichmann, & Spengler, 2019)

Basado en los nueve pilares del avance tecnológico y los diferentes enfoques para la evaluación de la perspectiva tecnológica, identificamos cinco objetivos principales que motivan la implementación de una solución I4.0. (1) Mejorar la trazabilidad del producto, (2) Mejorar los procesos de monitoreo, (3) Mejorar reacciones ante eventos inesperados mediante la reprogramación, (4) Mejorar la Ciberseguridad y (5) Mejorar la interacción vertical y horizontal mediante la creación de redes.

	Soluciones Industria 4.0				
	Trazabilidad	Monitoreo	Reprogramación	Ciberseguridad	Redes
Robots Autónomos			X		X
Simulación			X		X
Integración de Sistemas Horizontales y Verticales	X	X	X		X
Internet de las Cosas Industrial	X	X	X		X
Ciberseguridad	X	X	X	X	X
Nube	X	X	X	X	X
Manufactura Aditiva			X		X
Realidad Aumentada		X	X		X
Analítica de Datos	X	X		X	

Imagen 7. Los nueve pilares del avance tecnológico y su impacto desde una perspectiva tecnológica, tomado de (Essakly, Wichmann, & Spengler, 2019)

2.3.2.2. Impacto en las habilidades de los empleados en Industria 4.0

Para que el desempeño de Industria 4.0 tenga relevancia en las diferentes perspectivas analizadas y estudiadas hasta el momento, debemos tener en cuenta qué tanta implicancia tiene esta nueva revolución industrial en los estudiantes, quienes se van a enfrentar a estas nuevas tecnologías y requerirán conocimientos referenciados.

Según (Motyl, Baronio, Uberti, Speranza, & Filippi, 2017) en su estudio de “Cómo cambiarán las habilidades de los futuros ingenieros en el marco de la Industria 4.0”, sugieren la necesidad de crear un amplio y mejor conocimiento estructurado de los conceptos básicos relacionados con esta nueva revolución industrial. Entonces, el conocimiento debería ser mejorado e integrado, considerando revisar los contenidos educativos de los cursos, especialmente en lo que respecta a temas técnicos. Una posibilidad interesante está representada por la introducción de novedades en los métodos de enseñanza y aprendizaje fomentando su digitalización, e introduciendo una interacción inteligente entre los distintos actores involucrados. Todas estas observaciones en función de la consideración que, el principal y más importante activo del marco de la Industria 4.0 son las personas. De hecho, la fuerza laboral representa un componente crítico de la transformación empresarial digital. Y sobre todo no debemos olvidar que, en realidad, la cultura y la educación son las claves principales sobre las que se apalanca para promover la conciencia y el conocimiento de estos temas.

Es interesante analizar del estudio realizado por (Motyl, Baronio, Uberti, Speranza, & Filippi, 2017) basado en una encuesta las preguntas referentes a las diferentes tecnologías de la Industria 4.0:

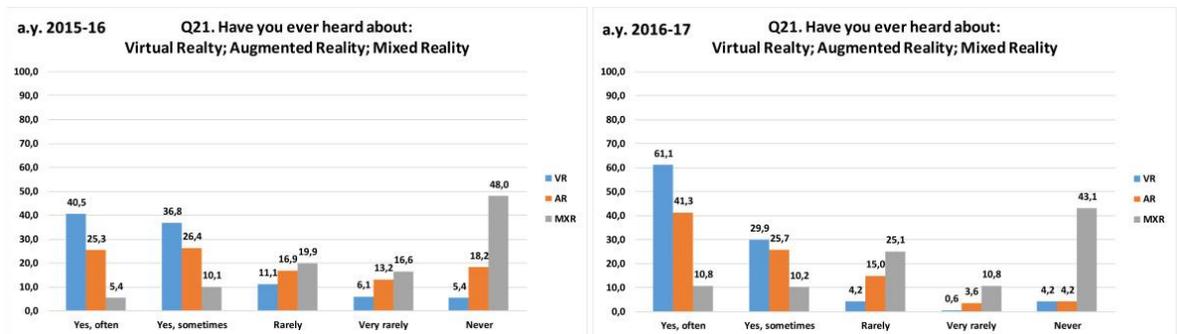


Imagen 8. Elaboración de Datos para Q21Virtual, Realidad Aumentada y Mixta, a.y 2015-16 and 2016-17, tomado de (Motyl, Baronio, Uberti, Speranza, & Filippi, 2017)

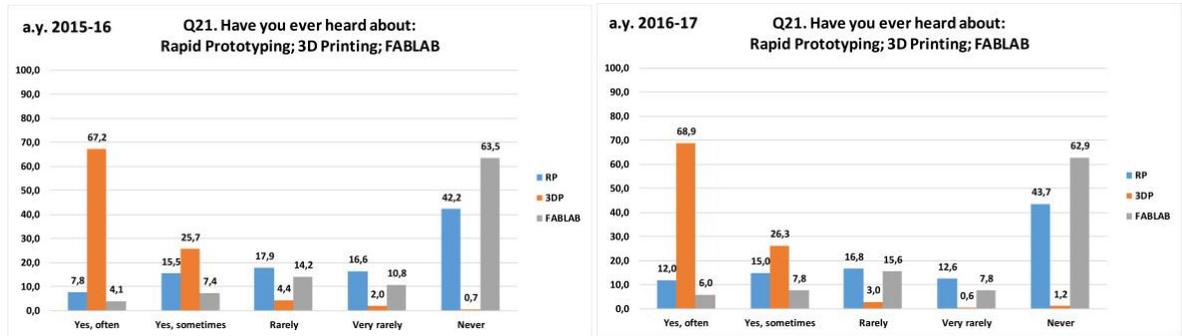


Imagen 9. Elaboración de Datos para Q21 Prototipado Rápido, Impresión 3D y FABLAB, a.y. 2015-16 and 2016-17, tomado de (Motyl, Baronio, Uberti, Speranza, & Filippi, 2017)

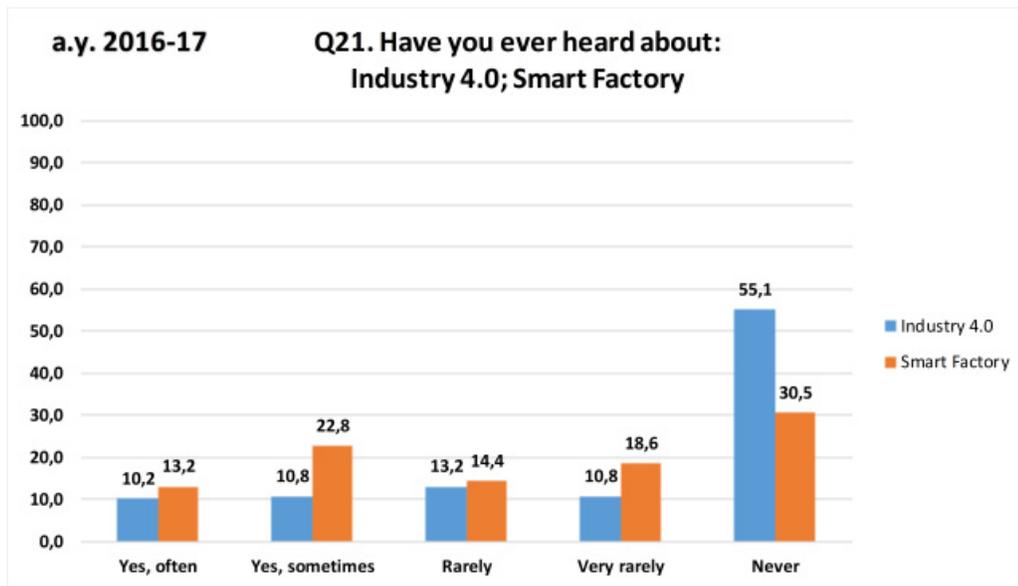


Imagen 10. Elaboración de Datos para Q21 Industria 4.0 y Fábrica Inteligente, a.y. 2016-17, tomado de (Motyl, Baronio, Uberti, Speranza, & Filippi, 2017)

La automatización y las demás tecnologías emergentes se presentan como un riesgo inminente presentado con el modelo de Industria 4.0 tanto a nivel mundial como en América Latina. Haciendo uso de los resultados del estudio realizado por Frey Osborne donde se mide el riesgo de sustitución laboral por tecnología que automatizarán las tareas de los empleados que son rutinarias tenemos que según (Copete Hinestroza, 2020) nos da una visual de cómo se vería afectado el empleo en Latino América cuando se implemente la Industria 4.0 en el cual lo descrito por la CEPAL (2019) los

puestos de trabajo con más riesgo de ser automatizados son los que requieren menos nivel cognitivo o que la mano de obra son menos cualificados.

La figura 11 muestra una tabla de elaboración propia de (Copete Hinestroza, 2020) basado en el método Frey Osborne y un estudio del Banco Mundial (2016) realizado en 11 países de América Latina donde se indica una probabilidad media de automatización no ajustada, luego se toma en cuenta el rezago para la adopción de tecnologías y se observa que el país con mayor proporción de riesgo es Argentina con una probabilidad de automatización de puestos de trabajo del 64% y le sigue Uruguay con un 63%.

País	Autor	Resultados (Probabilidad Promedio)
	Frugoni	62%
Argentina	Aboal y Zunino (2017)	64.1%
	Banco Mundial (2016)	64% NA, 64% A
Bolivia	Banco Mundial (2016)	67% NA / 41% A
Costa Rica	Banco Mundial (2016)	68% NA / 49% A
Ecuador	Banco Mundial (2016)	69% NA / 49% A
El Salvador	Banco Mundial (2016)	75% NA / 46% A
Guatemala	Banco Mundial (2016)	75% NA / 47% A
Panamá	Banco Mundial (2016)	65% NA / 47% A
Paraguay	Banco Mundial (2016)	64% NA / 46% A
República Dominicana	Banco Mundial (2016)	62% NA / 45% A
Uruguay	Aboal y Zunino (2017)	66.4%
	Isabella, Pittaluga y Mullin (s.f)	65%
	Banco Mundial (2016)	63% NA / 63% A

Imagen 11. NA: Valores no ajustados son una replicación directa de Frey y Osborne; A: Valores ajustados consideran el rezago en la adopción de las nuevas tecnologías, tomado de (Copete Hinestroza, 2020)

Según (Velásquez, Alba López, Palencia Pérez, & Suárez, 2019), si bien todavía es temprano para especular sobre problemas de empleo con el advenimiento de la Industria 4.0, lo más probable es que los trabajadores necesitarán adquirir habilidades diferentes o completamente nuevas (Shamim, Cang, Yu, & Li, 2016). Esto puede ayudar a que aumenten las tasas de empleo, pero también alienará a un gran sector de trabajadores. El sector de los trabajadores cuyo trabajo es quizás repetitivo y rutinario enfrentará un duro desafío para mantener sus trabajos. Se deben introducir sistemas educativos nuevos y bastante diferentes, pero esto aún no resuelve el problema para los

trabajadores de más edad. Este es un problema estructural que por su naturaleza puede llevar bastante tiempo resolver.

En el análisis de (Velásquez, Alba López, Palencia Pérez, & Suárez, 2019), los aspectos del entorno laboral y el desarrollo de habilidades están globalmente bien descritos y monitoreados. Muchos estudios enfatizan la creciente necesidad de operadores de fábrica inteligentes y el proceso educativo requerido para su capacitación. Aunque no siempre fue la principal contribución, por lo general fue al menos uno de los requisitos previos más importantes para una introducción exitosa de la fabricación inteligente, la implementación de un nuevo proceso comercial u otra adopción de la Industria 4.0. En el estado actual de las cosas, los trabajadores jóvenes no están preparados ni conscientes de la próxima tendencia en la que probablemente vivirán y trabajarán. Por lo tanto, para abordar este problema, (Petrillo, De Felice, Cioffi, & Zomparelli, 2018) enfatizan la necesidad de crear "sistemas detrás de la fábrica del futuro" y promover pasantías.

Otra cuestión problemática está relacionada con los trabajadores que ya están empleados. En general, se espera que haya una situación potencialmente volátil cuando los trabajadores repetitivos o de trabajo de rutina se enfrenten a un desafío para retener sus trabajos. (Petrillo, De Felice, Cioffi, & Zomparelli, 2018) ven la solución en la capacitación continua; sin embargo, como lo señala (Sung, 2018), la capacitación o incluso un nuevo sistema educativo no resuelve el problema para los trabajadores mayores. Por lo tanto, se define esta área de investigación como importante, enfatizada repetidamente, pero sin una metodología clara sobre cómo resolver el problema. Muchos documentos incluyen sugerencias para herramientas específicas, pero no incluyen un marco de referencia; o, en el mejor de los casos, proporcionan observaciones generales sobre las etapas para tratar el problema, pero no las elaboran en detalle. Parece que hay mucho espacio para una mayor investigación en este ámbito. Sin embargo, debido a la rápida evolución del área, podría no estar completamente claro qué incluir en los nuevos sistemas educativos, excepto el desarrollo de habilidades multidisciplinarias y de TIC en general. Es muy probable que los estudiantes de hoy trabajen en una rama industrial o de servicios que aún no existe o que no existía cuando comenzaron a asistir a la escuela (Maresova, y otros, 2018).

2.3.2.3. Industria 4.0 y su trascendencia en el medio ambiente

Según el estudio *“Tecnología e industria 4.0: la sostenibilidad en la cuarta era industrial”* de (Asociación Cluster de Industrias de Medio Ambiente de Euskadi. Aclima, 2018), para el Congreso Nacional del Medio Ambiente 2018; la Transformación Digital afecta hasta límites insospechados. El medio ambiente es un sector en el que, sin quererlo, también se observa una transformación tecnológica basada en la digitalización y el mundo de los datos. Las tecnologías emergentes están permitiendo a las empresas la sostenibilidad como nunca, haciendo que las cadenas de suministro globales sean más transparentes y rastreables; y ayudando a reducir el uso de envases, residuos y energía.

Un aspecto fundamental en el desarrollo de las tecnologías ambientales 4.0 es la importancia del factor humano para sacar partido a la información disponible. En la actualidad disponemos de gran cantidad de datos, de números que en muchas ocasiones solo se quedan en eso, pues todavía hay que avanzar en el análisis de estos, pero no solo de manera individual, sino también interrelacionando y analizándolos en conjunto, para ello es primordial la estandarización de la información.

El medio ambiente es un tema que no sólo debe preocupar a las empresas, sino también a todas las entidades en el ámbito internacional, tal como lo describe (Garell & Guilera, 2019) en su libro *La Industria 4.0 en la sociedad digital*, la preocupación por que los sistemas productivos sean respetuosos con el medio ambiente para poder reducir significativamente el impacto y los desequilibrios generados por el consumo y el desarrollo humano, teniendo en cuenta la capacidad ecológica limitada del planeta para regenerar sus recursos (huella ecológica) no es algo tan reciente como solemos creer. Si bien en la actualidad ocupa portadas en los medios de comunicación, a la vez que avanza en directrices, normativas y legislaciones, fue en 1987 cuando el llamado informe Bruntland (que forma parte del libro *“Nuestro futuro”*, publicado por la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo) formalizó por primera vez el concepto de desarrollo sostenible y estableció el objetivo de un desarrollo que considerara que los recursos son finitos y que el ecosistema deber ser preservado para disfrute de las futuras generaciones. Un objetivo que conlleva la interiorización de que vivimos en un planeta único donde todo está interconectado y que las decisiones que se toman tienen importantes impactos en el futuro.

Con este objetivo, tanto la totalidad de los procesos industriales, como la forma de uso de los productos manufacturados, deben estar presentes en la asunción del compromiso de hacer posible un modelo de desarrollo sostenible mediante el uso de los recursos naturales con criterios de eficiencia, no contaminación del medio ambiente y reciclaje. Un compromiso prioritario que se

incluye en la agenda 2030, como objetivo noveno de “Industria, innovación e infraestructuras”, en la nueva hoja de ruta del desarrollo sostenible aprobado por las Naciones Unidas. Se puede afirmar que el objetivo de la sostenibilidad y el desarrollo sostenible no es otro que el asociado a que no se pueden agotar los recursos disponibles y que “hay que proteger los medios naturales y que todas las personas deben tener acceso a las mismas oportunidades”. Este compromiso de la ONU está alineado con el acuerdo del G-20, que en diciembre de 2018 ratificó su declaración de 2013 sobre la necesidad de reformas estructurales para fortalecer un crecimiento equilibrado y sostenible mejorando la productividad sin incrementar el consumo de recursos, los desechos y la contaminación.



Imagen 12. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la agenda 2030 de la ONU

Para (Price Waterhouse Cooper Perú, 2018), nos encontramos inmersos en la Cuarta Revolución Industrial—o Industria 4.0- que viene de la mano con una serie de innovaciones, cada vez más rápidas, eficientes y accesibles. La tecnología nos permite estar más conectados y vivir la convergencia entre lo digital y lo físico, incluyendo lo biológico. El internet de las cosas, la realidad virtual y la inteligencia artificial impulsan cambios sociales a la vez que impactan la economía, valores, identidades y posibilidades de las futuras generaciones. Este gran nivel de alcance permite aprovechar la nueva revolución industrial para abordar los problemas ambientales y transformar la manera en que gestionamos el mundo. La recopilación y propiedad de datos, el uso eficiente de los

recursos, la disposición de nuevos materiales y la automatización de procesos facilitarían en gran medida el camino hacia la sostenibilidad.

Una de las tecnologías emergentes más influyentes es blockchain. Su criptografía avanzada e inmutabilidad permiten su uso en el mercado de criptomonedas y hacen que esta tecnología sea cada vez más popular para las finanzas, identidades digitales, sistemas de votación y hasta el sector salud. Usada de forma correcta, el potencial para generar soluciones descentralizadas, desbloqueo natural de capital y empoderamiento de comunidades es significativo; y todas son condiciones esenciales para lograr un cambio positivo en el medio ambiente, donde los desafíos de valor no financiero son tan frecuentes. El informe Building block(chain)s for a better planet, de PwC, propone ocho aspectos en los que esta tecnología puede ayudar al planeta:

- Analiza de manera óptima la cadena de suministro.
- Gestiona los recursos de manera descentralizada y sostenible.
- Habilita nuevas fuentes de financiamiento para proyectos ambientales.
- Impulsa la economía circular.
- Transforma los mercados de carbono y otros mercados ambientales.
- Supervisa, reporta y verifica de manera efectiva a la próxima generación en temas de sostenibilidad.
- Capacidad para mejorar la preparación ante desastres naturales y mejorar la eficacia en rescates.
- Oportunidad para tener una plataforma para gestionar el planeta (Recopilar información relevante, sistemas de monitoreo, entre otros).

2.3.2.4. Industria 4.0 y los resultados financieros en las empresas

Según (Torrent-Sellens, 2019), gran parte de la evidencia disponible está más relacionada con la investigación sobre cómo las tecnologías de la I4.0 modifican el proceso empresarial de generación de valor que con el estudio de los efectos sobre los resultados de las empresas. Básicamente, esto es así por dos razones. En primer lugar, por la falta de información estadística completa sobre los usos empresariales del conjunto de las tecnologías I4.0; y, en segundo lugar, porque, como ya se ha demostrado en otras oleadas del cambio tecnológico digital, el análisis de los efectos de las tecnologías I4.0 sobre los resultados empresariales también debe tener en cuenta las relaciones de

complementariedad que se establecen con otros activos de la empresa, especialmente con el capital humano y con las estructuras de organización del trabajo.

En investigación de (Müller, Fay, & Broche, 2018), que ha utilizado una muestra internacional de 814 empresas que han usado tecnologías de big data y de análisis masivo de datos en el período 2008-2014, obtiene que los usos de estas tecnologías se asocian con mejoras de productividad situadas entre un 3% y un 7%. Al mismo tiempo, también se concluye que la intensidad tecnológica y la capacidad competitiva del subsector de actividad industrial refuerzan la capacidad de las empresas para mejorar su productividad mediante los activos vinculados con las tecnologías I4.0. De hecho, fuera de los sectores intensivos en tecnología, o con una elevada presión competitiva, los efectos de las tecnologías de big data y de análisis masivo de datos sobre la productividad no son significativos.

El análisis realizado por (Torrent-Sellens, 2019) de la investigación realizada por (Dalenogare, Brittes Benítez, Ayala, & Frank, 2018) donde amplía el número de tecnologías 4.0 y el alcance de sus resultados contrastada en una amplia muestra de 2.225 empresas industriales en Brasil durante el año 2016, obtiene datos valorativos, identifica los usos para un conjunto de nueve tecnologías: 1) diseño y manufactura asistidos por computadora (CAD/CAM); 2) sistemas integrados de ingeniería; 3) automatización digital, IoT y sensores; 4) líneas de manufactura flexible; 5) sistemas digitales de control de la producción, tipo ERP o MES (Manufacturing Execution System); 6) grandes datos (big data); 7) productos/servicios digitales; 8) manufactura aditiva y 3D; y 9) servicios de computación en la nube (cloud)– y obtiene tres factores de beneficios esperados: 1) para los productos: personalización, calidad y reducción de los tiempos de lanzamiento; 2) para las operaciones: costes operativos, productividad, y visualización y control; y 3) efectos colaterales o secundarios: sostenibilidad y satisfacción de los trabajadores. Sin embargo, los resultados del análisis predictivo son mixtos. Si nos referimos a los beneficios operativos, los sistemas CAD/CAM, la automatización digital y el big data predicen efectos operativos positivos, mientras que la manufactura aditiva predice efectos negativos. El resto de las tecnologías I4.0 no predice beneficios operativos esperados.

Para (Gilchrist, 2016), las cuatro principales características específicas de la Industria 4.0 son: (1) Integración vertical de sistemas de producción inteligentes; (2) Integración horizontal a través de redes globales de cadenas de valor; (3) Ingeniería completa en toda la cadena de valor; y (4) Aceleración de la fabricación.

(Velásquez, Alba López, Palencia Pérez, & Suárez, 2019) hacen referencia a cada una de estas características de la siguiente manera:

La integración vertical de sistemas de producción inteligentes hace referencia a que las fábricas inteligentes, que son esencialmente el núcleo de la Industria 4.0, no pueden funcionar de manera independiente. Existe la necesidad de establecer redes de fábricas inteligentes, productos inteligentes y otros sistemas de producción inteligentes. La esencia de las redes verticales se deriva del uso de sistemas de producción ciber físicos, que permiten a las fábricas y plantas de fabricación reaccionar rápida y adecuadamente a las variables, tales como niveles de demanda, niveles de existencias, defectos de la máquina y retrasos imprevistos. Del mismo modo, la creación de redes y la integración también implican la logística inteligente y los servicios de marketing de una organización, así como sus servicios inteligentes, ya que la producción se personaliza de tal manera que se individualiza y se dirige específicamente a los clientes.

La integración horizontal a través de redes globales de cadenas de valor facilitará el establecimiento y mantenimiento de redes que crean y agregan valor. La primera relación que viene a la mente cuando se habla de integración horizontal es la que existe entre los socios comerciales y los clientes. Sin embargo, también podría significar la integración de nuevos modelos de negocio en todos los países e incluso en todos los continentes, creando una red global.

La ingeniería completa en toda la cadena de valor significa que toda la cadena de valor en la industria está sujeta a lo que se denomina ingeniería directa, donde el ciclo de vida completo del producto se rastrea desde la producción hasta la entrega al consumidor final. Cuando se trata de componentes industriales, la calidad es el rey. En consecuencia, toda la cadena de valor debe centrarse en la calidad y la satisfacción del cliente, por lo que el fabricante debe crear productos para satisfacer las expectativas del cliente. En la Industria 4.0 se cubre tanto el proceso de producción como el ciclo de vida completo del producto.

La aceleración de la fabricación indica que las operaciones comerciales, particularmente aquellas involucradas en la fabricación, hacen uso de muchas tecnologías, gran parte no son innovadoras o son costosas, y la mayoría de ellas ya existen. Como se puede ver en estas cuatro características de la Industria 4.0, hay un gran enfoque en este concepto de cadena de valor.

2.3.3. Situación de la Industria en Colombia e I4.0

Colombia como todos los países latinoamericanos empiezan a enfrentar los cambios tecnológicos y la implementación de tecnologías emergentes.

Para (Copete Hinestroza, 2020), la muestra más relevante para la industria 4.0 fue el uso de internet para la adquisición de cualquier producto (comercio electrónico). En 2010, el uso de internet en Colombia alcanzaba el 36.5% de la población, pero según el reporte presentado por “We are Social” y “Hootsuite” para “las estadísticas de la situación digital de Colombia durante 2019 y 2020”, el número de usuario de internet en nuestro país es del 69% y porcentajes altos para uso de celulares y redes sociales. Este reporte está basado en datos suministrados por consultoras estadísticas como GlobalWebIndex, Statista, GSMA Intelligence, App Annie, SimilarWeb, LocoWise que recopilaron datos de la situación digital en 153 países.



Imagen 13. Reporte Estadísticas de la situación digital de Colombia durante 2019 y 2020 de We Are Social y Hootsuite a enero 2020. Tomado de (Branch, 2020)

En el mismo reporte también podemos visualizar el incremento de enero/abril 2019 contra enero 2020, que también es significativo representando un aumento en 2.9% en el uso de internet ante un 1.2% de aumento en la población.



Imagen 14. Crecimiento Digital enero/abril 2019 vs enero 2020 de *We Are Social* y *Hootsuite* a enero 2020. Tomado de (Branch, 2020)

Junto al incremento del uso de internet y la presencia de equipos más poderosos, tanto fijos como móviles, y por ende un número mayor de clientes potenciales a los servicios basados en internet, la industria, las compañías prestadoras de servicios y los comercios entran a formar parte de esta transformación digital, iniciando con la comprensión de las implicaciones de la nueva revolución digital. La cuarta revolución industrial es la convergencia entre los sistemas físicos, digitales y biológicos, con lo cual la transformación de los modelos de negocios será un imperativo (Pinzón Galán & Orozco Naranjo, 2017).

En la Encuesta de Transformación Digital de ANDI de 2019 (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia, 2019), siendo la tercera encuesta realizada, al hacer una comparación con las encuestas de 2016 y 2017 respecto a si contaban con una estrategia de transformación digital muestran un incremento representativo que asciende desde el 25.1% para 2016 a 63.5% para 2019. Es notable también el incremento al separar los sectores de servicios y de manufactura.

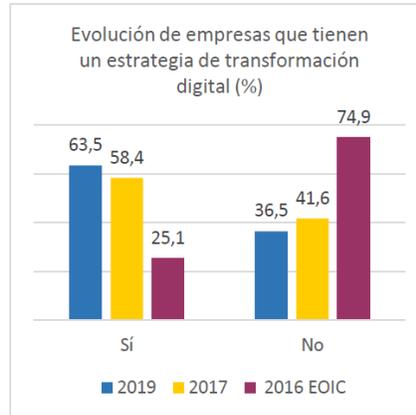


Imagen 15. Fuente: ANDI. Encuesta de Transformación Digital 2019

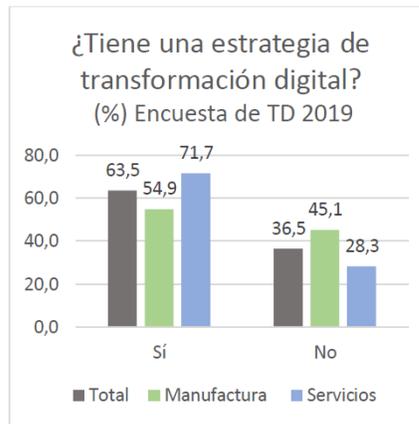


Imagen 16. Fuente: ANDI. Encuesta de Transformación Digital 2019

El sector privado del país reconoce cada vez más necesario la transformación digital de sus modelos de negocios. Lo anterior se evidencia, en mayor medida, en las empresas de servicios, ya que el 71,1% de estas respondieron positivamente a la pregunta de tener una estrategia de transformación digital comparado con el 54,9% de las empresas del sector manufacturero. Esto último genera una oportunidad para que, precisamente, la industria tradicional cambie y, por consiguiente, gracias a la apropiación tecnológica de soluciones digitales como el Internet de las Cosas, Machine Learning, la robótica, la realidad virtual, entre otras, se mejore la productividad de sus empresas (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia, 2019).

La transformación digital es veloz y es la percepción de los empresarios respecto al tiempo que puede tomar en ser digitalizados aspectos como servicio o producto digital, canal de comercialización digital y los procesos digitales. Un 66.8% considera que tomará dos años y sólo el 2.2% considera que tomará 10 años lograr esta transformación.

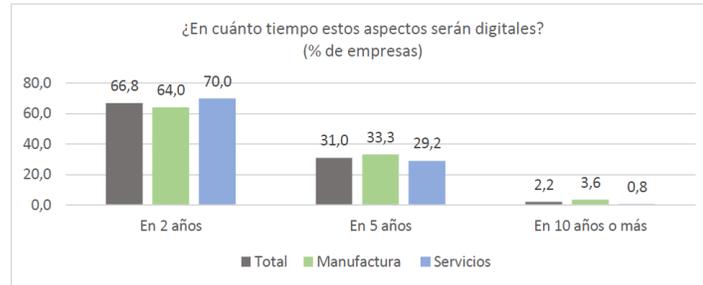


Imagen 17. Fuente: ANDI. Encuesta de Transformación Digital 2019

El conocimiento sobre la cuarta revolución industrial también tiene un incremento perceptible entre la encuesta de 2019 y las encuestas de 2016 y 2017. Con resultados de 88.2% para el año 2019 y 43.6% para el año 2016, los resultados muestran este incremento.

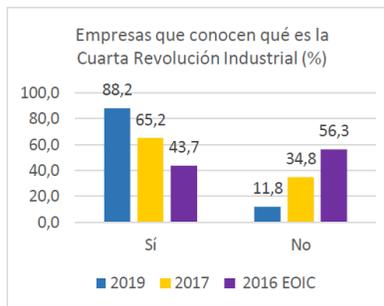


Imagen 18. Fuente: ANDI. Encuesta de Transformación Digital 2019

Es importante resaltar que la tendencia es similar para los sectores de manufactura y servicios.

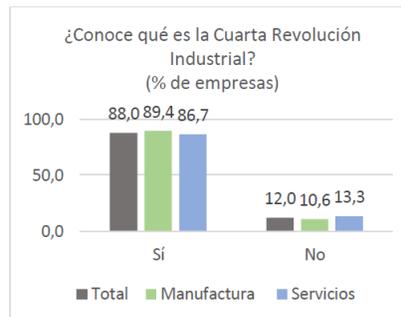


Imagen 19. Fuente: ANDI. Encuesta de Transformación Digital 2019

Al consultar por el conocimiento de las diferentes tecnologías emergentes y su utilización en las empresas, hay ciertas tecnologías que son más relevantes dependiendo el sector en que se desarrollen.

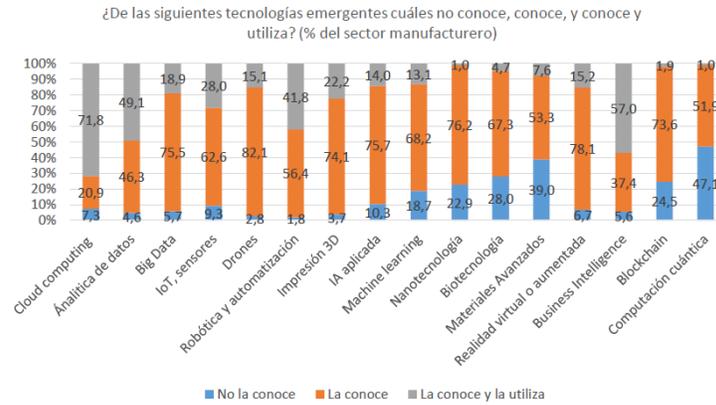


Imagen 20. Fuente: ANDI. Encuesta de Transformación Digital 2019

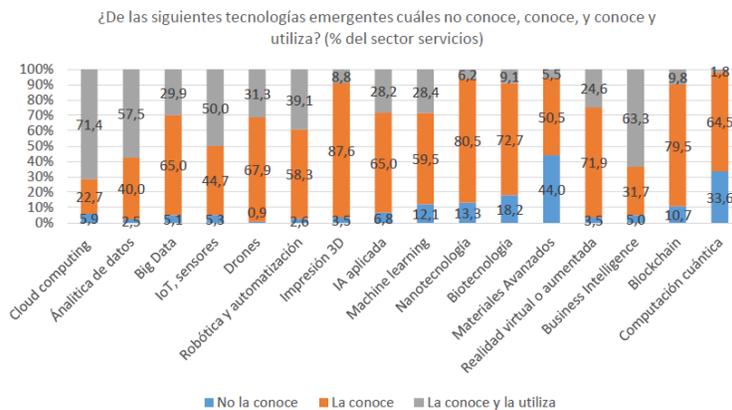


Imagen 21. Fuente: ANDI. Encuesta de Transformación Digital 2019

El uso de tecnologías digitales en las empresas colombianas presenta un sesgo importante, ya que dependiendo el sector se popularizan unas u otras tecnologías, mostrando un sesgo más visible entre el sector de la manufactura y el de servicios. Sólo los servicios de computación en la nube (Cloud Computing se mantienen en el primer lugar en cualquiera de los sectores con usos superiores al 70%. Esto debido a la mayor cobertura y velocidades que se está presentando en las redes de internet en el país. En la actualidad no es complejo mover grandes cantidades de datos a través de internet, generando ahorros en mantenimiento de salas de cómputo en las empresas.

Las compañías manufactureras presentan un sesgo a tecnologías como robotización, impresión 3D, internet de las cosas. Para las compañías de servicios, tecnologías como analítica de datos, Big Data, IoT y sensorización, inteligencia de negocios son más relevantes y presentan un porcentaje representativo en su uso.

Aunque los porcentajes de uso de muchas de estas tecnologías emergentes son relativamente bajos, es de considerar que cada vez más empresas en Colombia están entendiendo que la Industria 4.0 es

una realidad y si no plantean una estrategia para la transformación digital podrían quedar relegadas no sólo en la industria colombiana, sino a nivel mundial.

Ante la pregunta respecto a la realización de inversiones en tecnologías emergentes, se tiene que el 62.7% de las empresas realizó inversiones contra un 37.3% que no las realizó.

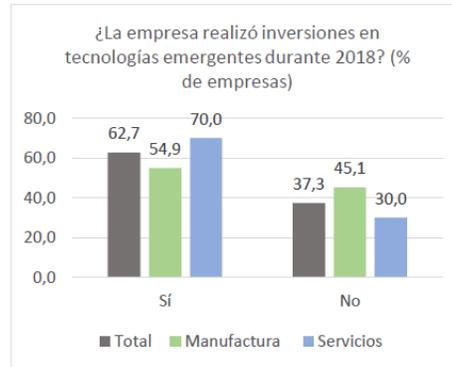


Imagen 22. Fuente: ANDI. Encuesta de Transformación Digital 2019



Imagen 23. Fuente: ANDI. Encuesta de Transformación Digital 2019

Para muchas empresas, tener que amoldarse a las nuevas tecnologías que generan cambios sustanciales en el funcionamiento de estas, se presentó durante el primer trimestre del año 2020. Con la aparición de la pandemia de COVID-19 en Colombia en marzo de 2020, hubo una considerable afectación sobre la fuerza laboral. El cierre de comercios, industrias, las pautas a seguir como distanciamiento social y normas de bioseguridad tomaron de sorpresa a muchas empresas que vieron en el teletrabajo, que no había tenido una relevancia hasta el momento, una solución a la continuidad en la producción generando en muchas ocasiones valor agregado. Para (Cardenas, 2020), los efectos de las medidas de distanciamiento social no son homogéneos entre sectores ni ocupaciones. La incidencia del uso del computador en las tareas y actividades del trabajo, el nivel tecnológico de los diferentes sectores de la economía, la modernización de los sectores, son factores que pueden aumentar o alivianar dichos efectos. Solamente se tiene en cuenta la posibilidad que

una ocupación sea compatible con el teletrabajo. Los resultados muestran que, una quinta parte de los trabajos en Colombia potencialmente puede realizarse desde la casa.

	Total nacional	Formales	Informales
Ocupaciones compatibles con teletrabajo	19.7 %	23.2 %	13.4 %
Ocupaciones no compatibles con teletrabajo	80.3 %	76.9 %	86.6 %

Imagen 24. Proporción de personas en ocupaciones compatibles con teletrabajo. Fuente: DANE-GEIH 2016 - 2019

Este valor está por debajo de la proporción estimada para Estados Unidos (37%). Las diferencias se pueden encontrar en la diferente composición sectorial y la diferente estructura ocupacional. La cifra, no obstante, está acorde a los países de América Latina (Bolivia 15%, Chile 25%) y otros países en desarrollo (Cardenas, 2020).

La figura 20 además muestra la diferencia en incidencia para los trabajadores que se encuentran en la formalidad y en la informalidad. En la informalidad la cifra es casi la mitad. Esto se debe a que en su mayoría son trabajos que requieren bajo nivel de habilidades y competencias (Cardenas, 2020).

3. DISEÑO METODOLÓGICO

Para la realización de la investigación se generó una encuesta formada por tres secciones donde se recopilan en la primera sección datos referentes a la sectorización, origen y tamaño de las empresas; la segunda sección nos permitirá conocer lo referente a la utilización de las empresas encuestadas de las diferentes tecnologías emergentes que se tiene con la industria 4.0 y en la tercera sección que influencia han tenido estas tecnologías en el desempeño organizacional de las empresas.

Las encuestas fueron enviadas a 150 empresas de los diferentes sectores con sus oficinas en la ciudad de Bogotá D.C. y con actividades en todo el territorio nacional, obteniendo respuesta de 61 empresas que se tuvieron en cuenta para el análisis estadístico respectivo.

Para la caracterización del tamaño de las empresas consultadas se utilizó el criterio clásico de número de trabajadores, entendiendo que, aunque es controvertido porque no es un buen indicador de tamaño de empresa y según la reglamentación que hizo el gobierno colombiano en el decreto 957 de 2019, en el contexto global es un indicador que facilita comparativos con empresas de otros países. Dado que el objetivo del proyecto estuvo orientado teniendo en cuenta sólo el tamaño de la empresa y no el sector de su actividad, no se tuvo en cuenta la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU).

3.1. Recolección de la información

La encuesta consta de 54 preguntas dividida en tres secciones. Las secciones dos y tres tienen cinco opciones de respuesta: Totalmente de acuerdo, Parcialmente de acuerdo, Indiferente, Parcialmente en desacuerdo, Totalmente en desacuerdo.

Sección Datos de la compañía

1. Sector de la empresa donde labora
 - a. Manufactura
 - b. Servicios
 - c. Agrícola y Minera
 - d. Comercio
2. Origen de la inversión de la empresa
 - a. Extranjero

- b. Nacional
 - c. Mixto
3. Número de trabajadores en la empresa
- a. Menos de 51
 - b. Entre 51 y 200
 - c. Más de 200
4. Años de actividad de la empresa

Sección Tecnologías emergentes

1. Procesos de automatización o robotización de varias de sus actividades.
2. Procesos de digitalizado para la optimización y el monitoreo del trabajo.
3. Sistemas de uso de etiquetas para la identificación de productos y/o equipos.
4. Sistemas tecnológicos basados en realidad aumentada y/o virtual.
5. Sistemas de prototipado o impresión en 3D.
6. Sistemas de simulación para el diseño y generación de bienes o servicios.
7. Sistemas tecnológicos de recolección, procesamiento y análisis de datos.
8. Analítica para la toma de decisiones.
9. Servicios de computación en la nube.
10. Servicios digitales (Internet de las cosas o Product Service Systems).
11. Procesos de uso de Blockchain.
12. Sistemas de geolocalización.
13. Tecnologías de control remoto (Drones).
14. Plataformas de integración.
15. Sistemas para la fabricación aditiva.
16. Sistemas de ciberseguridad.
17. Inteligencia artificial.
18. Gemelos digitales.
19. Wearables.
20. API (Application Programming Interface).
21. Gamificación.
22. Sensorización.
23. Cobots (robótica colaborativa).

24. Visión artificial (reconocimiento de imagen).
25. Machine learning.

Sección Desempeño Organizacional

1. Mejoras en el clima organizacional.
2. Mejoras en el desempeño laboral de las personas que en ella trabajamos.
3. Reducción de accidentes de trabajo.
4. Procesos para la flexibilización del horario laboral.
5. Mejoras en las relaciones de la empresa con las familias de los trabajadores.
6. Mejoras a los procesos, los tiempos de ciclo de producción y la prestación del servicio o calidad y entrega del producto o la prestación del servicio.
7. Reducción de diferentes tipos de desperdicios.
8. Mejoras significativamente en los productos y/o servicios.
9. Reducciones en el nivel de inventario en proceso (WIP).
10. Mejoras para conocer la trazabilidad (seguimiento) de los productos.
11. Mejoras en la forma de administrar la empresa.
12. Mejoras en el impacto de las actividades de la empresa en el medio ambiente.
13. Mejoras en las relaciones de la empresa con la comunidad.
14. Mejoras en las relaciones de la empresa con las entidades del Estado.
15. Mejoras para la adaptación de la empresa a los estándares internacionales.
16. Mejoras en las relaciones con los clientes.
17. Mejoras en las relaciones con los proveedores.
18. Mejoras en el posicionamiento en el mercado.
19. Mejoras para el acceso a nuevos mercados.
20. Reducción en los costos de los procesos de producción y/o prestación de servicios.
21. Mejoras para la flexibilidad en la producción.
22. Mejora en los procesos integrales de control (particularmente el predictivo).
23. Disminución de las devoluciones o quejas por no conformidad.
24. Incrementar las ventas.
25. Mejorar (aumentar) las utilidades de la empresa.

3.2. Procesamiento de los datos

Para el procesamiento de los datos recolectados se hizo un análisis descriptivo de los puntos de la encuesta más relevantes tanto para las tecnologías emergentes como las variables de desempeño. Para la relevancia de los puntos se tiene en cuenta el impacto sobre las empresas. Las tecnologías de las que las empresas no tienen conocimiento tales como gemelos digitales, gamificación, robótica colaborativa entre otras no se tuvieron en cuenta. De igual forma, las variables de desempeño organizacional que se tuvieron en cuenta para el análisis son las referentes a los empleados, clientes, proveedores, medio ambiente y financiero, ya que fueron las de mayor relevancia en la encuesta. Variables como las relaciones con el estado, procesos integrales de control entre otras no se tuvieron en cuenta.

No se presenta ningún impacto significativo en los resultados conseguidos, ni en los objetivos generales y específicos al obviar estos puntos en el análisis descriptivo.

La prueba ji-cuadrado (χ^2) de Pearson es una de las técnicas estadísticas más utilizadas para evaluar la dependencia o relación de dos variables en la evaluación de datos de conteo o frecuencias, principalmente en los análisis de tablas de contingencia (r x c) donde se resumen datos categóricos. La χ^2 es una prueba de libre distribución (no paramétrica) que mide la discrepancia entre una distribución de frecuencias observadas y esperadas. Dentro de sus características generales, la prueba χ^2 toma valores entre cero e infinito y no tiene valores negativos porque es la suma de valores elevados al cuadrado.

Se considera que los datos provienen de una muestra aleatoria extraída de la población de interés.

Las hipótesis para contrastar para la independencia entre las variables

Ho: No hay asociación entre las variables A|B (Las variables son independientes)

H1: Si hay asociación entre las variables A|B (Las variables no son independientes)

El estadístico de contraste se calcula de la siguiente forma

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \left[\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \right]$$

Donde O_i es el valor observado y E_i el valor esperado

Esta prueba nos permite explorar relaciones entre las características generales de las empresas y el uso de cada una de las tecnologías.

4. RESULTADOS

4.1. Caracterización de las empresas

4.1.1. Sectores económicos

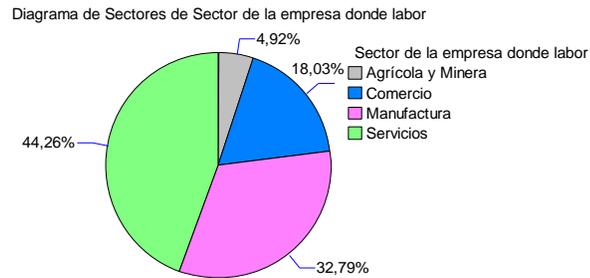


Imagen 25. Porcentaje de empresas por sector económico

Del total de las empresas participantes del estudio, el 44.26% especificó pertenecer al sector servicios, seguido del sector de manufacturas con un 32.79%.

4.1.2. Origen de la inversión

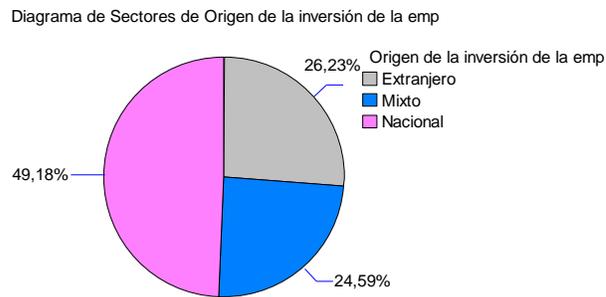


Imagen 26. Porcentaje de empresas por el origen de la inversión

El 49.18% de las empresas encuestadas son de inversión nacional, el 26.23% tienen un capital de inversión extranjero y el restante 24.23% tiene una composición de inversión mixta (Nacional y Extranjero).

4.1.3. Tamaño de la empresa según el número de trabajadores

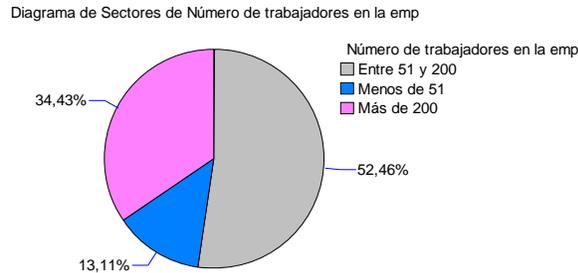


Imagen 27. Porcentaje de empresas por número de trabajadores

La mayoría de las empresas encuestadas pertenecen a la categoría: de medianas empresas (entre 5 y 200 empleados) representando un 52.46% del total. El restante pertenece a las categorías: Grandes empresas 34.43% las cuales tienen más de 200 empleados y microempresas representando el 13.11%.

4.1.4. Antigüedad de la empresa: Años de actividad

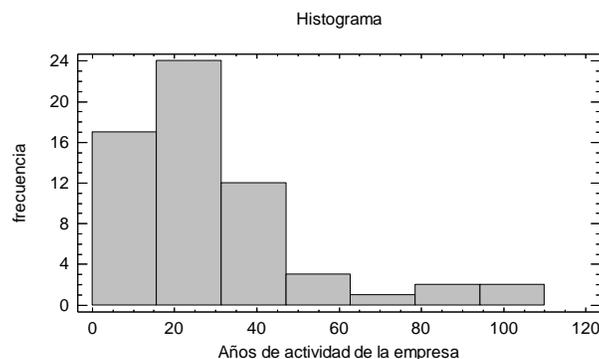


Imagen 28. Histograma de antigüedad de la empresa



Imagen 29. Porcentaje de empresas por número de actividad

Tabla de Frecuencia para Años de actividad de la empresa

Clase	Valor	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Rel. acum.
1	Entre 0 y 5 años	5	0.0820	5	0.0820
2	Entre 11 y 30 años	30	0.4918	35	0.5738
3	Entre 31 y 60 años	16	0.2623	51	0.8361
4	Entre 6 años y 10 años	5	0.0820	56	0.9180
5	mayor de 60 años	5	0.0820	61	1.0000

Esta opción ejecuta una tabulación de frecuencias dividiendo el rango de años de actividad de la empresa en intervalos del mismo ancho, y contando el número de datos en cada intervalo. Las frecuencias muestran el número de datos en cada intervalo, mientras que las frecuencias relativas muestran las proporciones en cada intervalo. Se puede observar que el 57.38% de las empresas tiene menos de 31 años y el 75.41% de las empresas tiene entre 11 y 60 años de actividad, siendo el 49.18% con una antigüedad de 11 y 30 años, por lo que podemos evidenciar que la mayoría de las empresas encuestadas tienen una gran trayectoria con la actividad económica que ejercen.

4.2. Caracterización de las tecnologías de I4.0 en las empresas

4.2.1. Procesos de automatización y robotización

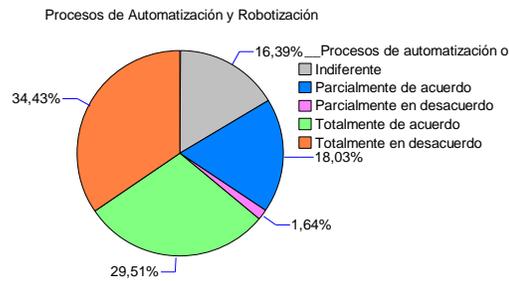


Imagen 30. Porcentaje de empresas para automatización y robotización

Al consultar a las empresas sobre el nivel de percepción de procesos de automatización, el 34.43% está en desacuerdo con estos procesos, un 16.39% no le da importancia al tema, y el 29.51% está totalmente de acuerdo con la implementación de los procesos de automatización y robotización.

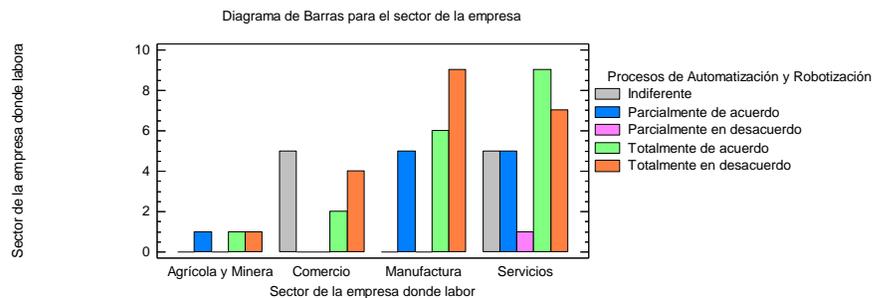


Imagen 31. Diagrama de barras de empresas por sector para automatización y robotización

Al analizar la percepción de acuerdo con el sector de la empresa, se puede evidenciar que el sector que está más en desacuerdo con la utilización de los procesos de automatización y robotización es el sector de la manufactura, de igual forma el que está mayormente de acuerdo es el sector Servicios junto al de manufactura. El sector comercio se muestra como el más indiferente frente a estos procesos tecnológicos.

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	GI	Valor-P
Chi-Cuadrada	15.544	12	0.2130

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no se puede rechazar la hipótesis que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de Procesos de automatización y robotización para un caso en particular pudiera no tener relación con su valor en el sector de la empresa donde labora.

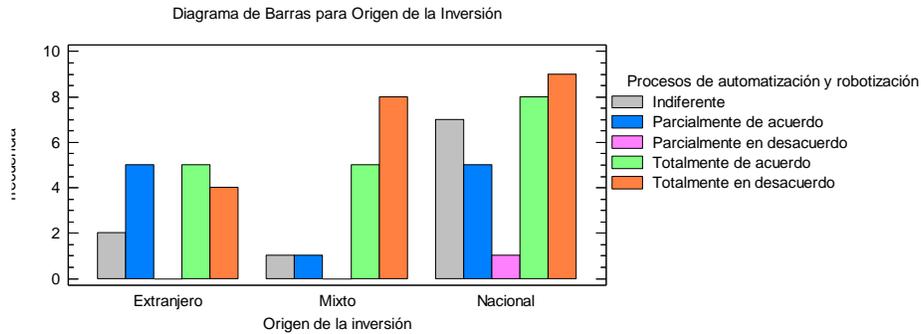


Imagen 32. Diagrama de barras de empresas por origen de la inversión para automatización y robotización

La percepción del acuerdo con el origen de inversión muestra que las empresas con origen de inversión nacional se encuentran gran parte en desacuerdo con la implementación y utilización de los procesos de automatización y robotización, superando el número de empresas que están de acuerdo. Para las empresas con origen de inversión extranjera tienen un comportamiento similar, pero las empresas que manifestaron estar de acuerdo superan a las empresas que no están de acuerdo. Las empresas con inversión de origen mixto, una gran mayoría dijo estar en desacuerdo con la implementación de estos procesos.

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	7.898	8	0.4435

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no se puede rechazar la hipótesis de que las variables evaluadas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor

observado de origen de la inversión de la empresa para un caso en particular pudiera no tener relación con la percepción de utilización e implementación de los procesos independientes.

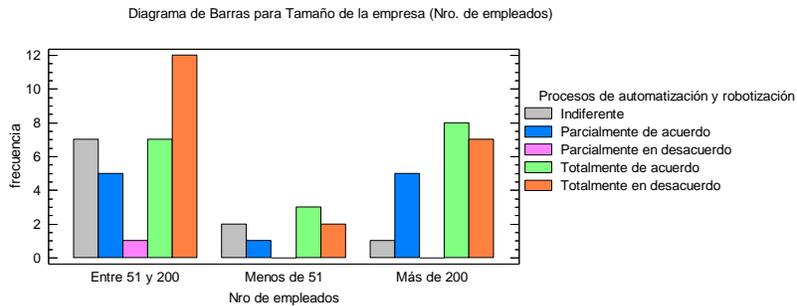


Imagen 33. Diagrama de barras de empresas por tamaño para automatización y robotización

De acuerdo con el tamaño las empresas que menos están de acuerdo con la implementación y utilización de procesos de automatización y robotización son las medianas empresas, las que más están de acuerdo son las grandes empresas.

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	5.846	8	0.6645

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Los resultados de la prueba de hipótesis ejecutada para determinar si se rechaza o no la idea de que las clasificaciones de fila y columna son independientes. Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor los procesos de automatización o para un caso en particular, pudiera no tener relación con el número de trabajadores.

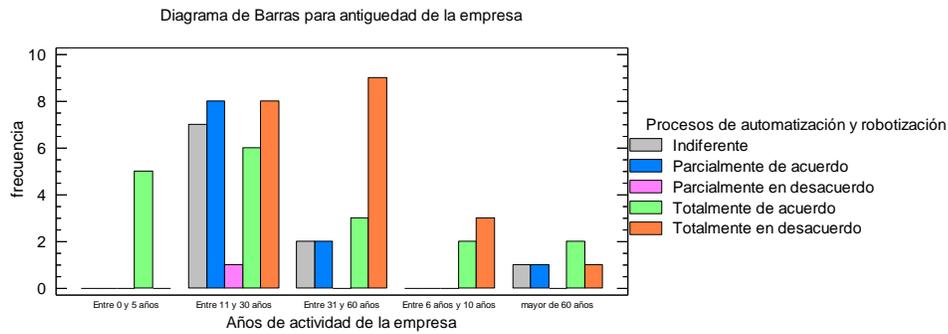


Imagen 34. Diagrama de barras de empresas por antigüedad para automatización y robotización

Las empresas con una antigüedad en su actividad entre 11 y 60 son las que están más en desacuerdo en la implementación y utilización de procesos de automatización y robotización.

Y las que tienen entre 11 y 30 años son las que más se muestran indiferentes.

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	23.119	16	0.1106

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Los resultados de la prueba de hipótesis ejecutada para determinar si se rechaza o no la idea de que las clasificaciones de fila y columna son independientes. Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, los procesos de automatización o para un caso en particular, pudiera no tener relación con los años de actividad de la empresa.

4.2.2. Procesos de digitalizado para la optimización y el monitoreo del trabajo

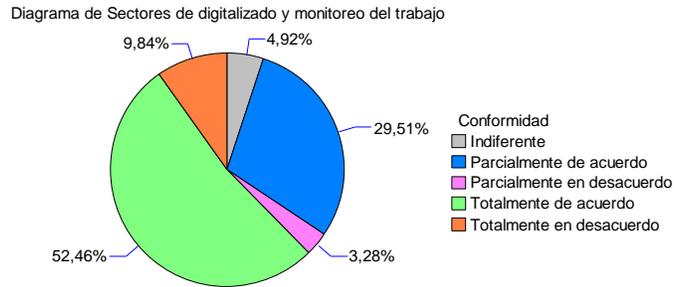


Imagen 35. Porcentaje de empresas para digitalizado y monitoreo del trabajo

El 52.46% de las empresas encuestadas están de acuerdo con la implementación de procesos de digitalizado y monitoreo del trabajo, el 29.51% está parcialmente de acuerdo en la implementación y utilización de estos procesos y solo 9.84% de las empresas se mostró en desacuerdo.

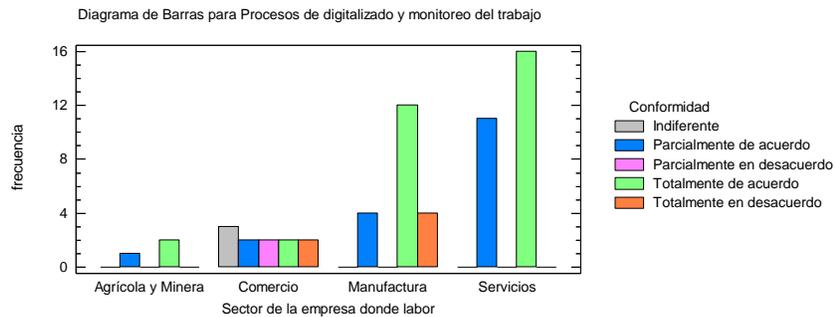


Imagen 36. Diagrama de barras de empresas por sector para digitalizado y monitoreo del trabajo

La mayoría de las empresas de servicios y manufactura están de acuerdo con la implementación de procesos de digitalización. El restante está parcialmente de acuerdo.

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	33.852	12	0.0007

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es menor que 0.05 se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de procesos de digitalizado para optimización y monitoreo del trabajo está relacionado con el sector al que pertenece la empresa.

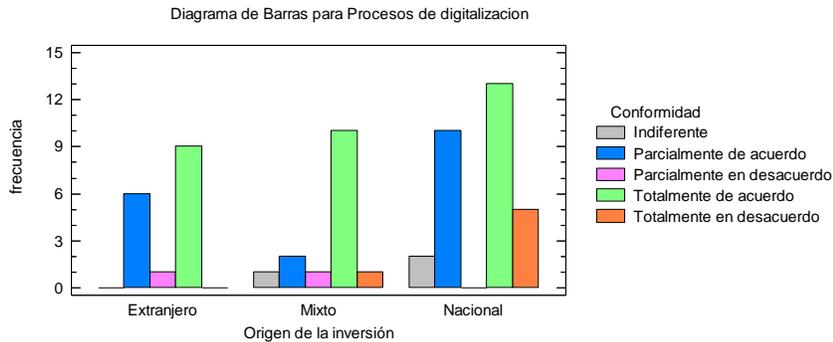


Imagen 37. Diagrama de barras de empresas por origen de la inversión para digitalizado y monitoreo del trabajo

La mayoría de las empresas están de acuerdo con la implementación y utilización de procesos de digitalización y optimización y monitoreo para el trabajo sin importar el origen de la inversión.

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	9.079	8	0.3357

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de procesos de digitalizado para un caso en particular pudiera no tener relación con su valor en origen de la inversión de la empresa.

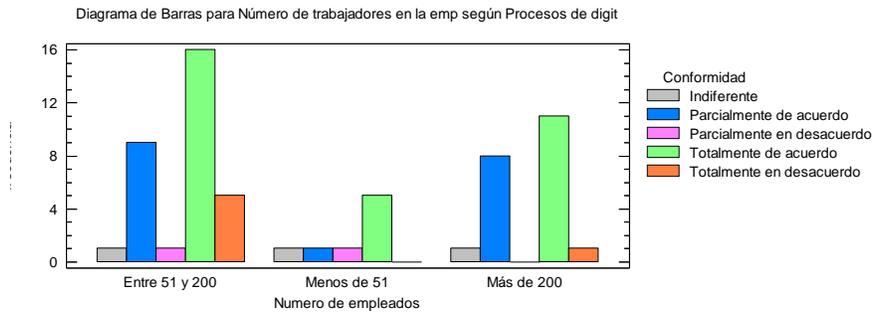


Imagen 38. Diagrama de barras de empresas por tamaño para digitalizado y monitoreo del trabajo

La mayoría de las empresas están de acuerdo con la implementación del proceso de digitalización y optimizado para el monitoreo del trabajo, sin importar el tamaño de la empresa

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	7.858	8	0.4474

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de procesos de digitalizado para un caso en particular pudiera no tener relación con su valor en número de trabajadores en la empresa

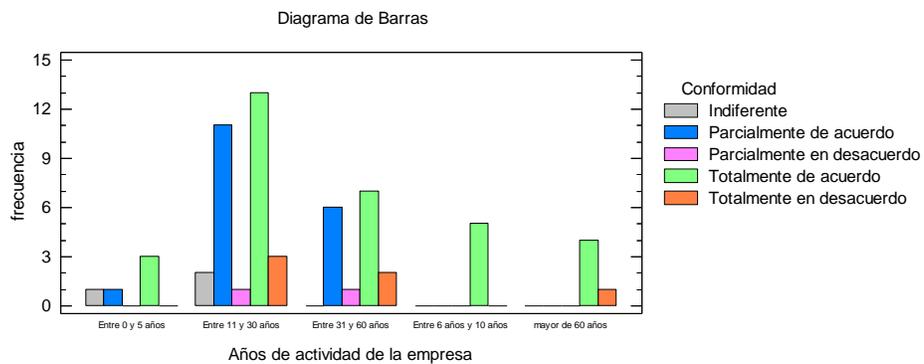


Imagen 39. Diagrama de barras de empresas por antigüedad para digitalizado y monitoreo del trabajo

La mayoría de las empresas muestran estar de acuerdo con la implementación del proceso de digitalización y optimizado para el monitoreo del trabajo sin importar la antigüedad de la actividad de las empresas.

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	13.936	16	0.6035

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de procesos de digitalizado y optimización para el monitoreo del trabajo, para un caso en particular, pudiera no tener relación con su valor en años de actividad de la empresa.

4.2.3. Sistemas tecnológicos de recolección, procesamiento y análisis de datos

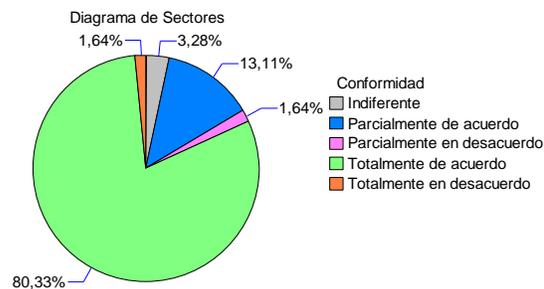


Imagen 40. Porcentaje de empresas para sistemas tecnológicos de recolección, procesamiento y análisis de datos

La mayoría (80.33%) de las empresas encuestadas están de acuerdo con la implementación y usos de los sistemas tecnológicos de recolección, procesamiento y análisis de datos y solo un 1.64% está en desacuerdo con la implementación.

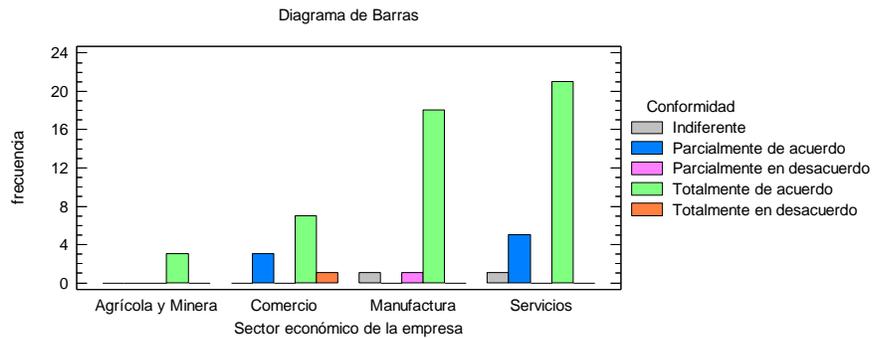


Imagen 41. Diagrama de barras de empresas por sector para sistemas tecnológicos de recolección, procesamiento y análisis de datos

La mayoría de las empresas están de acuerdo con el uso e implementación de sistemas tecnológicos de recolección, procesamiento y análisis de datos sin importar el sector económico

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	13.330	12	0.3455

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado para la conformidad con el uso de tecnologías de recolección, procesamiento y análisis de datos, para un caso en particular, pudiera no tener relación con su valor en sector económico de la empresa.

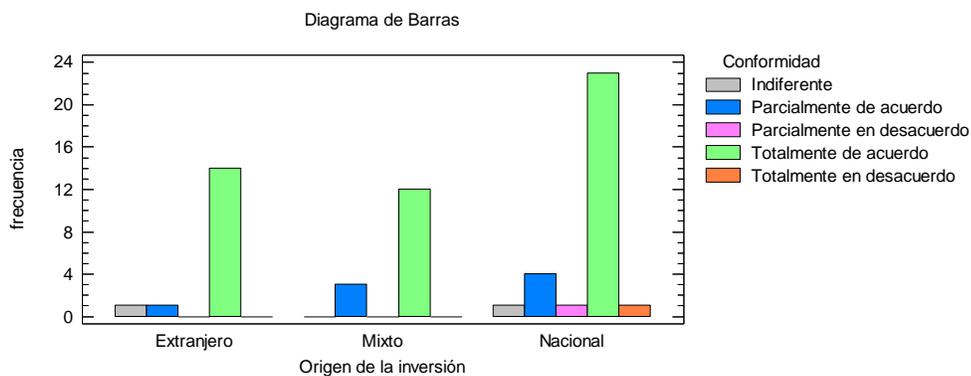


Imagen 42. Diagrama de barras de empresas por origen de la inversión para sistemas tecnológicos de recolección, procesamiento y análisis de datos

La mayoría de las empresas están de acuerdo con el uso e implementación de sistemas tecnológicos de recolección, procesamiento y análisis de datos sin importar el origen de su inversión.

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	4.261	8	0.8329

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de sistemas tecnológicos de recolección, procesamiento y análisis de datos para un caso en particular pudiera no tener relación con su valor en origen de la inversión de la empresa.

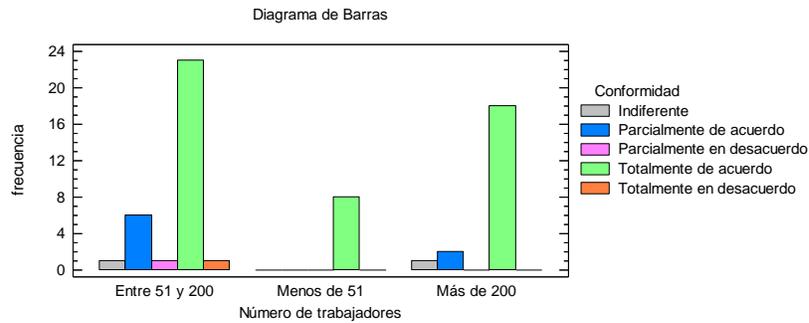


Imagen 43. Diagrama de barras de empresas por tamaño para sistemas tecnológicos de recolección, procesamiento y análisis de datos

La mayoría de las empresas están de acuerdo con el uso e implementación de sistemas tecnológicos de recolección, procesamiento y análisis de datos sin importar tamaño de la empresa según el número de trabajadores.

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	4.994	8	0.7582

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado sistemas tecnológicos de recolección, procesamiento y análisis de datos para un caso en particular, pudiera no tener relación con su valor en número de trabajadores en la empresa.

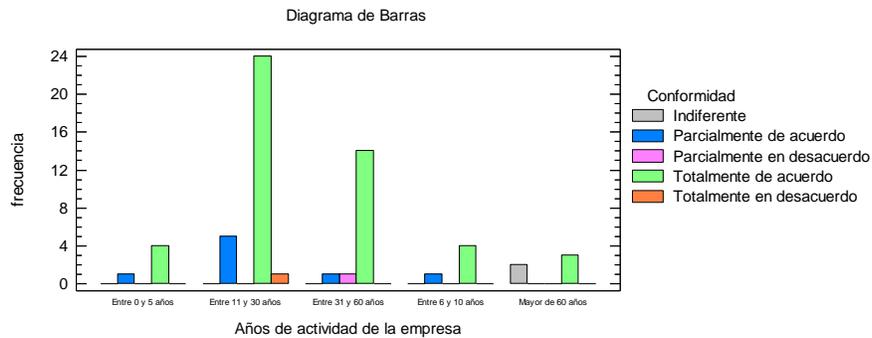


Imagen 44. Diagrama de barras de empresas por antigüedad para sistemas tecnológicos de recolección, procesamiento y análisis de datos

El gráfico nos muestra una prevalencia a estar de acuerdo con la implementación de sistemas tecnológicos de recolección, procesamiento y análisis de datos en cada uno de los grupos de antigüedad de la actividad que se establecieron.

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	28.487	16	0.0276

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es menor que 0.05 se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de sistemas tecnológicos de recolección, procesamiento y análisis de datos sin importar tamaño de la empresa para un caso en particular está relacionado con su valor en años de actividad de la empresa.

4.2.4. Análisis para la toma de decisiones

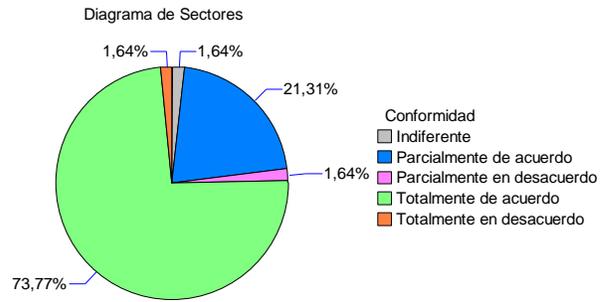


Imagen 45. Porcentaje de empresas para análisis para la toma de decisiones

El 73.77% de las empresas está de acuerdo con la implementación de análisis para la toma de decisiones, lo que representa que algunas empresas hagan uso de las herramientas para toma de decisiones en la administración de sus negocios.

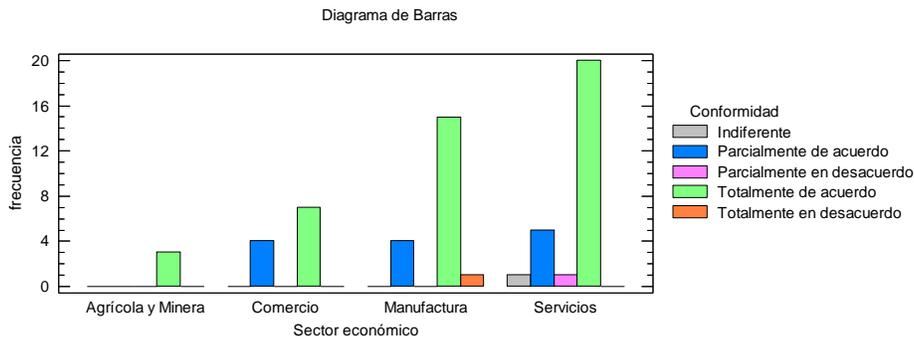


Imagen 46. Diagrama de barras de empresas por sector para análisis para la toma de decisiones

La mayoría de las empresas en todos los sectores están de acuerdo en la utilización de herramientas tecnológicas para el análisis de la toma de decisiones.

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	6.930	12	0.8622

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de Analítica para la toma de decisiones para un caso en particular pudiera no tener relación con su valor en sector económico de la empresa.

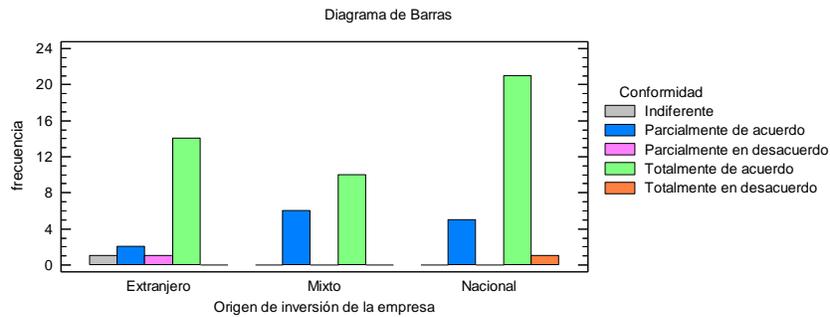


Imagen 47. Diagrama de barras de empresas por origen de la inversión para análisis para la toma de decisiones

Las empresas en su mayoría están de acuerdo en la utilización de herramientas tecnológicas para el análisis de la toma de decisiones sin importar el origen de inversión del capital.

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	9.356	8	0.3132

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de analítica para la toma de decisiones para un caso en particular pudiera no tener relación con su valor en origen de inversión en el capital de la empresa.

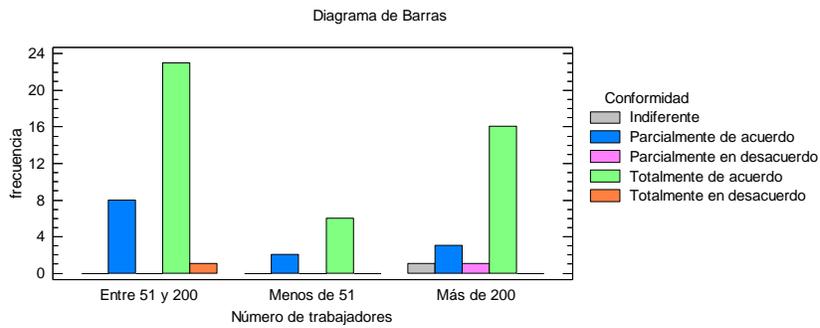


Imagen 48. Diagrama de barras de empresas por tamaño para análisis para la toma de decisiones

Las empresas en su mayoría están de acuerdo en la utilización de herramientas tecnológicas para el análisis de la toma de decisiones sin importar su tamaño según el número de trabajadores.

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	5.491	8	0.7040

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de analítica para la toma de decisiones para un caso en particular pudiera no tener relación con su valor en el número de trabajadores de la empresa.

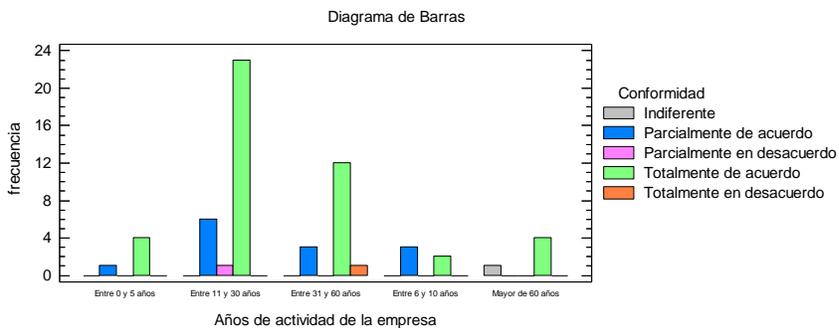


Imagen 49. Diagrama de barras de empresas por antigüedad para análisis para la toma de decisiones

Todas las empresas están de acuerdo en la utilización de herramientas tecnológicas para el análisis de la toma de decisiones sin importar su antigüedad en la actividad.

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	20.564	16	0.1959

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de analítica para la toma de decisiones para un caso en particular pudiera no tener relación con su valor en la antigüedad de la empresa.

4.2.5. Servicios de computación en la nube

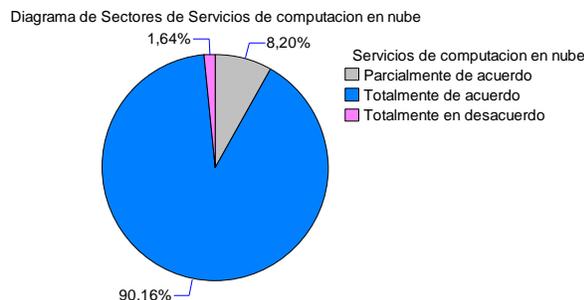


Imagen 50. Porcentaje de empresas para servicios de computación en la nube

La mayoría de las empresas encuestadas en un 90.16% está de acuerdo con la utilización de los servicios en la nube, significando que tiene gran utilización este tipo de servicios por el sector empresarial.

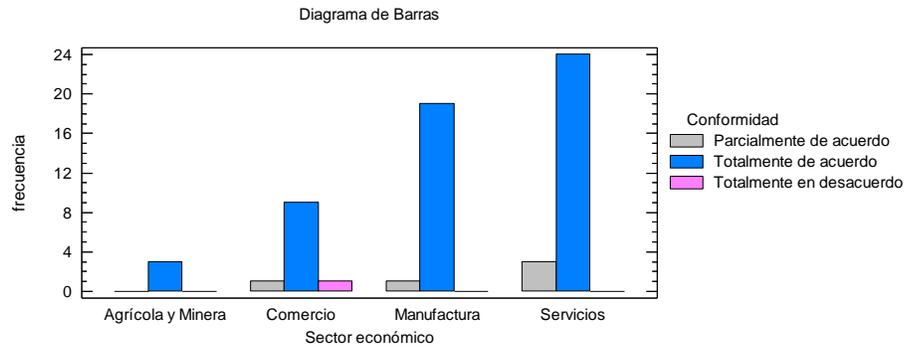


Imagen 51. Diagrama de barras de empresas por sector para servicios de computación en la nube

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	5.505	6	0.4808

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de servicios de computación en nube para un caso en particular pudiera no tener relación con su valor en Sector económico de la empresa.

La mayoría de las empresas están totalmente de acuerdo con la utilización de servicio de computación en la nube independientemente el sector económico al que pertenezca la empresa.

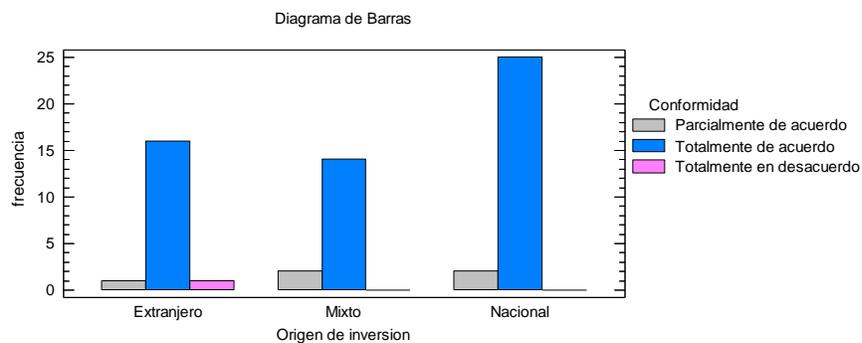


Imagen 52. Diagrama de barras de empresas por origen de la inversión para servicios de computación en la nube

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	2.958	4	0.5649

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de servicios de computación en nube para un caso en particular pudiera no tener relación con su valor en Origen de la inversión del capital de la empresa. Significando que existe una preferencia por este tipo de tecnología sin importar que la empresa sea de capital extranjero y/o nacional.

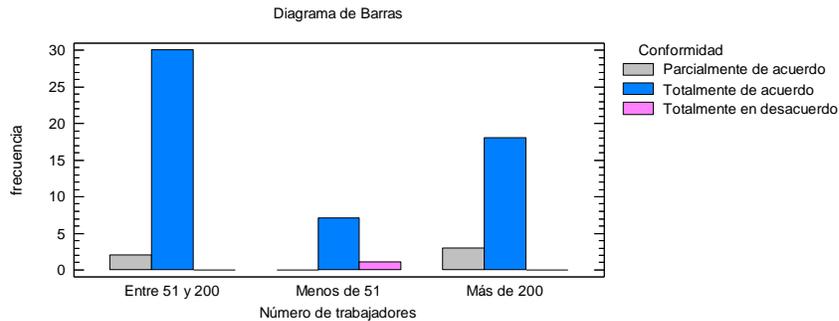


Imagen 53. Diagrama de barras de empresas por tamaño para servicios de computación en la nube

La mayoría de las empresas están totalmente de acuerdo con la utilización de servicios de computación en la nube, independiente a su tamaño (pequeña, mediana y grande empresa).

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	8.477	4	0.0756

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de Servicios de computación en nube para un caso en particular pudiera no tener relación con su valor en Número de trabajadores en la empresa.

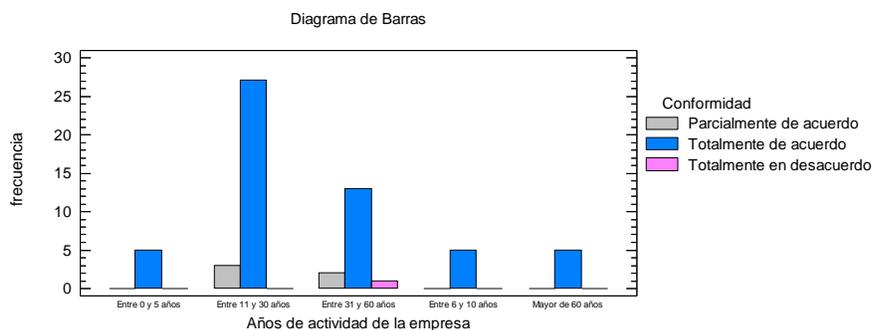


Imagen 54. Diagrama de barras de empresas por antigüedad para servicios de computación en la nube

La mayoría de las empresas están totalmente de acuerdo con la utilización de servicios de computación en la nube, independiente al tiempo de antigüedad en la actividad.

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	4.825	8	0.7762

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de servicios de computación en nube para un caso en particular pudiera no tener relación con su valor con los años de actividad de la empresa.

4.2.6. Servicios digitales (Internet de las Cosas o Product Service Systems)

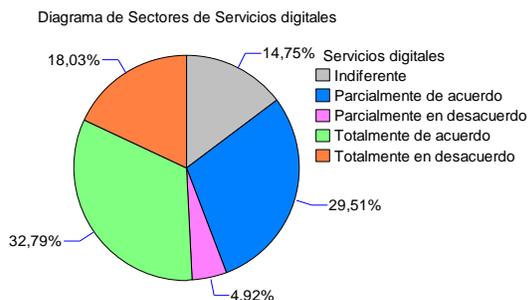


Imagen 55. Porcentaje de empresas para servicios digitales (Internet de las Cosas o Product Service Systems)

El 32.79% de las empresas está de acuerdo con la implementación de servicios digitales, un 29.51% está parcialmente de acuerdo y un 18.03% está totalmente en desacuerdo en la utilización de servicios digitales.

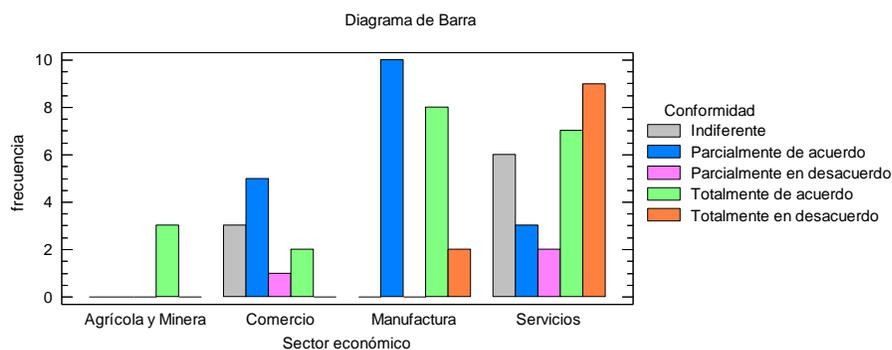


Imagen 56. Diagrama de barras de empresas por sector para servicios digitales (Internet de las Cosas o Product Service Systems)

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	27.519	12	0.0065

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es menor que 0.05 se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de servicios digitales para un caso en particular está relacionado con su valor en el sector de la empresa donde labora.

Existen diferencias en la aceptación de los servicios digitales entre los diferentes sectores económicos de las empresas.

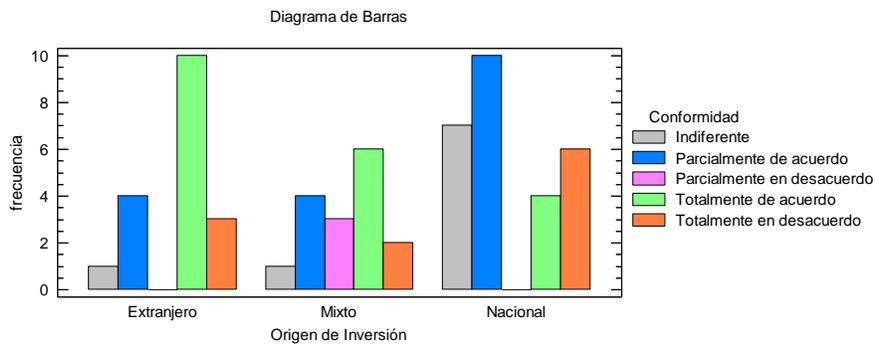


Imagen 57. Diagrama de barras de empresas por origen de la inversión para servicios digitales (Internet de las Cosas o Product Service Systems)

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	19.658	8	0.0117

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es menor que 0.05 se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de Servicios digitales para un caso en particular está relacionado con su valor en origen de la inversión del capital de la empresa, por tanto, existe una breve relación entre la preferencia de esta tecnología de acuerdo al tipo de capital e inversión si es extranjero y/o nacional.

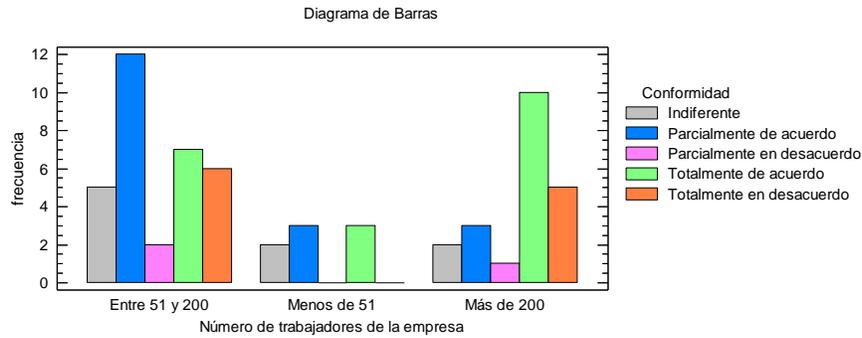


Imagen 58. Diagrama de barras de empresas por tamaño para servicios digitales (Internet de las Cosas o Product Service Systems)

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	8.466	8	0.3894

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de servicios digitales para un caso en particular pudiera no tener relación con su valor en el número de trabajadores en la empresa. Por tanto, las preferencias por la utilización de estas tecnologías no varían o no guardan relación con el tamaño de la empresa.

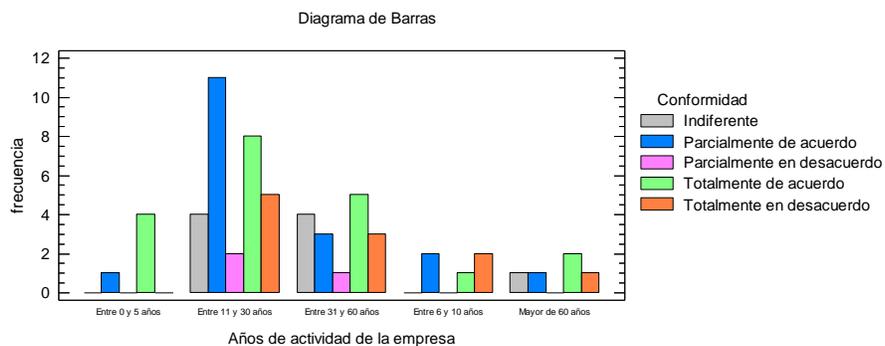


Imagen 59. Diagrama de barras de empresas por antigüedad para servicios digitales (Internet de las Cosas o Product Service Systems)

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	11.740	16	0.7617

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de servicios digitales para un caso en particular pudiera no tener relación con su valor en Años de actividad de la empresa. Por tanto, la antigüedad de la empresa no guarda relación con la preferencia y/o utilización de este tipo de tecnologías.

4.2.7. Procesos de uso de blockchain

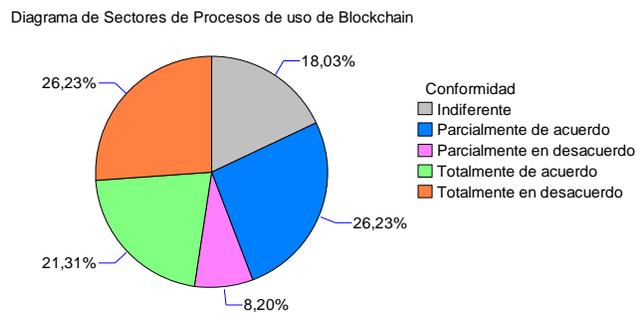


Imagen 60. Porcentaje de empresas para procesos de uso de blockchain

El 26.23% de las empresas está en desacuerdo con la implementación de uso de Blockchain, un 26.23% están parcialmente de acuerdo y un 21.31% está totalmente de acuerdo en la utilización de Blockchain.

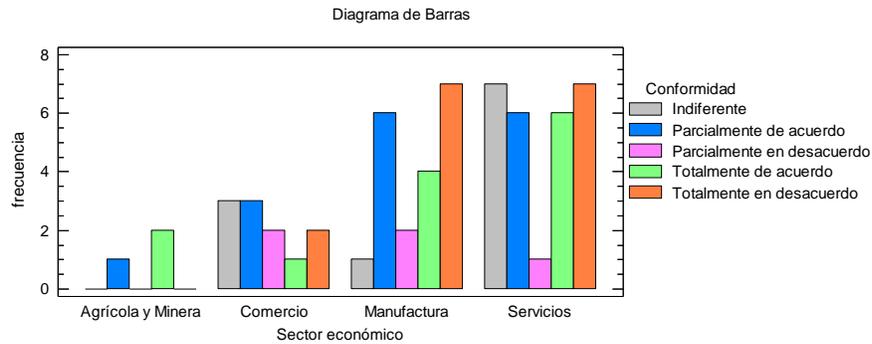


Imagen 61. Diagrama de barras de empresas por sector para procesos de uso de blockchain

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	11.882	12	0.4552

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de Procesos de uso de blockchain para un caso en particular, pudiera no tener relación con su valor en sector económico de la empresa con la utilización de esta tecnología.

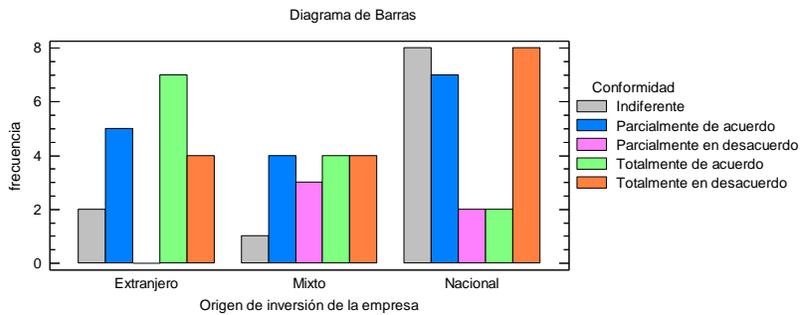


Imagen 62. Diagrama de barras de empresas por origen de la inversión para procesos de uso de blockchain

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	12.820	8	0.1182

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de Procesos de uso de blockchain para un caso en particular, pudiera no tener relación con su valor en origen de la inversión de la empresa.

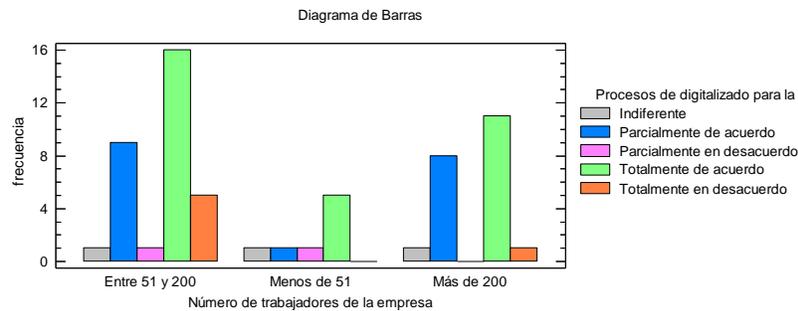


Imagen 63. Diagrama de barras de empresas por tamaño para procesos de uso de blockchain

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	11.295	8	0.1855

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de procesos de uso de blockchain para un caso en particular, pudiera no tener relación con su valor en número de trabajadores en la empresa.

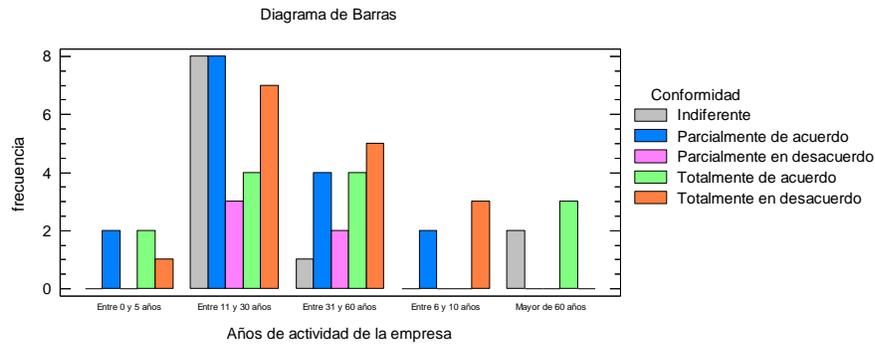


Imagen 64. Diagrama de barras de empresas por antigüedad para procesos de uso de blockchain

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	19.573	16	0.2401

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de procesos de uso de blockchain para un caso en particular, pudiera no tener relación con su valor en años de actividad de la empresa.

4.2.8. Sistemas de geolocalización

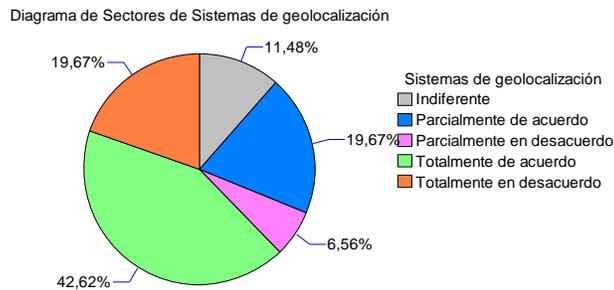


Imagen 65. Porcentaje de empresas para sistemas de geolocalización

El 42.82% de las empresas está de acuerdo con la implementación de sistema de geolocalización en sus operaciones, un 19.87% está parcialmente en desacuerdo y un 16.67% está parcialmente de acuerdo.

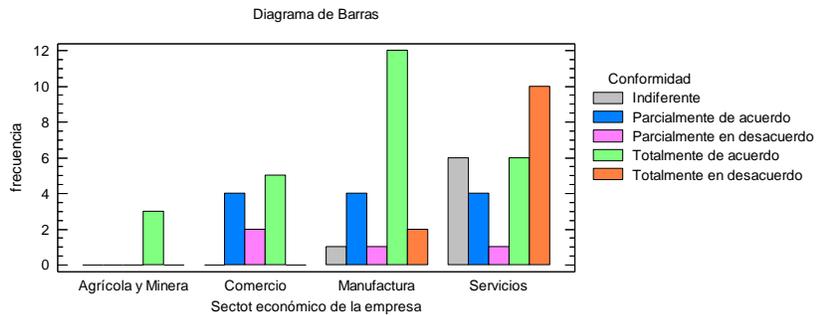


Imagen 66. Diagrama de barras de empresas por sector para sistemas de geolocalización

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	24.635	12	0.0166

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es menor que 0.05 se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de sistemas de geolocalización para un caso en particular está relacionado con su valor en sector económico de la empresa, por tanto, la preferencia en los sistemas de geolocalización difiere de acuerdo el sector económico, en tanto el sector de servicios es el que se mostró en más desacuerdo en el uso de estas tecnologías y el sector de Manufactura el que más está de acuerdo.

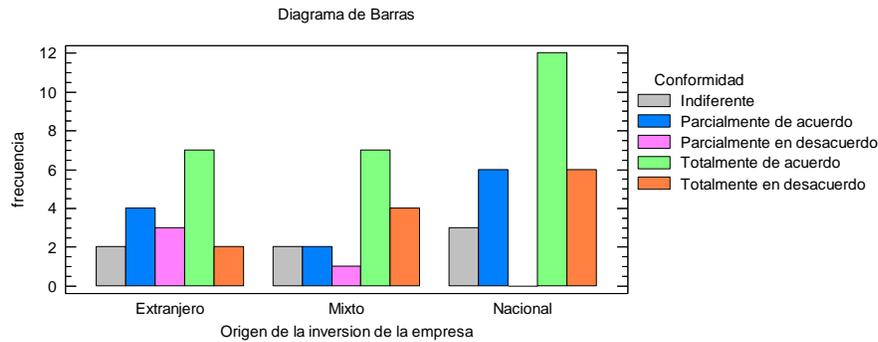


Imagen 67. Diagrama de barras de empresas por origen de la inversión para sistemas de geolocalización

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	6.241	8	0.6203

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de sistemas de geolocalización para un caso en particular pudiera no tener relación con su valor en origen de la inversión del capital de la empresa.

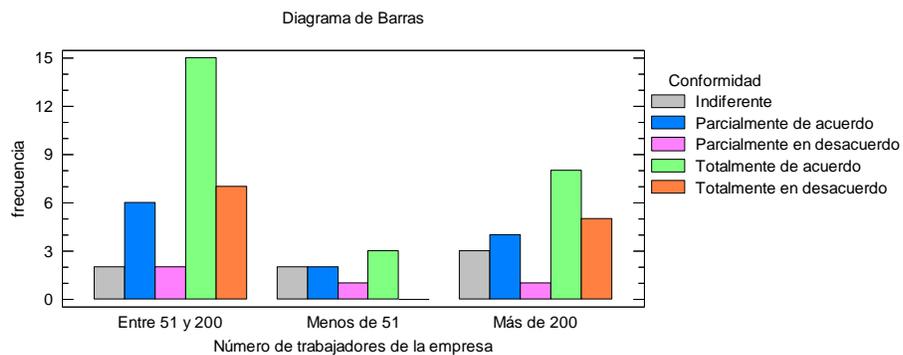


Imagen 68. Diagrama de barras de empresas por tamaño para sistemas de geolocalización

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	4.975	8	0.7603

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de sistemas de geolocalización para un caso en particular pudiera no tener relación con su valor en número de trabajadores en la empresa, por tanto, la preferencia por el uso de esta tecnología no difiere con el tamaño de la empresa (según el número de trabajadores).

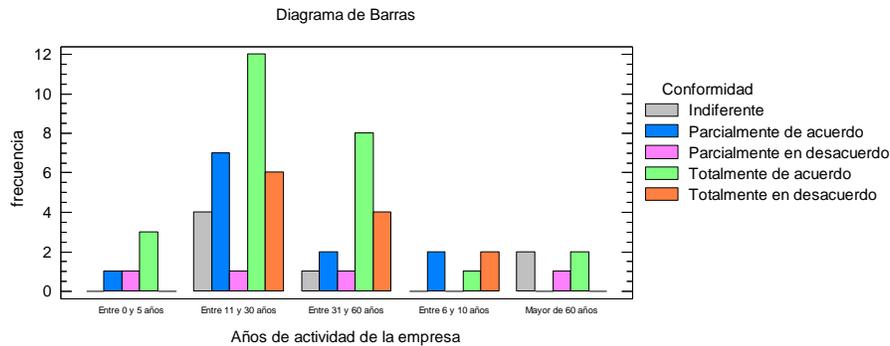


Imagen 69. Diagrama de barras de empresas por antigüedad para sistemas de geolocalización

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	15.847	16	0.4637

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado

de sistemas de geolocalización para un caso en particular pudiera no tener relación con su valor en Años de actividad de la empresa. Por tanto, la preferencia en el uso de esta tecnología no difiere por los años de antigüedad que tenga la empresa.

4.2.9. Sistemas de ciberseguridad

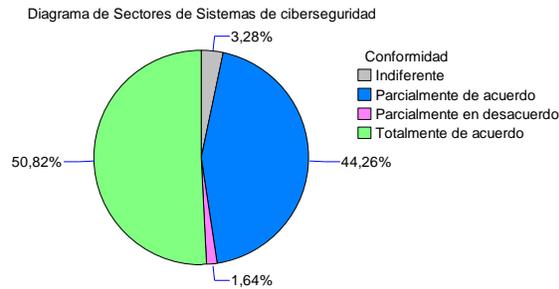


Imagen 70. Porcentaje de empresas para sistemas de ciberseguridad

El 50.82% de las empresas está totalmente de acuerdo con la implementación de sistema de ciberseguridad en sus operaciones, un 44.26% están parcialmente de acuerdo.

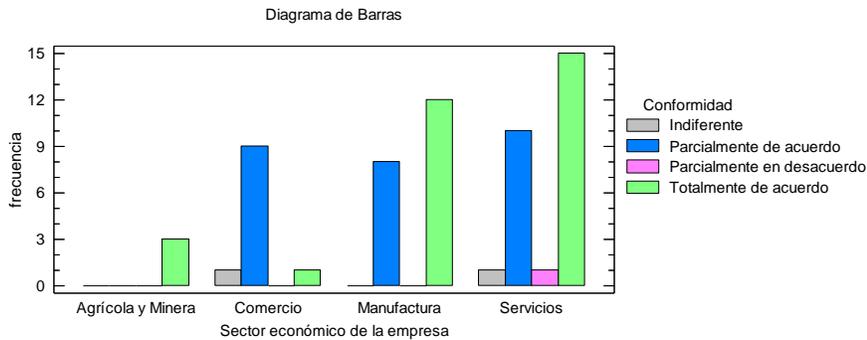


Imagen 71. Diagrama de barras de empresas por sector para sistemas de ciberseguridad

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	GI	Valor-P

Chi-Cuadrada	14.043	9	0.1208
--------------	--------	---	--------

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de sistemas de ciberseguridad para un caso en particular pudiera no tener relación con su valor en sector de económico de la empresa.

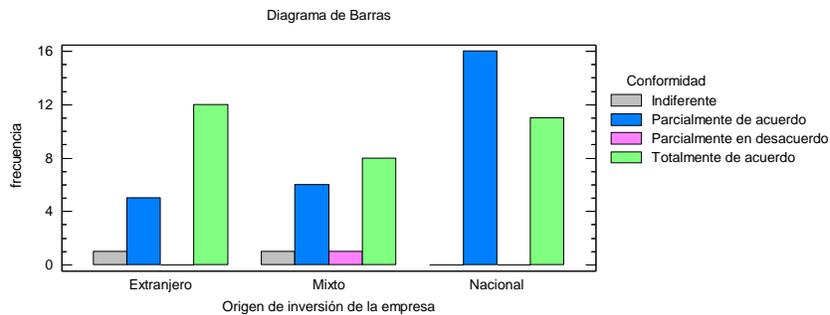


Imagen 72. Diagrama de barras de empresas por origen de la inversión para sistemas de ciberseguridad

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	8.487	6	0.2046

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de sistemas de ciberseguridad para un caso en particular pudiera no tener relación con su valor en origen de la inversión del capital de la empresa.

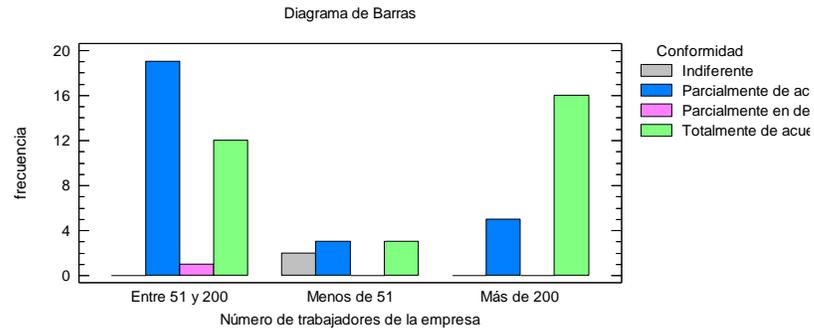


Imagen 73. Diagrama de barras de empresas por tamaño para sistemas de ciberseguridad

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	21.931	6	0.0012

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es menor que 0.05 se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de sistemas de ciberseguridad para un caso en particular está relacionado con su valor en número de trabajadores en la empresa, por tanto, puede existir una relación entre las utilizaciones de sistema de ciberseguridad y el tamaño de la empresa según el número de trabajadores.

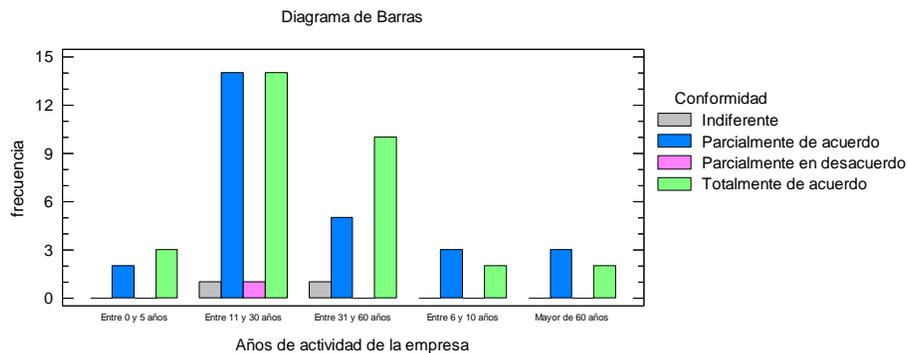


Imagen 74. Diagrama de barras de empresas por antigüedad para sistemas de ciberseguridad

La mayoría de las empresas encuestada están de acuerdo o parcialmente de acuerdo con la implementación de sistemas de ciberseguridad en su informática de gestión.

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	4.032	12	0.9828

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de sistemas de ciberseguridad para un caso en particular pudiera no tener relación con su valor en años de actividad de la empresa.

4.2.10. Inteligencia artificial

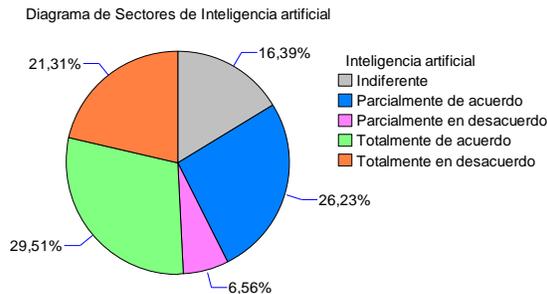


Imagen 75. Porcentaje de empresas para inteligencia artificial

EL 29.51% de las empresas están de acuerdo con la implementación y uso de las tecnologías en inteligencia artificial para sus operaciones, otro 26.23% está parcialmente de acuerdo y 21.31% se encuentra en desacuerdo con el uso de estas tecnologías en las empresas.

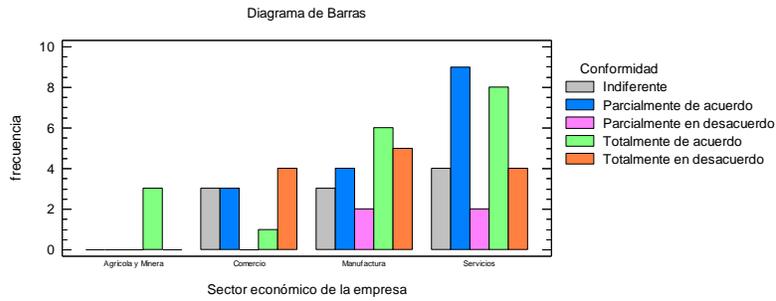


Imagen 76. Diagrama de barras de empresas por sector para inteligencia artificial

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	13.346	12	0.3444

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por tanto, el valor observado de inteligencia artificial para un caso en particular pudiera no tener relación con su valor en el sector económico de la empresa, existe desacuerdo en el uso de esta tecnología a la vez que muchas empresas están de acuerdo en su uso independiente al sector económico de la empresa.

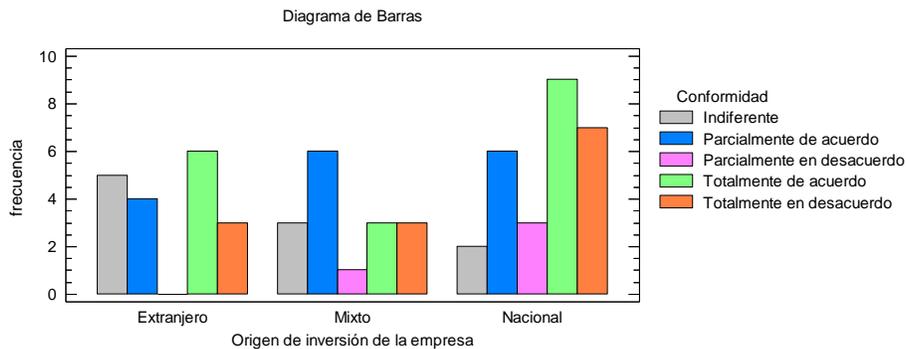


Imagen 77. Diagrama de barras de empresas por origen de la inversión para inteligencia artificial

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	7.246	8	0.5103

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de inteligencia artificial para un caso en particular pudiera no tener relación con su valor en origen de la inversión de la empresa, por tanto, la preferencia en el uso de este tipo de tecnología no es afectado por el origen de la inversión de la empresa, ya se capital extranjero, nacional o mixto.

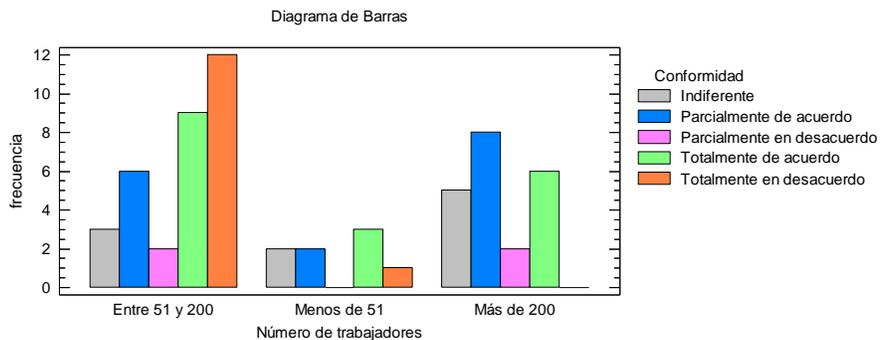


Imagen 78. Diagrama de barras de empresas por tamaño para inteligencia artificial

La mayoría de las empresas en desacuerdo con el uso de la inteligencia artificial en sus operaciones tienen entre 51 y 200 trabajadores (medianas empresas), en tanto las empresas que están de acuerdo y parcialmente de acuerdo tienen más de 200 trabajadores.

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	13.555	8	0.0941

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado

de inteligencia artificial para un caso en particular pudiera no tener relación con su valor en número de trabajadores en la empresa.

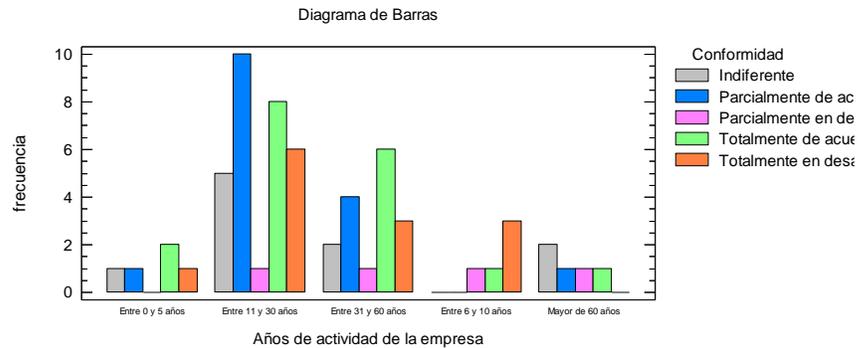


Imagen 79. Diagrama de barras de empresas por antigüedad para inteligencia artificial

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	13.892	16	0.6068

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de inteligencia artificial para un caso en particular pudiera no tener relación con su valor en Años de actividad de la empresa. Por tanto, la preferencia en el uso de inteligencia artificial en las funciones de la empresa es independiente de la antigüedad de la empresa en la actividad.

4.2.11. API (Application Programming Interface)

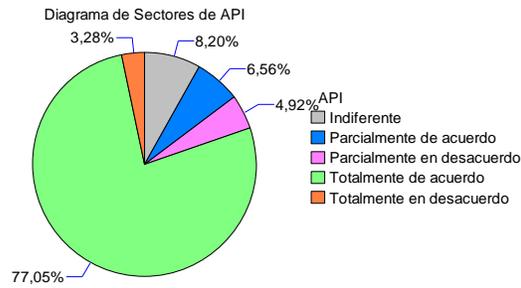


Imagen 80. Porcentaje de empresas para API (Application Programming Interface)

El 77.05% de las empresas está totalmente de acuerdo en uso de interfaz de programación de aplicaciones y solo un 3.28% está en desacuerdo.

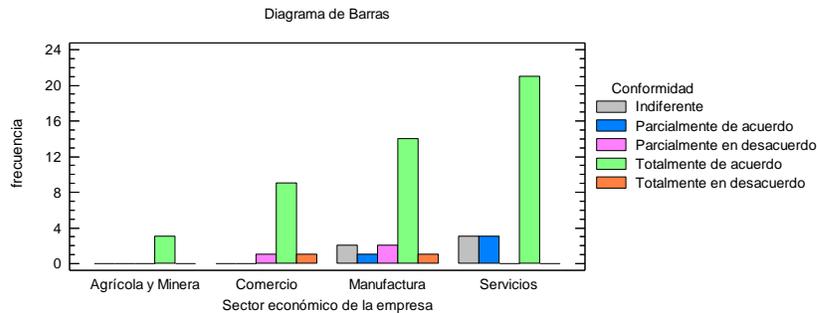


Imagen 81. Diagrama de barras de empresas por sector para API (Application Programming Interface)

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	8.934	12	0.7086

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de API para un caso en particular pudiera no tener relación con su valor en sector económico de la empresa.

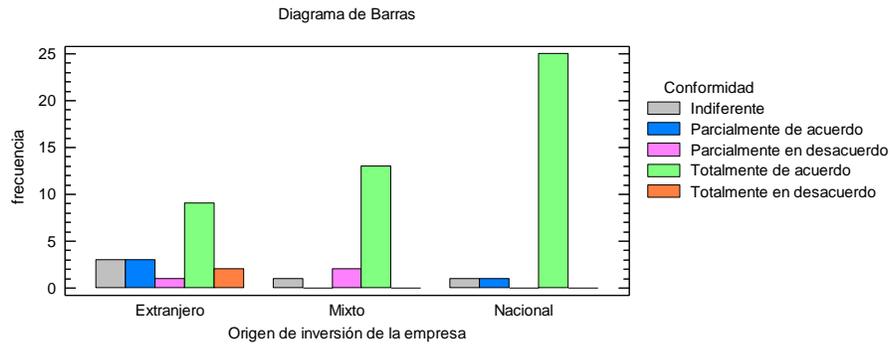


Imagen 82. Diagrama de barras de empresas por origen de la inversión para API (Application Programming Interface)

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	17.087	8	0.0292

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es menor que 0.05, se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de API para un caso en particular está relacionado con su valor en origen de la inversión del capital de la empresa.

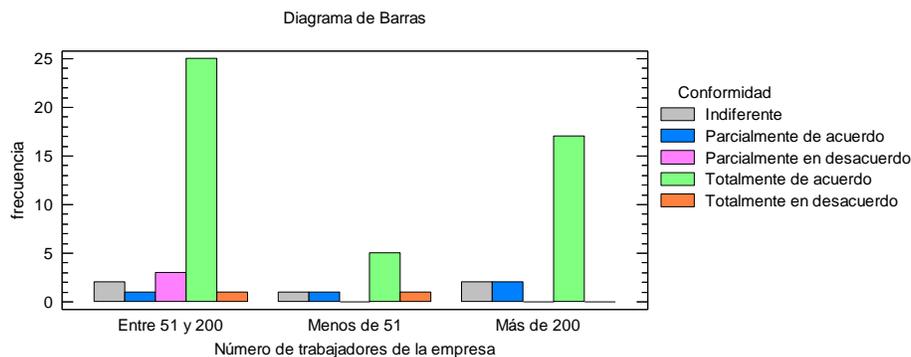


Imagen 83. Diagrama de barras de empresas por tamaño para API (Application Programming Interface)

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	7.412	8	0.4929

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95.0%. Por lo tanto, el valor observado de API para un caso en particular pudiera no tener relación con su valor en número de trabajadores en la empresa, en tanto el tamaño de la empresa (según el número de trabajadores) no tendría ninguna relación en la preferencia en uso de este tipo de tecnologías.

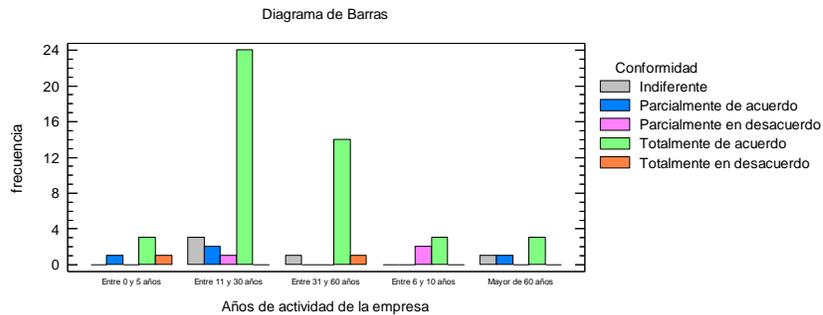


Imagen 84. Diagrama de barras de empresas por antigüedad para API (Application Programming Interface)

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	26.773	16	0.0441

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es menor que 0.05 se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de API para un caso en particular está relacionado con su valor en años de actividad de la empresa.

4.2.12. Sensorización

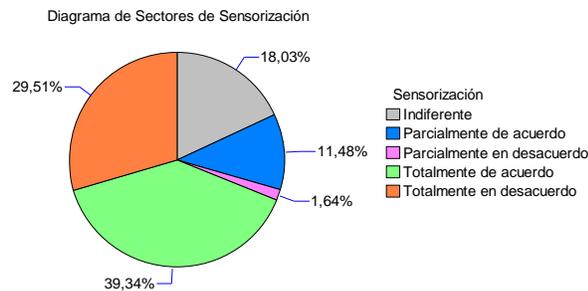


Imagen 85. Porcentaje de empresas para sensorización

El 39.34% de las empresas están totalmente de acuerdo con el uso de la sensorización en sus operaciones, y un 29.51% se encuentra totalmente en desacuerdo en el uso para las empresas.

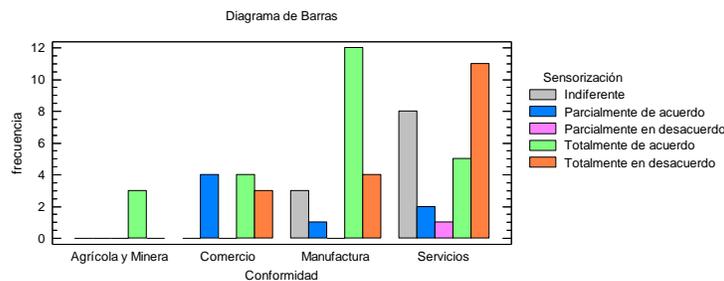


Imagen 86. Diagrama de barras de empresas por sector para sensorización

El sector de manufactura se encuentra mayormente de acuerdo que otros sectores en tanto el sector servicios es el que más se encuentra en desacuerdo con el uso de las sensorización en las actividades de la empresa.

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	23.948	12	0.0207

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es menor que 0.05 se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de sensorización para un caso en particular, está relacionado con su valor en sector económico de la empresa.

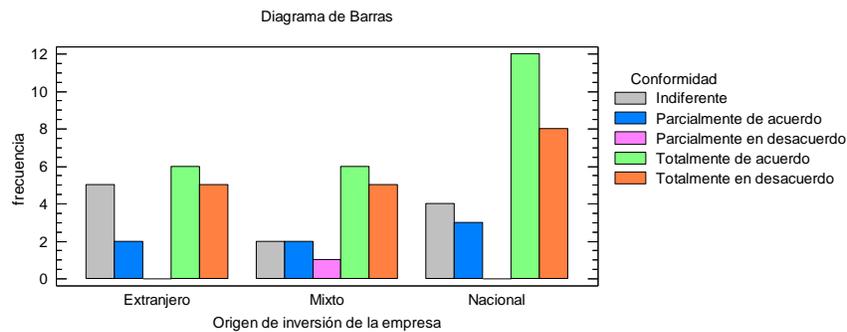


Imagen 87. Diagrama de barras de empresas por origen de la inversión para sensorización

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	4.599	8	0.7994

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por tanto, el valor observado de sensorización para un caso en particular, pudiera no tener relación con su valor en origen de la inversión de la empresa.

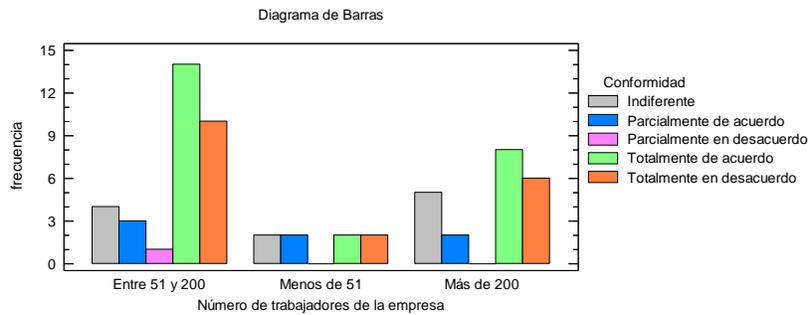


Imagen 88. Diagrama de barras de empresas por tamaño para sensorización

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P
Chi-Cuadrada	4.200	8	0.8386

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por tanto, el valor observado de sensorización para un caso en particular, pudiera no tener relación con su valor en número de trabajadores en la empresa, por tanto, la preferencia en el uso de este tipo de tecnología pudiera tener el mismo para todo tipo de empresas según su tamaño.

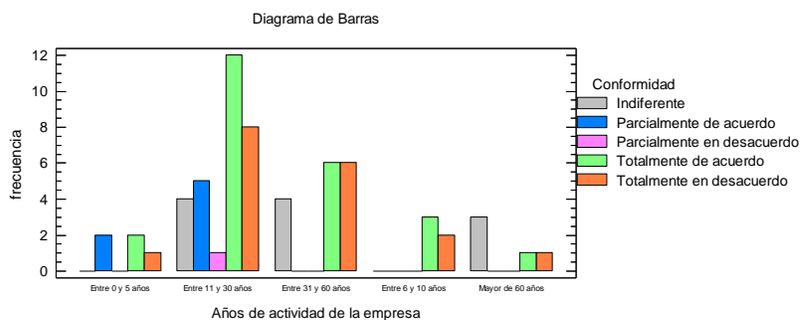


Imagen 89. Diagrama de barras de empresas por antigüedad para sensorización

Pruebas de Independencia

Prueba	Estadístico	Gl	Valor-P

Chi-Cuadrada	17.708	16	0.3413
--------------	--------	----	--------

Advertencia: algunas celdas contienen menos de 5 casos.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05 no se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95%. Por lo tanto, el valor observado de sensorización para un caso en particular, pudiera no tener relación con su valor en Años de actividad de la empresa.

4.3. Caracterización de las variables de desempeño en las empresas

4.3.1. Mejoras en el desempeño laboral de las personas que en ella trabajamos

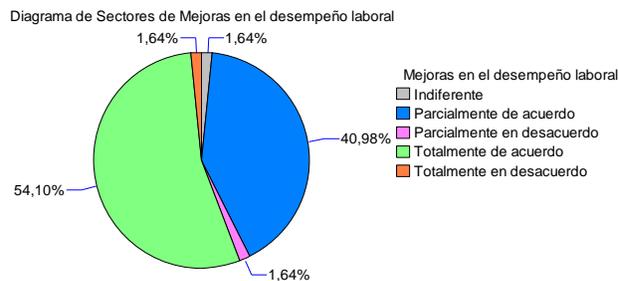


Imagen 90. Porcentaje de empresas para mejoras en el desempeño laboral de las personas que en ella trabajamos

El 54.1% de las empresas está totalmente de acuerdo en el uso de las tecnologías consideradas ha repercutido de manera positiva en el desempeño laboral de sus colaboradores. Entre tanto, el 40.98% está parcialmente de acuerdo en que las tecnologías determinadas generen un tipo de cambio. Sólo un 1.64% considera que el uso o implementación de las tecnologías descritas no genera un impacto positivo.

4.3.2. Reducción en accidentes de trabajo

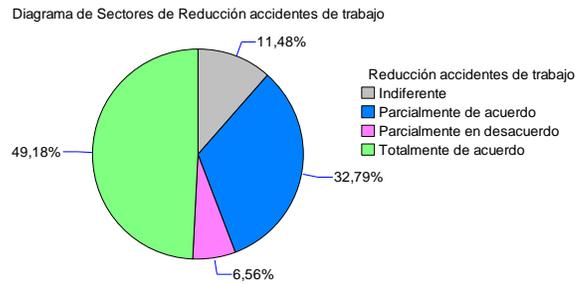


Imagen 91. Porcentaje de empresas para reducción en accidentes de trabajo

El 49.18% de las empresas está totalmente de acuerdo que el uso de las tecnologías consideradas ha repercutido de manera positiva en la reducción de accidentes de trabajo. Entre tanto, el 40.98% está parcialmente de acuerdo en que las tecnologías determinadas generen impacto positivo. Sólo un 6.56% considera que el uso o implementación de las tecnologías descritas no genera un impacto positivo.

4.3.3. Mejoras a los procesos, los tiempos de ciclo de producción y la prestación del servicio o calidad y entrega del producto o la prestación del servicio

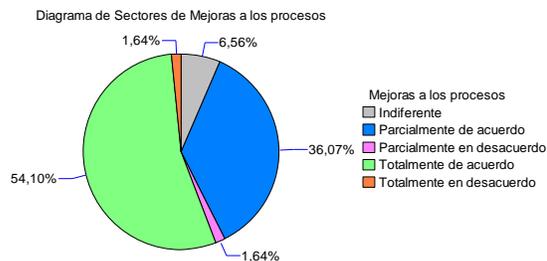


Imagen 92. Porcentaje de empresas para mejoras a los procesos, los tiempos de ciclo de producción y la prestación del servicio o calidad y entrega del producto o la prestación del servicio

El 49.18% de las empresas está totalmente de acuerdo que el uso de las tecnologías consideradas ha mejorado los procesos, los tiempos de ciclo de producción y la prestación del servicio o calidad y entrega del producto o la prestación del servicio. Entre tanto, el 36.07% está parcialmente de

acuerdo en que las tecnologías determinadas generen impacto positivo. Sólo un 1.64% considera que el uso o implementación de las tecnologías descritas no genera un impacto positivo.

4.3.4. Mejoras significativas en los productos y/o servicios

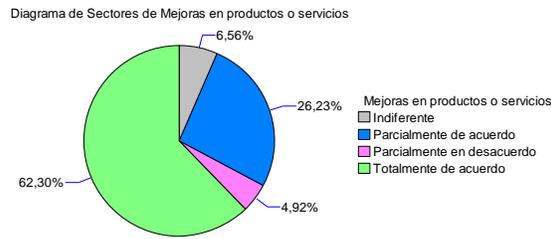


Imagen 93. Porcentaje de empresas para mejoras significativas en los productos y/o servicios

El 62.30% de las empresas está totalmente de acuerdo que el uso de las tecnologías consideradas influye de manera positiva en el proceso de mejora de productos y/o servicios. Entre tanto el 26.23% está parcialmente de acuerdo en que las tecnologías determinadas generen impacto positivo. Sólo un 4.92% considera que el uso o implementación de las tecnologías descritas no genera un impacto positivo.

4.3.5. Reducciones en el nivel de inventario en proceso (WIP)

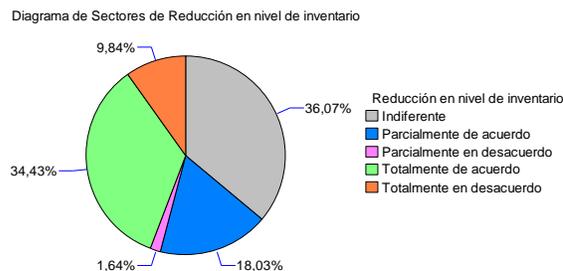


Imagen 94. Porcentaje de empresas para reducciones en el nivel de inventario en proceso (WIP)

El 36.43% de las empresas que afirma que el uso de las tecnologías consideradas en Tecnologías de Industrias 4.0 es indiferente en la reducción del nivel de inventarios, por tanto el 34.43% afirma estar totalmente de acuerdo que el uso de las tecnologías determinadas genere impacto positivo, un 18.03% considera parcialmente que el uso o implementación de las tecnologías descritas no genere un impacto positivo y un 9.84% se encuentra totalmente en desacuerdo que se genera un impacto positivo.

4.3.6. Mejoras en el impacto de las actividades de la empresa en el medio ambiente

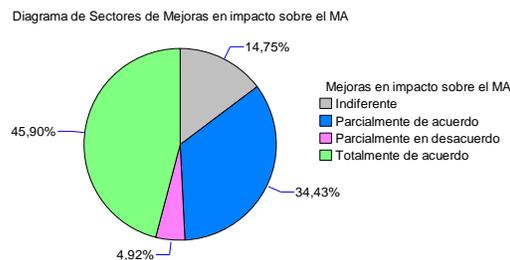


Imagen 95. Porcentaje de empresas para mejoras en el impacto de las actividades de la empresa en el medio ambiente

El 46.90% de las empresas está totalmente de acuerdo que el uso de las tecnologías consideradas genere mejoras en el impacto de las actividades de la empresa en el medio ambiente. Entre tanto el 34.43% está parcialmente de acuerdo en que las tecnologías determinadas generen impacto positivo, un 14.17% afirma que es indiferente y sólo un 4.92% considera estar parcialmente en desacuerdo que el uso o implementación de las tecnologías descritas no genera un impacto positivo.

4.3.7. Mejoras en las relaciones de la empresa con la comunidad

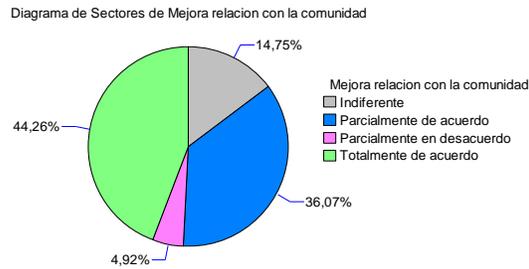


Imagen 96. Porcentaje de empresas para mejoras en las relaciones de la empresa con la comunidad

El 44.26% de las empresas está totalmente de acuerdo que el uso de las tecnologías consideradas genere mejoras en las relaciones de la empresa con la comunidad. Entre tanto, el 36.07% está parcialmente de acuerdo en que las tecnologías determinadas generen impacto positivo, un 14.75% afirma que es indiferente y solo un 4.92% considera estar parcialmente en desacuerdo que el uso o implementación de las tecnologías descritas no genera un impacto positivo.

4.3.8. Mejoras en las relaciones con los clientes

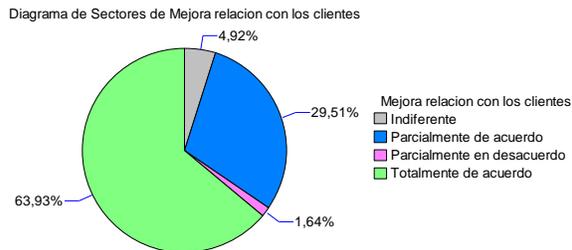


Imagen 97. Porcentaje de empresas para mejoras en las relaciones con los clientes

El 63.93% de las empresas está totalmente de acuerdo que el uso de las tecnologías consideradas genere mejoras en las relaciones con los clientes. Entre tanto, el 29.51% está parcialmente de acuerdo en que las tecnologías determinadas generen impacto positivo, un 4.92% afirma que es indiferente y solo un 1.64% considera estar parcialmente en desacuerdo que el uso o implementación de las tecnologías descritas no genera un impacto positivo.

4.3.9. Mejoras en las relaciones con los proveedores

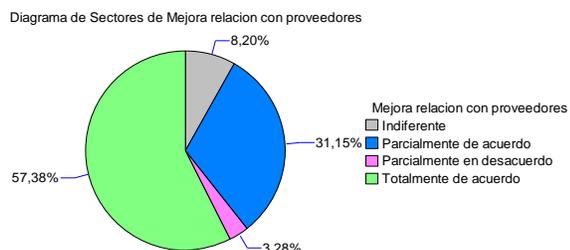


Imagen 98. Porcentaje de empresas para mejoras en las relaciones con los proveedores

El 57.38% de las empresas está totalmente de acuerdo que el uso de las tecnologías consideradas genere mejoras en las relaciones con los proveedores. Entre tanto, el 31.15% está parcialmente de acuerdo en que las tecnologías determinadas generen impacto positivo, un 8.20% afirma que es indiferente y solo un 3.28% considera estar parcialmente de desacuerdo que el uso o implementación de las tecnologías descritas no genera un impacto positivo.

4.3.10. Reducción en los costos de los procesos de producción y/o prestación de servicios

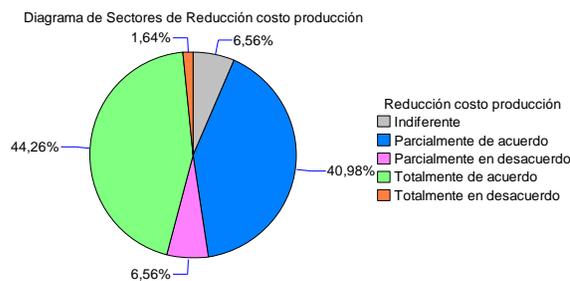


Imagen 99. Porcentaje de empresas para reducción en los costos de los procesos de producción y/o prestación de servicios

El 44.28% de las empresas está totalmente de acuerdo que el uso de las tecnologías consideradas genere mejoras en las relaciones con los proveedores. Entre tanto, el 40.98% está parcialmente de acuerdo en que las tecnologías determinadas generen impacto positivo, un 6.58% afirma que es indiferente y solo un 3.28% considera estar parcialmente de acuerdo que el uso o implementación de las tecnologías descritas no genera un impacto positivo.

4.3.11. Incrementar las ventas

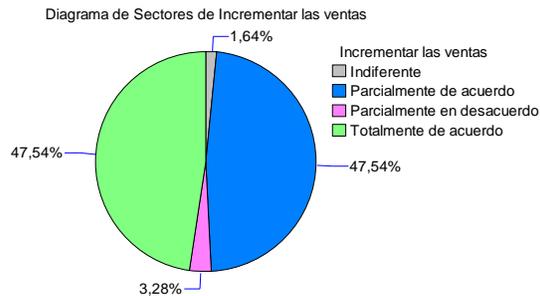


Imagen 100. Porcentaje de empresas para incrementar las ventas

El 47.54% de las empresas está totalmente de acuerdo que el uso de las tecnologías consideradas genere un impacto positivo sobre las ventas. Entre tanto, el 47.54% está parcialmente de acuerdo en que las tecnologías determinadas generen impacto positivo, un 1.64% afirma que es indiferente y solo un 3.28% considera estar parcialmente de acuerdo que el uso o implementación de las tecnologías descritas no genera un impacto positivo.

4.3.12. Mejorar (aumentar) las utilidades de la empresa

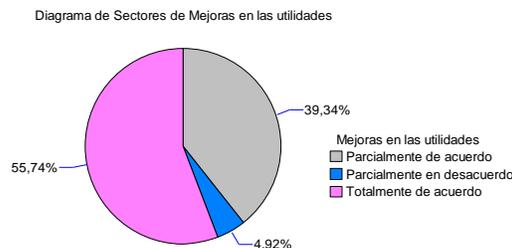


Imagen 101. Porcentaje de empresas para mejorar (aumentar) las utilidades de la empresa

El 55.74% de las empresas está totalmente de acuerdo que el uso de las tecnologías consideradas genere un impacto positivo en el incremento de las utilidades de la empresa, un 39.34% considera que es indiferente y un 4.92% se mostró en desacuerdo que el uso de estas tecnologías genere un impacto positivo.

5. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

5.1. Conclusiones

Aunque los estudios realizados referente a las tecnologías emergentes que han surgido con la Industria 4.0 es amplio y habla de una cantidad representativa de tecnologías, aún son pocas las tecnologías que marcan una diferencia y que han llegado a un grado de implementación alto en Colombia.

Tecnologías como computación en la nube, analítica para la toma de decisiones y procesamiento y análisis de datos tienen un impacto alto en las compañías sin importar su sector, tamaño ni tipo de inversión. Esto se presenta porque son tecnologías que dan un valor agregado a la forma de administrar las empresas, además de ser de alto impacto y ya han ganado un grado de madurez en la industria colombiana. Tenemos tecnologías como el uso de APIs (Application Programming Interface) que ya son de uso cotidiano en las áreas TIC, y que es de las primeras tecnologías que se implementaron y mostraron resultados representativos.

Para el sector de la manufactura, tenemos que la implementación de tecnologías como robotización, internet de las cosas, geolocalización y sensorización ha ganado terreno sobre todo en las grandes empresas. La geolocalización también ha ganado terreno en los sectores de servicios y comercio, ya que en estos sectores se encuentran las empresas de logística y distribución de bienes. El blockchain apenas está tomando un grado de importancia, ya que está se visualiza como herramienta exclusiva para la generación y control de criptomonedas. Sectores como la banca, servicios financieros y seguros están viendo en esta tecnología las ventajas para la generación de todo tipo de documentos por su alto nivel de seguridad.

Por otro lado, tenemos tecnologías que apenas inician sus pasos en la implementación y generación de valor agregado a las empresas. Tecnologías como impresión 3D y fabricación aditiva y uso de drones sólo aplica para el sector de manufactura y aún su implementación se limita a empresas de gran tamaño. Esto radica en el uso no sólo de software sino también hardware especializado, generando altos costos de inversión. A medida que estos dispositivos tengan precios asequibles a las empresas de menor tamaño su nivel de implementación aumentará sustancialmente.

Para las tecnologías referentes a la ciberseguridad encontramos un grado de aceptación e implementación sumamente alto. Para esta variable podríamos tener un desfase significativo por el desconocimiento entre seguridad y ciberseguridad. Los encuestados pudieron incluir en este punto la parte de software antivirus para proteger la información y datos de valor para la compañía, y no

referirse a la protección digital que se encuentra en los sistemas que hacen uso de interconexión y abarca software, hardware y el almacenamiento en la nube. Según estudio de Gartner Inc., para 2018 el gasto en ciberseguridad ascendería a 96,300 millones de dólares, y para 2019 el gasto total de las empresas en el mundo pasaría del 63% al 75%, esto por la proliferación de hardware interconectado no sólo dentro de las manufacturas, sino con dispositivos de terceros.

Existen tecnologías que sólo en países desarrollados como Alemania, Estados Unidos o China tienen un grado de implementación sustancial. Gemelos digitales, computación corporal (wearable technology), gamificación, visión artificial, robotica colaborativa (cobots) y aprendizaje automático (machine learning) son tecnologías que en nuestro país son aún poco conocidas y aunque avanzan en su proliferación, debemos esperar para poder ver su uso masivo no sólo en Colombia sino también en países no desarrollados.

En general notamos una regular aceptación de las empresas colombianas en el uso de las tecnologías consideradas en la Industria 4.0. Aunque existe diferencias en el uso y aceptación de unas tecnologías más que otras, no se evidenció que esta percepción sea afectada de manera significativa por el tamaño, la antigüedad o el sector económico de la empresa, además del origen de su capital (extranjero y/o nacional).

Existe una buena aceptación del impacto positivo en el ámbito procedimental, ecológico, social y tecnológico que tienen las tecnologías consideradas en Industria 4.0 en las empresas colombianas. Las variables de desempeño evaluadas muestran un convencimiento general y mayoritario, sin importar las tecnologías emergentes implementadas. Esto, teniendo en cuenta que en Colombia no tenemos según nuestro estudio, un nivel alto de implementación de la gran cantidad de estas tecnologías.

En el ámbito procedimental, las empresas encuestadas muestran estar de acuerdo con las mejoras en el incremento de ventas, reducción en los costos de producción e incremento de las utilidades. En la parte ecológica los resultados también son favorables, dado que las empresas ven mejoras en el impacto al medio ambiente y disminución en los niveles de inventario en proceso. La parte relacionada a lo social es altamente considerada por las empresas, dado que no sólo son relevantes las variables referentes a las personas que laboran en ellas, sino que también las que están relacionadas con la comunidad, los clientes y los proveedores.

El uso de este tipo de tecnologías y las que aún no se encuentran implementadas, sea por la alta inversión requerida o desconocimiento de las compañías, cada vez se irá normalizando más y no sólo incrementarán los grados de aceptación, sino también la generación de nuevas variables de desempeño a evaluar.

5.2. Perspectiva de investigación

Si bien es cierto que para la realización del presente estudio se tuvo ciertos inconvenientes como la pandemia por COVID-19 que generó períodos de cuarentena por 6 meses y que imposibilitaron la recolección de un número mayor de encuestas, acompañado de temas de confidencialidad expuestos por muchos de los encuestados, los datos nos permitieron lograr un análisis descriptivo de la situación actual de la Industria 4.0 en el país.

La proliferación de tecnologías emergentes e Industria 4.0 en Colombia avanza rápidamente. Esto se evidencia en la revisión de la literatura al resaltar las características que diferencian la cuarta revolución de las anteriores. La cuarta revolución industrial se desarrolla de manera exponencial y no lineal (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia, 2019).

La inclusión en la encuesta de variables de desempeño organizacional y los resultados obtenidos muestra el gran interés de las empresas para con su recurso humano, la comunidad, proveedores, clientes y el medio ambiente; todo conectado al mayor conocimiento de las tecnologías emergentes y su implementación. A medida que las empresas tengan accesibilidad a más tecnologías, el impacto en las variables de desempeño organizacional irá en aumento y se podrán tener más variables para su evaluación.

Esta investigación podría ampliarse en un futuro a sectores más específicos y con empresas que no sólo tengan sus oficinas en la ciudad de Bogotá, sino en todo el territorio nacional. Además, poder hacer uso de recolección de datos de entidades públicas y privadas para generar comparativos y poder tener un análisis más preciso.

Referencias

- Asociación Cluster de Industrias de Medio Ambiente de Euskadi. Aclima. (2018). *Tecnología e industria 4.0: la sostenibilidad en la cuarta Era Industrial*. Euskadi.
- Asociación Nacional de Empresarios de Colombia. (2019). *Informe de la Encuesta de Transformación Digital 2019*. Bogotá. Obtenido de <http://www.andi.com.co/Uploads/ANALISIS%20-%20ENCUESTA%20DE%20TRANSFORMACI%C3%93N%20DIGITAL%202019%20-%20ANDI.pdf>
- Bannat, A., Thibault, B., Beetz, M., Blume, J., Dieopold, K., Ertelt, C., . . . Zaeh, M. (2011). Artificial Cognition in Production System. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, vol. 8, no. 1, 148-174. Obtenido de IEEE.
- Basl, J. (2017). Pilot study of rediness of Czech companies to implement the principles of Industry 4.0. *Management an Production Engineering Review*, 3-8.
- Beier, G., Niehoff, S., Ziems, T., & Xue, B. (2017). Sustainability aspects of a digitalized industry-A comparative study from China and Germany. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 227-234.
- Branch. (17 de Abril de 2020). *Branch - Agencia de Marketing Digital*. Obtenido de <https://branch.com.co/marketing-digital/estadisticas-de-la-situacion-digital-de-colombia-en-el-2019-y-2020/>
- Cardenas, J. (2020). Efecto del COVID-19 sobre las ocupaciones de trabajadores en Colombia. *Technical Report*.
- Copete Hinestroza, A. (2020). *Efectos del Empleo en la Industria 4.0 en Colombia*. Bogotá D.C.
- Dalenogare, L., Brittes Benítez, G., Ayala, N., & Frank, A. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 383-394.
- Essakly, A., Wichmann, M., & Spengler, T. (2019). A reference framework for the holistic evaluation of Industry 4.0 solutions for small and medium sized enterprise. *IFAC PapersOnLine*, 427-432.
- Garell, A., & Guilera, L. (2019). *La Industria 4. en la sociedad digital*. Barcelona: Marge Books.
- Gerbert, P., Lorenz, M., Rübmann, M., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (9 de Abril de 2015). *BCG*. Obtenido de https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx
- Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*. Bangken, Tailandia: Apress.

- Jäger, J., Schöllhammer, O., Lickefett, M., & Bauernhansl, T. (2016). Advanced Complexity Management Strategic Recommendations of Handling the "Industrie 4.0" Complexity for Small and Medium Enterprises. *Procedia CIRP*, 116-121.
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Securing the Future of German Manufacturing Industry: Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0 Final Report of the Industrie 4.0*. Berlin: Working Group.
- Maresova, P., Soukal, I., Svobodova, L., Hedvicakova, M., Javanmardi, E., Selamart, A., & Krejcar, O. (2018). Consequences of Industry 4.0 in Business and Economics. *Economies*, 46.
- Motyl, B., Baronio, G., Uberti, S., Speranza, D., & Filippi, S. (2017). How will change the future engineers' skills in the Industry 4.0 framework? A questionnaire survey. *Procedia Manufacturing* 11, 1501-1509.
- Müller, O., Fay, M., & Broche, J. (2018). The Effect of Big Data and Analytics on Firm Performance: An Econometric Analysis Considering Industry Characteristics. *Journal of Management Information Systems*, 488-509.
- Petrillo, A., De Felice, F., Cioffi, R., & Zomparelli, F. (2018). Fourth industrial revolution: Current practices, challenges, and opportunities. En A. Petrillo, F. De Felice, & R. Cioffi, *Digital Transformation in Smart Manufacturing* (págs. 1-20). Rijeka, Croacia: InTech.
- Pinzón Galán, S., & Orozco Naranjo, N. (2017). *ANDI - Asociación Nacional de Empresarios de Colombia*. Obtenido de <http://www.andi.com.co/Uploads/Encuesta%20Transformaci%C3%B3n%20Digital%20ANDI.pdf>
- Price Waterhouse Cooper Perú. (24 de Octubre de 2018). *Price Waterhouse Cooper Perú*. Obtenido de <https://desafios.pwc.pe/industria-4-0-como-puede-beneficiar-al-medio-ambiente/>
- Qin, J., Liu, Y., & Grosvenor, R. (2016). A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. Cardiff, Reino Unido.
- Shamim, S., Cang, S., Yu, H., & Li, Y. (2016). Management approaches for Industry 4.0: A human resource management perspective. *2016 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)* (págs. 5309-5316). Vancouver, BC, Canada: IEEE.
- Sung, T. (2018). Industry 4.0: A Korea perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 40-45.
- Torrent-Sellens, J. (2019). Industria 4.0 y resultados empresariales en España: un primer escaneado. *Oikonomics - Revista de economía, empresa y sociedad*.
- Tortorella, G., & Fettermann, D. (2017). Implementation of Industry 4.0 and lena production in Brazilian manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, 1-13.
- Velásquez, L., Alba López, L., Palencia Pérez, A., & Suárez, C. (2019). *Ministerio TIC Colombia*. Obtenido de https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-124767_recurso_1.pdf

Veza, I., Mladineo, M., & Gjeldum, N. (2016). Selection of the basic Lean tools for development of Croatian model of Innovative Smart Enterprise. *Tehnički vjesnik*, 1317-1324.

Zheng, T., Ardolino, M., Perona, M., & Bacchetti, A. (18 de Septiembre de 2018). Industry 4.0 revolution: state of the art of the italian manufacturing context. *The Enterprise 4.0 Paradigm: An International Benchmark*, 388-394. Palermo, Italia.