



“Estrategias y Capacidades Tecnológicas para la adopción de la Industria 4.0 en una empresa mexicana multilatina. El caso de Grupo BETA.”

Tesis para obtener el grado de Doctora en Ciencias Sociales, área de
concentración Economía y Gestión de la Innovación.

Presenta

MTRA. MARIBEL GARCÍA BARRIENTOS

Directores de tesis

Dra. Gabriela Dutrénit Bielous

Dr. Alexandre Oliveira Vera-Cruz

Lectores

Dr. José Luis Sampedro

Dr. Fernando Santiago Rodríguez

Dr. Antonio Sierra Gutiérrez

Dra. Claudia De Duentes

Dr. Juan Manuel Alcantar

AGRADECIMIENTOS.

Mis agradecimientos están dirigidos a todas aquellas personas que estuvieron de manera directa o indirectamente acompañándome en el proceso de realizar esta investigación. En primer lugar, agradezco a toda mi familia que siempre estuvieron apoyándome en este camino. A mis padres, a mis hermanas, hermanos y sobrinos, gracias, por su apoyo y su amor incondicional.

A mis directores de tesis, a la Dra. Gabriela Dutrénit Bielous que durante este tiempo (más de 6 años) ha nutrido y ha sido un referente para mí. Para la Dra. Gabriela no tengo más que agradecimiento por todas las oportunidades brindadas a lo largo de todo este tiempo, mil gracias. Al Dr. Alexandre Oliveira por sus consejos y por todos los elementos brindados para llevar a cabo esta investigación, mil gracias. A ambos estaré siempre agradecida.

A mis lectores, al Dr. José Luis Sampedro, al Dr. Fernando Santiago Rodríguez, al Dr. Antonio Sierra Gutiérrez, a la Dra. Claudia De Fuentes y al Dr. Juan Manuel Alcantar por todo el tiempo dedicado a leer mi tesis y a sus comentarios para nutrirla y terminarla de la mejor manera, mil gracias.

También agradezco a mis compañeros de generación, en especial a Cristina, Sergio y Kerena por todo el apoyo que nos dimos mutuamente para que cada uno terminara su investigación, por los buenos momentos que pasamos juntos, siempre en mi corazón, gracias.

A mis amigas, Génesis y Karen por su apoyo, por su amistad y por todo el apoyo brindado durante mi posgrado, gracias.

Agradezco el apoyo al proyecto “Acumulación de capacidades tecnológicas y esferas económica, ambiental y sociopolítica: un análisis de las relaciones micromacro en el caso mexicano”, financiado por el “Fondo de Ciencia Básica” (CB2020-39595) de la SECIHTI,

por incorporarme al proyecto, y con su apoyo poder realizar mi estudio de caso y las facilidades brindadas para presentarla en diferentes congresos, muchas gracias.

Al CONAHCYT, por el apoyo financiero mediante la beca para llevar a cabo mi doctorado y realizar esta investigación, muchas gracias. A la UAM, al Doctorado en Ciencias Sociales y la MEGI, muchas gracias. A todos mis profesores del doctorado y de la Maestría por compartir todo su conocimiento, gracias a todos ellos.

RESUMEN

La Industria 4.0 (I4.0) se enfrenta a grandes retos en los países en desarrollo, como lo es México, especialmente en lo que respecta a su adopción efectiva y modernización. La adopción efectiva presupone la existencia de organizaciones productivas dotadas de Capacidades Tecnológicas (CT) innovadoras, respaldadas por una infraestructura nacional. En México hay varias empresas que han construido CT y están en ese proceso, pero aún se sabe poco sobre las motivaciones, estrategias y CT necesarias para avanzar en el proceso de adopción y modernización basadas en las tecnologías asociadas a la I4.0 en empresas que operan en sectores como el eléctrico y automotriz, que son multilatinas y que pertenecen a Cadenas Globales de Valor (CGV).

Esta tesis tiene como objetivo analizar las estrategias y las CT necesarias para la adopción de la I4.0 por parte de una empresa multilatina mexicana, que pertenece a CGV en algunos de sus productos y que tiene dos líneas de negocio (eléctrico y automotriz), para ello, primero se identifican las motivaciones que están detrás de las decisiones de adoptar la I4.0, asociadas a un nivel de digitalización en la empresa, que definen y dan dirección a la estrategia tecnológica de adopción. Una vez identificadas se asociaron a un nivel de CT de acuerdo al grado de complejidad de sus actividades, identificando con qué CT cuenta la empresa y qué CT necesita para avanzar hacia la adopción de la I4.0.

Se revisaron tres cuerpos de literatura: Revoluciones Tecnológicas, Estrategias Empresariales y Capacidades Tecnológicas. La literatura sobre Revoluciones Tecnológicas se utilizó para enmarcar y contextualizar a la I4.0. En la revisión de la literatura sobre las CT propuesta inicialmente por Lall (1992) y Bell y Pavitt (1995), la matriz de CT sirve como base para investigaciones actuales que identifican funciones y niveles que se asocian a la adopción de nuevas tecnologías, es por ello, que actualmente y ante el acelerado cambio inducido por la transformación digital y automatización de la economía han surgido nuevos trabajos que adaptan la matriz de CT de Bell y Pavitt (1995) e incorporan funciones y niveles de CT innovativas con foco en la adopción de nuevas tecnologías y con procesos de transformación digital (Santiago *et al.*, 2021; Peerally *et al.*, 2022; Dutrénit *et al.*, 2024). La literatura sobre estrategias tecnológicas de adopción de I4.0 aún es limitada en cuanto a las

especificidades de la I4.0. Principalmente la literatura ha explorado sobre los impactos en los costos económicos, así como en elementos como: la selección de la tecnología, la adquisición y la asimilación para mejorar su competitividad, dejando fuera elementos como las motivaciones o las razones que están detrás de la adopción de la I4.0 de acuerdo al nivel de CT innovativas y al nivel de digitalización en las empresas. Ambos cuerpos de literatura expresan que, si bien aún falta trabajo teórico, se requiere más evidencia empírica, particularmente la que se obtiene con estudios de casos.

El diseño metodológico de esta tesis es de corte cualitativo, descriptivo y exploratorio, y es a nivel de empresa. Esta tesis desarrolla un estudio de caso simple del proceso de adopción de la I4.0. La unidad de observación es una empresa multilatina mexicana que tiene dos líneas de negocio, las cuales operan en el sector eléctrico y automotriz. Por parte de la línea de negocio eléctrico cuentan con instalaciones en Brasil y España, y es multilatina. En la línea de negocio del sector automotriz, solo tiene plantas en México y forma parte de CGV. Será analizada a través de sus proyectos de innovación. Las unidades de análisis son: las estrategias tecnológicas de adopción y las CT para la adopción de la I4.0.

Los resultados muestran que el Grupo BETA (G. BETA) tiene presión por parte del entorno en el que se desenvuelve tanto a nivel nacional como internacional para adoptar la I4.0 en sus procesos productivos y organizacionales. Requieren un proceso de sensibilización para avanzar hacia la adopción de la I4.0 en un primer momento, ya que la evidencia muestra que existe un conflicto entre los procesos de digitalización y automatización con los trabajadores. Un resultado importante que mostró la evidencia es que se necesita contar con un mínimo de digitalización en la empresa para iniciar el proceso de adopción acompañado de una estrategia tecnológica bien definida para avanzar en este proceso.

Al ser una empresa que tiene dos líneas de negocio y cada una con características diferentes, el ritmo, la velocidad y la dirección de la adopción de la I4.0 es distinta. En su línea de negocio eléctrico, el caracterizarse como una multilatina representó una ventaja, ya que el contar con plantas en el extranjero les permite estar muy informados sobre los cambios en las tendencias de los mercados globales, así como atender las necesidades del mercado europeo y anticiparse a los cambios en la demanda. Su toma de decisiones para adoptar la

I4.0 es más flexible, ya que al incorporar las tecnologías asociadas les permite tener mayor productividad y atender las exigencias de los clientes para la reducción de costos. Esta línea de negocio (eléctrica) ya cuenta con una estrategia tecnológica para avanzar en la adopción de la I4.0, así como el uso de algunas tecnologías en sus procesos y en el desarrollo del diseño de productos, ya que son una línea intensiva en capital. En el caso de su línea de negocio automotriz, que está conectado a CGV, las decisiones para adoptar la I4.0 se limitan a la actualización de su equipo con algunos sensores y la automatización de su maquinaria. Las decisiones dependen más de las OEMs (Original Equipment Manufacturer). Es una línea de negocio que cuenta con procesos que son muy manuales y difíciles de automatizar, por lo que aún siguen siendo intensivos en mano de obra. En ambos casos la adopción no es un proceso lineal, ni automático, es muy costoso, y se asocia a un alto grado de incertidumbre.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	14
SECCIÓN I MARCO TEÓRICO-METODOLÓGICO.	28
CAPÍTULO 1. REVISIÓN DE LOS CUERPOS TEÓRICOS.	29
1.1 REVOLUCIONES TECNOLÓGICAS Y PARADIGMAS TECNO- ECONÓMICOS.....	29
1.1.1 Las Revoluciones Tecnológicas.	29
1.1.2 Los paradigmas tecno-económicos.....	31
1.1.3 La Industria 4.0 como parte de una Revolución Tecnológica.	32
1.1.4 Generaciones e insumos de tecnologías que se asocian a cada una de las Revoluciones Tecnológicas.....	34
1.1.5 Tecnologías de la I4.0.....	36
1.2 ESTRATEGIA EMPRESARIAL.	39
1.2.1 Estrategia tecnológica como parte de la estrategia empresarial.	40
1.2.2 Estrategia tecnológica de adopción de la Industria 4.0.	42
1.2.3 Factores determinantes de la decisión de adopción.....	46
1.2.4 Motivaciones para definir estrategias.	50
1.2.5 Motivaciones para la adopción de la I4.0.	51
1.3 CAPACIDADES TECNOLÓGICAS.....	57
1.3.1 Evolución del concepto de CT.....	58
1.3.2 Tipos y niveles de capacidades.....	59
1.3.3 Aprendizaje como forma de adoptar tecnologías y construir Capacidades Tecnológicas	60
1.3.4 Capacidades Tecnológicas para adoptar la Industria 4.0.....	62
1.3.5 Diferencias y semejanzas de las matrices de CT en el contexto de la 4 RT... 78	
1.3.6 El papel del entorno para la acumulación de Capacidades Tecnológicas.	81
1.4 CONCLUSIONES DE LA REVISIÓN DE LA LITERATURA.	87
CAPÍTULO 2. MARCO CONCEPTUAL.	89
2.1 MATRIZ DE ALINEACIÓN TEÓRICA-CONCEPTUAL.	89
2.1.1 Principales conceptos utilizados.	91
2.1.2 Diseño del marco conceptual.....	93
CAPITULO 3. METODOLOGÍA.....	98

3.1	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	98
3.1.1	Características de la investigación.....	99
3.1.2	Estrategia de investigación: la metodología del estudio de caso.....	100
3.1.3	Unidades de observación y análisis.....	100
3.2	FUENTES DE INFORMACIÓN.....	102
3.3	TRIANGULACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	107
3.4	OPERACIONALIZACIÓN DE LOS CONCEPTOS.....	108
3.5	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	114
	SECCIÓN II MARCO CONTEXTUAL Y DESCRIPCIÓN DEL CASO.....	118
	CAPITULO 4. MARCO CONTEXTUAL: EL SECTOR AUTOMOTRIZ Y EL ELÉCTRICO.....	119
4.1	EL SECTOR AUTOMOTRIZ.....	121
4.1.1	Datos Básicos del sector.....	121
4.1.2	Cadena de Valor del sector automotriz.....	123
4.1.3	Exportaciones de la industria automotriz.....	125
4.1.4	Las CGV y los niveles de proveeduría.....	126
4.1.5	El sector automotriz y la I4.0: tendencias.....	128
4.2	EL SECTOR ELÉCTRICO.....	131
4.2.1	Datos básicos del sector.....	132
4.2.2	Los planes y programas de las últimas administraciones.....	132
4.2.3	Generación, Transmisión y Distribución de la Energía Eléctrica en México. 135	
4.2.4	Cables y alambres eléctricos.....	138
4.3	COMPARACIÓN ENTRE AMBOS SECTORES.....	140
4.4	EL ENTORNO MEXICANO.....	141
	CAPÍTULO 5. ESTUDIO DE CASO: GRUPO BETA.....	144
5.1	EL GRUPO BETA.....	144
5.1.1	La historia de GRUPO BETA.....	144
5.1.2	Localización geográfica.....	154
5.2	EL G. BETA: LINEA DE NEGOCIO ELÉCTRICA.....	156
5.2.1	Historia de la línea de negocio eléctrica.....	156
5.2.2	Estructura organizacional de GRUPO BETA: línea eléctrica.....	163
5.3	EL G. BETA: LÍNEA DE NEGOCIO AUTOMOTRIZ.....	166

5.3.1	Historia del GRUPO BETA: principales hitos.	166
5.3.2	Estructura organizacional de la línea automotriz.	170
5.4	EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO.	173
5.4.1	Principales características.	173
5.4.2	Patentes del Centro de Investigación y Desarrollo.	176
SECCIÓN IV ANÁLISIS EMPÍRICO Y RESULTADOS.		177
CAPÍTULO 6. MATRIZ DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS CON PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL.		178
6.1	LA MATRIZ DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS CON PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL.	178
6.1.1	Matriz de CT con procesos de transformación digital: línea eléctrica.	179
6.1.2	Matriz de CT con procesos de transformación digital: línea automotriz.	191
6.2	COMPARACION DE LA ACT EN AMBAS LÍNEAS DE NEGOCIO.	201
6.2.1	Las matrices de CT con procesos de transformación digital de ambas líneas.	201
6.2.2	El impacto del contexto en la ACT.	203
CAPÍTULO 7. HACIA UNA MATRIZ DE MOTIVACIONES, ESTRATEGIAS Y CT PARA LA ADOPCIÓN DE LA I4.0.		207
7.1	MATRIZ DE MOTIVACIONES, ESTRATEGIAS Y CT PARA LA ADOPCIÓN DE LA I4.0. EN LA LÍNEA ELÉCTRICA: EVOLUCIÓN.	210
7.1.1	La construcción de un nivel de CT básicas para adoptar la I4.0: 2000 a 2019.	210
7.1.2	Motivaciones en la adopción de la I4.0 asociadas a un nivel básico de CT.	210
7.1.3	Estrategias tecnológicas en la adopción de la I4.0 asociadas a un nivel básico de CT.	213
7.1.4	El proceso de acumulación de CT a través de su sistema de manufactura para la adopción de la I4.0 (2000-2019). Nivel básico.	219
7.2	LA CONSTRUCCIÓN DE UN NIVEL DE CT INTERMEDIO PARA ADOPTAR LA I4.0 EN LA LÍNEA ELÉCTRICA: 2019-2024.	226
7.2.1	Motivaciones en la adopción de la I4.0 asociadas a un nivel intermedio de CT.	226
7.2.2	Estrategia tecnológica en la adopción de la I4.0 asociadas a un nivel intermedio de CT en la línea de negocio eléctrica (2019-2024).	228
7.2.3	El proceso de acumulación de CT intermedias en la adopción de la I4.0 (2019-2024).	232

7.2.4	Matriz de motivaciones, estrategias y CT para la adopción de la I4.0 en la línea eléctrica.....	240
7.3	MATRIZ DE MOTIVACIONES, ESTRATEGIAS Y CT PARA LA ADOPCIÓN DE LA I4.0. EN LA LÍNEA AUTOMOTRIZ: EVOLUCIÓN.....	244
7.3.1	La construcción de un nivel de CT básicas para adoptar la I4.0.	244
7.3.2	Motivaciones en la adopción de la I4.0 asociadas a un nivel básico de CT.	244
7.3.3	Estrategias tecnológicas en la adopción de la I4.0 asociadas a un nivel básico de CT. Línea de negocio automotriz.	247
7.3.4	El proceso de acumulación de CT básicas para la adopción de la I4.0.	249
7.4	INTERACCIÓN ENTRE AMBAS LÍNEAS DE NEGOCIO: ELÉCTRICA Y AUTOMOTRIZ	256
7.4.1	Diferencias entre las dos líneas de negocio respecto a la adopción de la I4.0.	257
7.4.2	Complementariedades entre ambas líneas de negocio respecto a la adopción de la I4.0.....	258
7.4.3	Factores determinantes de la adopción de la industria 4.0 y algunas limitaciones en el proceso.	261
CAPITULO 8. CONCLUSIONES, CONTRIBUCIÓN Y RECOMENDACIONES.		266
8.1	HALLAZGOS SOBRE LAS ESTRATEGIAS Y CAPACIDADES TECNOLÓGICAS PARA ADOPTAR LA I4.0 EN EL G. BETA.	268
8.2	LAS CONTRIBUCIONES DE ESTA TESIS.	275
8.3	CONTRIBUCIÓN EMPIRICA.	277
8.4	RECOMENDACIONES.....	278
8.5	LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.	279
BILIOGRAFIA.....		281
ANEXOS.....		290

LISTA DE FIGURAS, TABLAS, GRÁFICAS Y RECUADROS.

Figura 1. La doble naturaleza de las RT	30
Figura 2. Las cuatro revoluciones tecnológicas.....	31
Figura 3. Evolución de las Revoluciones Industriales.....	34
Figura 4. Marco integral de adopción de tecnologías de la 4.0.	44
Figura 5. Motivaciones y estrategia de la empresa.....	51
Figura 6. Proceso de operacionalización.	110
Figura 7. Proceso de análisis de información	114
Figura 8. Concepto de motivaciones.	115
Figura 9. Concepto de estrategias tecnológicas.....	116
Figura 10. Concepto de CT para la adopción de la I4.0.	116
Figura 11. Concepto de Entorno económico.	117
Figura 12. Niveles de proveeduría.....	128
Figura 13. Estrategia de transición para la generación eléctrica con energía limpia.....	133
Figura 14. Red Nacional de Transmisión de México.	137
Figura 15. Líneas de distribución de energía eléctrica (kilómetros).	137
Figura 16. Historia del G. BETA: 2 grandes periodos.	144
Figura 17. Historia cronológica de G. BETA de 1954 a 1992.	146
Figura 18. Sectores Estratégicos de Conglomerado Mexicano.	148
Figura 19. Grupo BETA y sus dos líneas de negocio.....	154
Figura 20. Línea del tiempo de la línea eléctrica de G. BETA.....	157
Figura 21. Estructura organizacional de la línea eléctrica.	164
Figura 22. Línea de vida de la línea automotriz de G. BETA.	166
Figura 23. Estructura organizacional de la línea automotriz.	170
Figura 24. Hitos importantes del Centro de I+D.	175
Figura 25. Áreas encargadas del diseño del modelo de negocio.	214
Figura 26. Elementos del entorno en la estrategia de crecimiento.	219
Figura 27. Proceso de generación de la estrategia tecnológica de adopción de la I4.0.	231
Figura 28. Reactivos evaluados en su herramienta de autodiagnóstico de madurez tecnológica.....	237
Figura 29. Figura Línea automotriz e Industria 4.0.....	247
Tabla 1. Paradigma tecno-económico para cada revolución.	32
Tabla 2. Algunas definiciones de I4.0.	33
Tabla 3. Generación, insumos y aplicación en la manufactura.	35
Tabla 4. Tecnologías pilares de la Industria 4.0.	36
Tabla 5. Estrategias de Implementación de la I4.0.	45
Tabla 6. Factores relacionados con la demanda que inciden en la decisión de adoptar una nueva tecnología.	47
Tabla 7. Factores relacionados con la oferta que inciden en la decisión de adoptar una nueva tecnología.	48
Tabla 8. Factores relacionados con las características en la innovación que inciden en la decisión de adoptar una nueva tecnología.	49
Tabla 9. Motivaciones para definir estrategias de adopción.	53
Tabla 10. Clasificación de las motivaciones para la adopción de tecnologías de la I4.0.	55
Tabla 11. Desarrollo de un marco de creación de CT de la 4RI.....	66

Tabla 12. Marco analítico de CT de la 4RI.	69
Tabla 13. Función integración, gestión y protección de datos. Sub-grupo A.....	71
Tabla 14. Función integración, gestión y protección de datos. Sub-grupo B y C.	72
Tabla 15. Matriz de capacidades tecnológicas con procesos de transformación digital.	77
Tabla 16. Aportes identificados en los tres trabajos.	79
Tabla 17. Aspectos principales de los indicadores de las esferas del contexto.	83
Tabla 18. Matriz de alineación teórica- conceptual.	90
Tabla 19. Marco analítico para adoptar la I4.0.	96
Tabla 20. Métodos de obtención de información.	102
Tabla 21. Fuentes de información.	104
Tabla 22. Actividades realizadas por un gerente.	105
Tabla 23. Principales temas abordados en las entrevistas.	106
Tabla 24. Personal entrevistado.	107
Tabla 25. Operacionalización de los conceptos.	109
Tabla 26. Operacionalización de los principales conceptos en esta investigación.	111
Tabla 27. Crecimiento promedio anual de sectores estratégicos (1993-2023).	121
Tabla 28. Principales proveedores del sector automotriz.	123
Tabla 29. Principales clientes del sector automotriz.	124
Tabla 30. Principales productos exportados.	125
Tabla 31. Programas que Orientan el Sector Energético.	132
Tabla 32. Programa Sectorial de Energía 2020-2024.	134
Tabla 33. Generación neta inyectada por tecnología en 2024.	136
Tabla 34. Los estados con más ventas internacionales en 2023.	139
Tabla 35. Los estados con mayor compras internaciones en 2023.	139
Tabla 36. Principales destinos comerciales en 2023.	139
Tabla 37. Comparación entre ambos sectores.	140
Tabla 38. Ventas anuales del G. BETA.	149
Tabla 39. Contribución del G. BETA a las ventas totales del Conglomerado Mexicano. .	153
Tabla 40. Breve descripción técnica del estado.	155
Tabla 41. Cobertura geográfica de las plantas del G. BETA sector eléctrico en México. .	160
Tabla 42. Cobertura geográfica de las plantas del G. BETA línea eléctrica en el extranjero.	161
Tabla 43. Principales productos, clientes y competidores.	162
Tabla 44. Premios, reconocimientos y certificaciones. Línea eléctrica.	165
Tabla 45. Cobertura geográfica de las plantas de la línea automotriz.	169
Tabla 46. Principales clientes OEM Y TIER 1	170
Tabla 47. Premios, reconocimientos y certificaciones. Línea automotriz.	171
Tabla 48. Matriz de CT con procesos de transformación digital del G. BETA en su línea eléctrica.	188
Tabla 49. Resumen de la influencia de las esferas del contexto sobre la ACT en la línea eléctrica.	190
Tabla 50. Matriz de ACT de G. BETA en la línea automotriz.	199
Tabla 51. Influencia de las esferas del contexto sobre la ACT en la línea automotriz.	200
Tabla 52. Niveles de CT identificados en cada línea.	203
Tabla 53. Influencia de las esferas del contexto sobre la ACT en ambas líneas de negocio.	204

Tabla 54. Matriz de matriz de motivaciones, estrategias y ct para la adopción de la I4.0. Línea de negocio eléctrica.	241
Tabla 55. Hechos importantes en el proceso de construcción de CT en la línea automotriz.	252
Tabla 56. MATRIZ DE MATRIZ DE MOTIVACIONES, ESTRATEGIAS Y CT PARA LA ADOPCIÓN DE LA I4.0. EN LA LÍNEA AUTOMOTRIZ.	255
Tabla 57. Interacción entre ambas líneas de negocio.	257
Tabla 58. Diferencias y complementariedades entre ambas líneas de negocio.	260
Tabla 59. Función de gestión de proyectos.	290
Tabla 60. Función de mantenimiento predictivo e inteligente.	291
Tabla 61. Función de desarrollo de productos.....	292
Tabla 62. Función procesos de fabricación y función organizativa. Sub-grupo A.	293
Tabla 63. Función procesos de fabricación y función organizativa. Sub-grupo B.....	294
 Gráfica. 1. Ventas de G. BETA, 2010-2023 (millones de pesos) constantes 2023=100....	150
 Recuadro 1. El proyecto de Sistema de Manufactura.	221
Recuadro 2. El proyecto de DIGICX 4.0.....	223
Recuadro 3. Proceso de generación de la estrategia tecnológica de adopción de la I4.0. ..	230
Recuadro 4. Sistema MES/SCADA	238
Recuadro 5. Proyecto de Robotización en una planta automotriz.	250
Recuadro 6. Factores determinantes en el proceso de adopción de I4.0	262
Recuadro 7. Limitaciones en el proceso de adopción de I4.0.	263

INTRODUCCIÓN.

La economía mundial está cada vez más conectada y dado el avance de la digitalización hoy podemos afirmar que la economía global es una economía digital. Los avances en robótica, inteligencia artificial y aprendizaje automático (machine learning) están abriendo el camino hacia una nueva fase de automatización, conforme las máquinas equiparan o superan el desempeño humano en una gran gama de actividades laborales, incluyendo las que requieren competencias cognitivas (McKinsey, 2017). Esta nueva fase se caracteriza por la digitalización y la conectividad. Tecnologías como la robótica, internet de las cosas, computación en la nube, big data, inteligencia artificial e impresión 3D, refuerzan la importancia de la industria manufacturera a partir de la fabricación de productos personalizados e inteligentes. El análisis de datos y la toma de decisiones en tiempo real están impactando positivamente en la eficiencia de toda la cadena de valor. Las plataformas digitales permiten ampliar mercados y compartir información con el ecosistema productivo. Se observa el surgimiento de nuevos modelos de negocios, nuevas formas de colaboración entre empresas y nuevos actores (Basco *et al.*, 2018).

Los avances generados por las tecnologías mencionadas, y que son el sustento de la llamada Industria 4.0 (I4.0), están dando paso a un nuevo proceso de producción, mediante la automatización de procesos productivos que son altamente rutinarios. Estos procesos avanzan rápidamente en la Industria Automotriz, la Industria Aeroespacial, la Industria Eléctrica y Electrónica, la Industria de Plásticos, entre otras. Estos cambios y avances, que se han dado en la incorporación de la digitalización y conexión entre la cadena de procesos productivos, actualmente se asocian a la I4.0. Las tecnologías que se asocian a la I4.0 hacen hincapié en las transformaciones de la cadena de producción, principalmente en la manufactura, y cómo éstas han sido implementadas en las diferentes industrias que poseen actividades que son susceptibles de dicha incorporación.

Las tecnologías asociadas o también llamadas pilares que sustentan a la I4.0 son: robótica, inteligencia artificial, impresión 3D, Big data, internet de las cosas, realidad virtual, almacenamiento en la nube y ciberseguridad. Estas tecnologías están revolucionando a la industria a través de “Fábricas Inteligentes” (pasar de una automatización tradicional a una

totalmente conectada y flexible) que se espera permitirán una mayor flexibilidad en las necesidades de producción, una buena asignación de recursos y la integración de procesos, desde el monitoreo del equipo hasta la entrega final. Esto se realiza mediante el uso de tecnologías como la integración de Sistemas Ciber físicos (CPS), IoT (Internet of Things) e IOS (sistemas operativos), y la interacción en tiempo real entre maquinaria, software e individuos (SE, 2016).

A esta hiperconectividad generada por las tecnologías y al uso de los CPS se le denominó en Alemania “Industria 4.0”, en la Feria de Hannover de 2011, para mostrar cómo esta cambiará la estructura de las CGV. Muchos la han denominado “*La Cuarta Revolución Industrial*”, porque está dando paso a un mundo en el que sistemas de fabricación virtuales y físicos cooperan de una manera flexible e hiperconectada en todo el mundo. Esto ha conducido a la personalización de los productos y el establecimiento de nuevos modelos (Schwab, 2016). Sin embargo, aún no hay consenso sobre el alcance de estos procesos. Lo que sí es una realidad es que esta industria está formando parte de las grandes tendencias globales de digitalización, cuya importancia va en aumento en todos los ámbitos de la vida y de la economía, ya que, debido a la conversión analógica-digital de los datos, todos los actores que intervienen en el proceso pueden beneficiarse, en cualquier momento y lugar, de toda la información disponible en la cadena productiva. Sobre esta base, es posible optimizar los procesos de producción y distribución, al tiempo que se generan nuevos mercados y campos de negocio (Schroeder, 2017).

En este sentido, la puesta en marcha de la I4.0, o Cuarta Revolución Industrial, aumenta la cantidad de potencia y con la unión de las capacidades de transmisión, de cómputo y de almacenamiento, así como de las tecnologías digitales en la economía están dando lugar a una fase de transformación basada en el internet de las cosas, en el análisis y en el uso de grandes bases de datos. Esto está impulsando una creciente digitalización e hiperconectividad a nivel mundial en los procesos productivos, pero solo en industrias altamente tecnológicas, que han diseñado una estrategia tecnológica bien definida, y que cuentan con CT para ponerla en marcha y que les permite crear e implementar estas tecnologías (UNIDO, 2019).

PROBLEMÁTICA TEÓRICA.

Desde una perspectiva teórica, esta tesis se inserta en los cuerpos de literatura sobre Estrategias Tecnológicas y CT. En la literatura se ha discutido ampliamente el proceso de acumulación de CT en las empresas, basado en las contribuciones de Lall (1992) y Bell y Pavitt (1995).

Hacia la década de los setenta existía una idea bastante difundida acerca de que los países en desarrollo sólo eran receptores pasivos de la tecnología de países desarrollados. Lall (1992) destaca que en la teoría neoclásica los modelos son altamente simplificados y consideran que la tecnología está disponible y gratuita para todos los países, y dentro de ellos para todas las empresas, que la tecnología es fácilmente transferible de los países desarrollados a países en desarrollo, es decir, minimizando la actividad innovadora en países en desarrollo. Esto se debía a la falta de literatura que explorara la situación de la actividad tecnológica en países en desarrollo.

Algunos autores desafiaron esta idea (neoclásica) con una serie de estudios empíricos sobre los procesos de aprendizaje y adquisición de CT a nivel de empresa, demostrando que el conocimiento tecnológico no es fácil de imitar, es costoso y tampoco es fácil de transferir entre empresas, porque el conocimiento es tácito y acumulativo (Katz, 1986; Bell y Pavitt, 1995; Dutrénit, 2000; Figueiredo, 2001; Vera-Cruz, 2004; Vera-Cruz y Torres, 2013, entre otros). Si bien estos autores demostraron mediante estudios de casos que la teoría neoclásica, no explicaba la actividad innovadora de los países en desarrollo, sentaron las bases para estudios acerca de las especificidades de la capacidad innovadora de los países en desarrollo demostrando que no solo eran receptores pasivos de tecnología de los países desarrollados.

La literatura existente acerca de las CT y su proceso de acumulación en las empresas es amplia, como se mencionó en el párrafo anterior. Sin embargo, este concepto ha tenido modificaciones menores en cuanto a su definición a lo largo del tiempo. Autores como Westphal, Kim, Dahlman (1985) las definen como: la habilidad para hacer un uso efectivo del conocimiento tecnológico, y que no sólo radica en poseerlo sino en cómo se usa. En 1987 Lall incorpora a este concepto que también comprende una amplia gama de actividades para

seleccionar, corregir y asimilar tecnología. En 1997 Kim incorpora a la definición de Lall 1987 que también son la capacidad para crear nuevas tecnologías y desarrollar nuevos productos y procesos en respuesta a los cambios en el medio ambiente. Para años más recientes Dutrénit *et al.* (2020) incorpora a estas definiciones que también son habilidades para hacer cosas y reflejan el dominio que las empresas tienen de las actividades tecnológicas. En este sentido ya es ampliamente aceptado y utilizado el concepto de CT y ha tenido importantes avances en cuanto a su definición incorporando nuevos elementos, haciendo énfasis en el uso del conocimiento y en la capacidad de crear tecnología y desarrollar nuevos productos y procesos y estas definiciones mantienen su vigencia.

En 1995 Bell y Pavitt propusieron una matriz para analizar las características de los procesos de acumulación de CT, en términos de funciones técnicas y niveles de CT distinguiendo niveles de producción básica y niveles de CT innovativas. Si bien la literatura sobre CT es amplia y existen trabajos que han estudiado los procesos de acumulación a lo largo del tiempo, el papel del aprendizaje y el papel de contexto (Bell, y Pavitt, 1995; Dutrénit, 2000; Vera-Cruz, 2004; Figueiredo, 2001, 2021; Bell y Figueiredo, 2012; Dutrénit *et al.*, 2021, 2024), aún no han puesto el foco en qué CT se requieren específicamente para la adopción de la I4.0. En un entorno de creciente digitalización y automatización, estos estudios no permiten identificar los niveles y las CT así como las funciones técnicas relevantes para iniciar un proceso de transformación digital, ni de adopción de tecnologías que se asocian a la I4.0.

Es por ello que actualmente diversos autores han discutido y se han dado a la tarea de adaptar la matriz de Bell y Pavitt (1995) incorporando funciones y niveles que permitan identificar los niveles de CT ante un contexto de transformación digital (Dutrénit *et al.*, 2024) y de adopción de la 4RI (Santiago *et al* 2021; Peerally *et al*; 2022) en empresas de países en desarrollo.

Esta tesis se posiciona en la discusión de Santiago *et al.* (2021), Peerally *et al.* (2022) y Dutrénit *et al.* (2024), y usa un enfoque evolutivo para afirmar que la adopción de la I4.0 es un proceso dinámico y que va cambiando con el paso del tiempo. Más allá de los aportes de

estos trabajos, no han puesto el foco en las motivaciones de las empresas relacionadas con los niveles de digitalización, las que direccionan a las estrategias tecnológicas y que están en función del nivel de CT que han desarrollado. Es por ello que en esta tesis se argumenta que aún hay elementos que tienen que ser estudiados para profundizar el tema de adopción de la I4.0 en países en desarrollo. Esta tesis se inserta en esta laguna de conocimiento, en un primer paso se ve a la I4.0 como un proceso en el cual la adopción de la I4.0 inicia con las razones para adoptar (motivaciones), que están asociadas al nivel de digitalización que hay en la empresa y que dan dirección a las estrategias tecnológicas de adopción y que dependen del nivel de acumulación de CT en el grupo.

Esta tesis aporta un marco analítico de este proceso de adopción, integrando motivaciones, niveles de digitalización en la empresa, estrategias tecnológicas y CT. Todos estos elementos están relacionados como un proceso que va desde el ¿por qué? y ¿para qué? hasta la identificación de CT requeridas para la adopción integral en la empresa, lo que permite analizar el proceso de adopción de la I4.0 con un marco analítico no simplificado de la I4.0.

PROBLEMÁTICA EMPÍRICA.

Desde una perspectiva empírica, la adopción de la I4.0 en países en desarrollo como lo es México, enfrenta condiciones que limitan la adopción de la I4.0 en empresas que de acuerdo a sus características (sector, tamaño, tipo de productos, clientes, el grado de integración con el resto del mundo, si pertenece a CGV o si son multilatinas, entre otras) están motivadas, impulsadas o presionadas por adoptar la I4.0, ya que, de acuerdo a esas características, hay empresas que tienen la presión de adoptar la I4.0 porque la propia dinámica de los mercados en los que operan lo requieren. También hay empresas que por sus características no requieren adoptar la I4.0 de manera inmediata o en el corto plazo para mejorar su competitividad.

Para aquellas empresas que si tienen entre sus objetivos la adopción de la I4.0 y que han iniciado el proceso de adopción, por ejemplo, Arriola y Carrillo (2022) que han realizado un análisis de 19 tecnologías adoptadas en la industria automotriz en dos estados en México y han identificado el nivel de implementación alcanzado y demuestran que la adopción no es

aún generalizada por el nivel de conocimiento que tienen de estas tecnologías. Por otro lado, trabajos sobre la adopción de la I4.0 en el sector automotriz, se basan principalmente en la revisión de la literatura, por ejemplo, García Garnica (2022) hace una revisión de literatura sobre la adopción en las PYMES identificando limitaciones que tienen estas empresas en su adopción. También hay estudios de caso sobre empresas mexicanas de autopartes, como lo es la investigación de Martínez (2023), que analiza la implementación de la I4.0 en una empresa de autopartes, obteniendo resultados sobre los retos que enfrentan en su implementación.

Hay elementos que persisten como lagunas de conocimiento en la literatura sobre la adopción de la I4.0 en empresas. Los documentos revisados, ya sea basados en una revisión de la literatura o en estudios de caso, se han enfocado principalmente en las limitaciones, lo cual es importante, ya que aportan al debate sobre la adopción de la I4.0 en México y pueden impulsar la creación de mecanismos que se centren en disminuir esas limitaciones, como, por ejemplo, políticas públicas que incentiven su adopción. Pero se requiere ampliar el debate sobre la adopción de la I4.0, se necesita también estudiar otros aspectos que hasta ahora han quedado fuera de los estudios. Estos dejan aún espacios por estudiar sobre las motivaciones y las estrategias seguidas para la adopción de la I4.0, espacio que esta tesis busca cubrir para contribuir al estudio de la adopción de I4.0.

Los elementos que esta tesis aporta son las relaciones que existen entre motivaciones, estrategias tecnológicas y CT vistas como un proceso que inicia desde la idea (motivación) y termina con la adopción integral de la I4.0 en la empresa (CT Innovativas avanzadas).

Esta tesis realiza un estudio de caso, analizando elementos que aún no han sido investigados como son: las motivaciones que son factores fundamentales, si se requiere conocer ¿por qué adoptan la I4.0 las empresas? y ¿para qué? Debido a que estas darían dirección a la estrategia tecnológica de adopción, ya que permite identificar los planes de acción que llevan a cabo para avanzar en la adopción e identificar si están alineadas con su estrategia empresarial, y si cuentan con las CT para avanzar en la adopción de la I4.0.

A nivel nacional se han realizado diversos estudios para conocer el estado de adopción de la I4.0 en empresas mexicanas, como se señaló en párrafos anteriores. A nivel internacional

también se han identificado una serie de limitaciones que enfrenta países en desarrollo en cuanto a la adopción de la I4.0. El informe de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO) sobre la Industrialización en la era digital (2019) identificó una serie de problemas que existen en la adopción de la I4.0 en países en Desarrollo, como lo es México, y encontró lo siguiente:

- La I4.0 está concentrada a nivel mundial en pocas economías desarrolladas.
- La mayoría de las economías en desarrollo (p.e. México) están lejos de convertirse en economías punteras en temas de creación y adopción de estas tecnologías, o aún seguir el ritmo de esta industria, y esto tiene que ver con el contexto, ya que enfrentan varios retos que los países desarrollados han superado.
- La adopción integral presupone la existencia de organizaciones productivas dotadas de capacidades productivas y de CT innovativas apoyadas en infraestructuras nacionales.
- La adopción es más pronunciada en la industria manufacturera y, en particular, en las industrias más expuestas a actividades rutinarias y manuales.

Sumado a esto, el Informe señala un punto importante: las economías en desarrollo aún tienen debilidades en la adopción de tecnologías 4.0. Argumenta que esto está dividiendo al mundo. Un primer bloque integrado por las economías punteras, que llevan la dirección del avance tecnológico, y son aquellas que se encuentran en la frontera tecnológica, éstas serían las principales 10 economías por orden de importancia de acuerdo al informe: Estados Unidos, Japón, Alemania, China, Taiwán, Francia, Suiza, Reino Unido, la República de Corea y los Países Bajos, que lideran la creación y uso de estas tecnologías.

En un segundo bloque se colocan las economías de segundo nivel, éstas son las que están implementando las nuevas tecnologías, aunque con valores más bajos: Israel, Italia y Suecia, Australia y Canadá, México, Tailandia y Turquía. En esta carrera tecnológica, se las considera economías de segundo nivel. Finalmente se encuentra otro bloque integrado por el resto del mundo, donde la adopción es baja o nula. La mayoría de los países están lejos de convertirse en economías punteras en temas de creación y adopción de estas tecnologías y esto tiene que ver con el contexto, ya que enfrentan varios retos que claramente los países

desarrollados han superado. Para el caso de México, éste se localiza dentro de las economías de segundo nivel, donde la adopción tiene valores o porcentajes bajos.

El Banco Mundial (2018) comparte la visión con UNIDO, ya que considera que América Latina y el Caribe tienen las tasas más bajas de adopción de tecnologías digitales características de la I4.0 en relación a países similares de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Las empresas presentan algunas limitaciones en torno a las CT y organizativas necesarias para incorporar tecnologías digitales en sus procesos productivos, a lo que se suma las bajas CT nacionales, así como las habilidades para adoptar estas tecnologías (Casalet y Stezano, 2020).

En cuanto al tema de CT se hace hincapié en el papel central que juegan las CT en la adopción de estas tecnologías tanto a nivel de la industria como nacional. La existencia de CT acumuladas en las empresas es una condición (*sine qua non*) para la adopción de nuevas tecnologías, así como para la creación de otras para complementarse y poder hacer un uso integral de estas tecnologías asociadas a la I4.0, partiendo de que la adopción no es un proceso lineal ni automático. En este sentido, UNIDO (2019) llega a la conclusión de que para poder resolver el problema de adoptar con éxito las tecnologías de la I4.0 en los países en desarrollo se deberían desarrollar e impulsar sus CT industriales, las que en última instancia dependen de las CT de las empresas.

De acuerdo a UNIDO (2019:14), hay tres grupos de capacidades (las “*capacidades del futuro*”) que son especialmente importantes para adoptar las tecnologías de la I4.0:

- “las capacidades analíticas”;
- “las capacidades específicas relacionadas con la tecnología, entre las que se incluyen ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas además de las habilidades relacionadas con las TIC”;
- “las capacidades interpersonales”

El informe señala que es probable que los empleos creados por las nuevas tecnologías sean más exigentes en términos de capacidades novedosas y técnicas, además de capacidades

analíticas y cognitivas, por lo que las capacidades del futuro constituyen la mejor protección frente al riesgo de desplazamiento tecnológico (UNIDO, 2019).

En cuanto al tema de estrategias, el Banco Mundial (2018) recomienda algunas estrategias nacionales para áreas clave, que pueden ayudar a aprovechar el poder productivo de esta revolución digital que incluye el mejoramiento de la adopción de la I4.0, entre las que destacan:

- **Poner tecnologías a disposición de las empresas locales a precios competitivos a nivel mundial.** Un ejemplo que pone en este sentido el Banco Mundial, es que el acceso a plataformas digitales por parte de empresas pequeñas hace que se beneficien de la adopción de estas tecnologías, disminuyendo la brecha tecnológica entre las grandes y pequeñas empresas.
- **Asegurarse que las empresas tengan incentivos para invertir en mejora de la tecnología y las exportaciones, en lugar de buscar la protección de la competencia.** Las políticas e instituciones que alientan a las empresas a competir las llevan a invertir en mejorar la calidad de sus productos y reducir los costos y precios en lugar de invertir para obtener privilegios gubernamentales. Las empresas también pueden beneficiarse de la adopción de mejores prácticas de gestión para aumentar la producción y la distribución, un área con un enorme potencial en la región.
- **Educar a los trabajadores para prepararlos para los trabajos del mañana.** Esto exigirá habilidades nuevas, por ejemplo, las industrias más intensivas en tecnología dependen cada vez más de los empleados para realizar tareas más cognitivas y analíticas en las que la comunicación y las habilidades interpersonales tienen una demanda particularmente alta. El hecho de querer alejarse de la tecnología por temor al cambio tecnológico sería un error costoso.

Estas estrategias propuestas por el Banco Mundial reflejan la importancia de contar con estrategias definidas ya que son elementos claves para adoptar con éxito la I4.0, sin embargo, no está claro qué estrategias se están llevando a cabo para adoptar la I4.0 o si es que existe alguna en los países en desarrollo, como lo es México. Por ejemplo, CEPAL (2021) analiza

la transformación digital de las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPyMES), y encontró que en países de América Latina y el Caribe es poco clara la estrategia que llevan los países para la adopción de tecnologías de la I4.0, y que, en algunos casos, se ha tenido que replantear la estrategia.

Aunado a lo anterior, a raíz de la crisis sanitaria debido al SARS-CoV-2 se ha materializado un cambio a gran escala: la adopción de tecnologías digitales se aceleró. Las organizaciones están cada vez más adentrándose en la tecnología e infraestructura digital, y el creciente uso de las plataformas de comunicación virtual seguirá aumentando, buscando que las tecnologías emergentes mejoren la productividad, el talento y obligando a las empresas a reevaluar temas como: las CT con las que cuenta la industria, las que se necesitan crear para hacer un uso más integral de las tecnologías 4.0, así como las estrategias que están siguiendo para la adopción de tecnologías de la I4.0. La crisis provocada por la pandemia de la COVID-19 vino a acelerar la adopción de nuevas tecnologías de I4.0 en las empresas (FUMEC, 2020).

En este sentido, existe una presión del entorno (en sus múltiples esferas: Económica, Política, Social, de Ciencia y Tecnología, así como Ambiental) hacia la hiperconectividad, y de exigencia de mejora en los procesos de producción, por ejemplo: procesos más limpios y con menos desperdicios de insumos, así como mejoras en los controles de calidad y aspectos relacionados al medio ambiente, son algunos factores que están llevando a las empresas manufactureras a incorporar la I4.0. Estos cambios y su aplicación en las empresas pueden generar ahorro de tiempos e insumos, optimizando la información para la toma de decisiones y la posibilidad de predecir problemas, así como, el ahorro de insumos, el monitoreo de las emisiones, la optimización de los flujos, que pueden tener impactos positivos sobre el medio ambiente (Dini *et al.*, 2021).

En consecuencia, estos cambios inducen a innovar los modelos de negocio y, al mismo tiempo, detonan transformaciones en la organización de las CGV, con oportunidades para nuevos entrantes, pero también con retos y presiones competitivas para los involucrados, quienes deben estar en constante actualización tecnológica para no perder su posición en el mercado.

Sin embargo, la I4.0 ofrece y enfrenta grandes desafíos en países en desarrollo, especialmente en términos de adopción efectiva y modernización de sus sistemas heredados. Es más, las oportunidades de adopción no se distribuyen equitativamente a medida que las empresas y los países enfrentan diferentes retos. La adopción efectiva de estas nuevas tecnologías presupone la existencia de organizaciones productivas dotadas de CT básicas e intermedias, apoyadas en infraestructuras, como: electricidad confiable, estandarización y conectividad. Sin embargo, la mayoría de los países en desarrollo, así como muchas regiones de países emergentes y economías industriales maduras carecen en gran medida de estas condiciones (Andreoni y Anzolin, 2019). Esto está provocando que surja una presión para adoptar de manera integral las tecnologías que sustenta la I4.0 en las empresas manufactureras, ya que, de lo contrario, corren el riesgo de quedar rezagadas tecnológicamente e incluso desaparecer.

México está insertado en varias CGV, por lo que además de las presiones generales hacia la adopción se presentan estímulos para las empresas integradas a estas cadenas. Dentro de la manufactura, dos de los sectores que están adoptando la I4.0 son el sector automotriz y el eléctrico. Cabe destacar que en estos sectores hay ya un largo proceso de acumulación de CT, aunque existe una heterogeneidad de niveles de acumulación tanto en las empresas nacionales proveedoras, las subsidiarias de empresas multinacionales y las multilatinas¹ (Carrillo, 2004, Lara, 2007, Dutrénit *et al.*, 2006).

Estos dos sectores (automotriz y eléctrico) tienen un papel fundamental en la economía mexicana ya que son vistos como la columna vertebral de la economía porque pueden generar

¹ Se refiere a “*Las empresas que tienen sus corporativos en México y son grandes grupos industriales que nacieron en el país y desde los ochenta trascendieron las fronteras nacionales; sus subsidiarias se localizan en diferentes regiones del mundo. A diferencia de las empresas multinacionales, cuyos corporativos están ubicados en países desarrollados, con sistemas de innovación más sólidos, las multilatinas mexicanas tienen sus raíces en un Sistema Nacional de Innovación (SIN) aún en un proceso de maduración. Eso plantea retos para acceder fuentes de conocimiento locales.*” (Ponce *et al.*, 2019)

cadenas de alto valor agregado. Para estos sectores es importante incorporarse a las nuevas tendencias de producción mundial y de tecnología dado el grado de implicaciones que tiene en la economía mexicana (Bancomext, 2022). Estos sectores se mueven principalmente por las tendencias tecnológicas globales, por ejemplo, la conectividad, la autonomía y la electrificación (Arriola y Carillo, 2023).

Dado lo anterior, el estudio de una empresa mexicana que tiene líneas de negocio en ambos sectores, que es multilatina y que pertenece a CGV en algunos de sus productos, es de interés y permite identificar si la empresa está siguiendo una estrategia tecnológica para avanzar en la adopción de la I4.0 y si cuenta con CT requeridas para su adopción. Es por ello que existe la necesidad de repensar las estrategias y CT existentes en términos de hiperconectividad y de la era digital actual, porque no es claro que tan preparadas están las empresas para enfrentar este reto.

De esta problemática surgen un conjunto de preguntas de investigación. Las preguntas y los objetivos que guían esta tesis son:

OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.

Objetivo general

Analizar y explicar las estrategias para la adopción de las tecnologías de la I4.0, y discutir qué CT se requieren para lograr un uso integral de estas tecnologías en una empresa mexicana multilatina: El G. BETA.

De acuerdo a este objetivo general planteado, surgen dos preguntas principales y dos subsidiarias que guiarán la investigación:

- i) ¿Qué tipo de estrategias tecnológicas está utilizando el G. BETA para avanzar en el proceso de adopción de tecnologías de la I4.0 dados sus niveles de CT?
- ii) ¿Qué CT son esenciales para hacer un uso integral de las tecnologías de la I4.0 y cómo las está construyendo el G. BETA?
 - ¿Cómo se relacionan ambas líneas de negocio en el proceso de acumulación de CT en el G. BETA?

- ¿Cómo afecta el entorno al proceso de acumulación de CT en el G. BETA?

De acuerdo al objetivo general y a las preguntas se desprenden los objetivos específicos:

- i. Identificar y analizar las motivaciones que han llevado a G. BETA a adoptar tecnologías de la I4.0 y analizar las estrategias y el proceso de adopción de tecnologías de la I4.0.
- ii. Analizar qué CT ha construido y cómo se relacionan con los procesos de adopción de las tecnologías de la I4.0, y discutir en qué dirección se están moviendo y en qué dirección deberían moverse los procesos de acumulación de CT y los procesos de adopción para hacer un uso integral de las tecnologías de la I4.0.
- iii. Analizar cómo se relacionan las dos líneas de negocios en el proceso de acumulación de sus CT y de adopción de la I4.0.
- iv. Analizar y explicar cómo el entorno incide en la acumulación de CT en ambas líneas de negocio.

Esta tesis establece una proposición como punto de partida: El tipo de estrategias tecnológicas que está utilizando el G. BETA para avanzar en el proceso de adopción de tecnologías de la I4.0 está determinada por sus niveles de CT acumuladas, asimismo existen CT que son esenciales para avanzar en el proceso de adopción de la I4.0. La articulación de las dos líneas de negocio genera sinergias en el proceso de adopción de la I4.0.

Aún se sabe poco sobre qué tan preparadas están las empresas en México para adoptar la I4.0. El caso de G. BETA, una empresa multilatina, que pertenece a CGV en algunos de sus productos, que es de capital mexicano y que tiene dos líneas de negocio que operan en dos sectores importantes dentro de la economía mexicana, es ilustrativo, porque aún se sabe poco si empresas con esas características cuentan con una estrategia tecnológica bien definida y si cuentan con las CT necesarias para avanzar en su adopción hacia la I4.0.

Esta tesis se inserta en estas lagunas de conocimiento (teórico y empírico). En este sentido la contribución principal es hacia los cuerpos de literatura sobre CT, dialogando con autores como: Santiago *et al.* (2021) y Peerally *et al.* (2022) que han operacionalizado los niveles de

CT de la 4RI, y Dutrénit *et al.* (2024) que recientemente han investigado sobre la acumulación de CT en entornos de procesos de transformación digital. A su vez, la contribución empírica es identificar las estrategias y las CT para adoptar la I4.0 en una empresa mexicana, multilatina que tiene dos líneas de negocio que operan en el sector eléctrico y automotriz. Se espera que los resultados sirvan como evidencia para la elaboración de Políticas Públicas para crear ecosistemas que permitan que empresas con características semejantes que desean adoptar la I4.0 se desarrollen y se cree un entorno que facilite su adopción.

La metodología de esta investigación es de tipo cualitativa, es un estudio de caso de carácter descriptivo, exploratorio, a nivel de empresa. Se realizaron 9 entrevistas semiestructuradas a diferentes colaboradores de la empresa: 1) Ex director del centro de I+D, 2) Director actual del centro de I+D, 3) Gerente del sector eléctrico, 4) Gerente del Centro Técnico, 5) Gerente de clúster, 6) Gerente general de una planta eléctrica, 7) Gerente de producción, 8) Encargado del área de calidad y 9) Coordinadora de análisis de procesos. Las fuentes de información fueron entrevistas semiestructuradas, fuentes secundarias como: informes, reportes y sitios web, así como observación directa. El periodo de análisis fue de 2000 a 2024.

El contenido de esta tesis es el siguiente: después de esta Introducción, en el Capítulo 1 se presentan los cuerpos teóricos de esta tesis: Revoluciones Tecnológicas, Estrategia Empresarial y Capacidades Tecnológicas. En el Capítulo 2 se presenta el Marco Conceptual, en el cual se identifican los principales conceptos de la tesis y la relación entre ellos. En el Capítulo 3 se presenta la Metodología de la tesis. En el Capítulo 4 se presenta el Marco Contextual en el cual se describen a los dos sectores de la tesis, así como su importancia. En el Capítulo 5 se presenta el Perfil de la empresa. En el Capítulo 6 se analiza las CT, tomando como base la Matriz de CT con procesos de transformación digital. En el Capítulo 7 se analizan las CT con la Matriz del proceso de adopción de la I4.0 y finalmente en el Capítulo 8 se presentan las Conclusiones, la Contribución y las Recomendaciones.

SECCIÓN I MARCO TEÓRICO-METODOLÓGICO.

En esta sección se hace una revisión de los cuerpos de literatura para dar el sustento teórico y conceptual al análisis de la adopción de la I4.0, en cuanto a las Estrategias Tecnológicas de adopción y las CT requeridas para la adopción de la I4.0. Se presenta el Marco Conceptual, en el cual se describen los conceptos principales, así como el análisis relacional entre estos, así como la metodología empleada en esta investigación.

El contenido de esta sección es el siguiente: El Capítulo 1 corresponde a los tres cuerpos de literatura: Revoluciones Tecnológicas, Estrategias Empresariales y Capacidades Tecnológicas. El cuerpo de literatura sobre Revoluciones Tecnológicas aborda cómo la I4.0 se asocia a la Cuarta Revolución Industrial, así como los elementos teóricos que sientan la base de la I4.0 y las tecnologías habilitadoras que le dan sustento. El segundo cuerpo de literatura sobre las Estrategias Empresariales, es la teoría de la cual se desprenden las Estrategias Tecnológicas de adopción, se identifican los elementos teóricos y prácticos que llevan las estrategias tanto empresariales como tecnológicas y cómo surgen como respuesta al entorno en el que se desenvuelven. En el tercer cuerpo de literatura se aborda el tema de CT, identificando las funciones y los niveles de las CT y las investigaciones actuales sobre CT con procesos de transformación digital y la I4.0.

En el Capítulo 2 se presentan los principales conceptos utilizados en esta tesis, estos surgen de la revisión de los cuerpos de literatura, también se realiza un análisis de la relación entre ellos y se presenta la propuesta de marco analítico de esta tesis. En el Capítulo 3 se presenta la metodología utilizada, se describe cómo se llevó a cabo y las características de la investigación, la herramienta metodológica: El estudio de caso, los criterios de selección, las unidades de análisis, la unidad de observación, las fuentes de información, la triangulación de la información, la operacionalización y como se llevó a cabo el análisis de la información.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN DE LOS CUERPOS TEÓRICOS.

Esta tesis se basa en tres cuerpos de literatura: Revoluciones Tecnológicas, Estrategia Empresarial, y Capacidades Tecnológicas. Este capítulo sienta las bases para dar sustento teórico a la tesis, y se integra por 4 secciones, una para cada cuerpo de la literatura y finalmente las conclusiones sobre la revisión de la literatura.

1.1 REVOLUCIONES TECNOLÓGICAS Y PARADIGMAS TECNO-ECONÓMICOS.

Este cuerpo de literatura se seleccionó para dar sustento teórico a la I4.0 más allá de querer describir cada una de las Revoluciones Tecnológicas anteriores. Si bien existe una discusión entre si es una Revolución Tecnológica (RT), un nuevo Paradigma Tecno-Económico o si sólo es una extensión de las TICs, esta discusión no es de interés para esta tesis. Lo que sí está dentro de esta investigación es señalar sus características y conocer la naturaleza teórica del concepto.

1.1.1 Las Revoluciones Tecnológicas.

Comenzando con este primer cuerpo de literatura, Pérez (2010) argumenta que de la misma manera en que las innovaciones individuales se conectan entre sí formando sistemas tecnológicos, estos sistemas a su vez se interconectan en Revoluciones Tecnológicas. De ahí que, en una primera aproximación, una RT puede definirse como un conjunto interrelacionado de saltos tecnológicos radicales que conforman una gran constelación de tecnologías interdependientes, un ‘clúster’ de ‘clústeres’, o un sistema de sistemas.

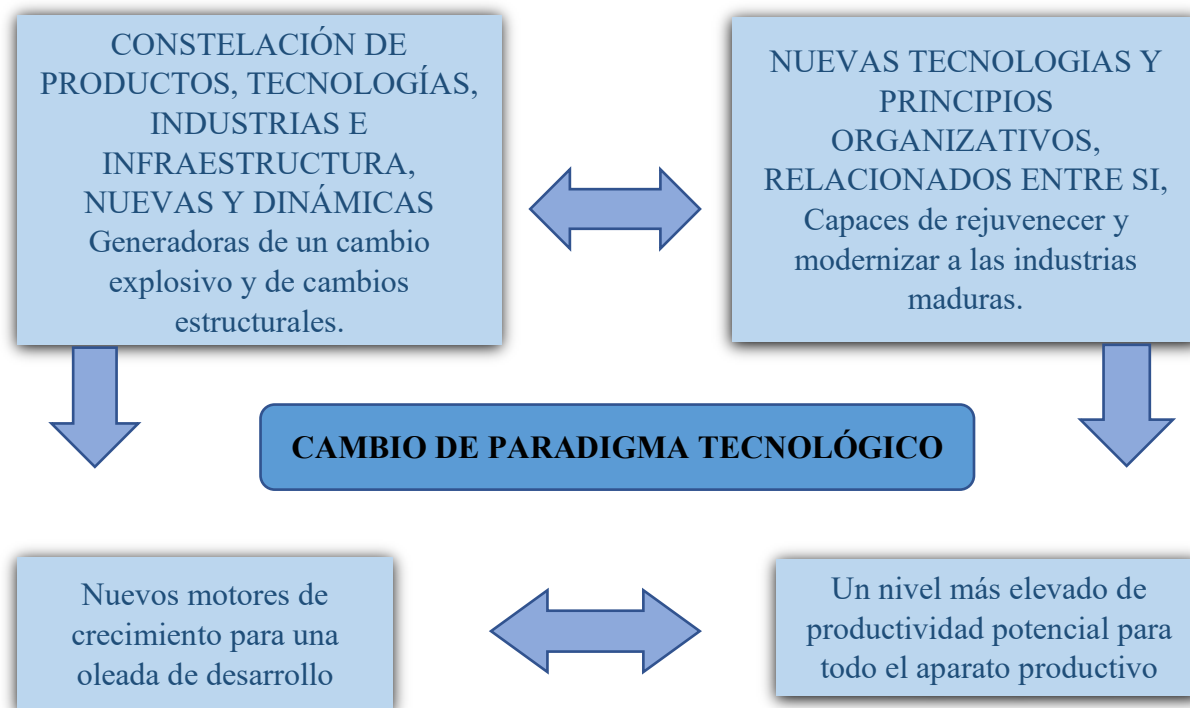
“Una Revolución Tecnológica puede ser definida como un poderoso y visible conjunto de tecnologías, productos e industrias nuevas y dinámicas, capaces de sacudir los cimientos de la economía y de impulsar una oleada de desarrollo de largo plazo. Se trata de una constelación de innovaciones técnicas estrechamente interrelacionadas, la cual suele incluir un insumo de bajo costo y uso generalizado —con frecuencia una fuente de energía, en otros casos un material crucial— además

de nuevos e importantes productos, procesos, y una nueva infraestructura.” (Pérez, 2004:32)

En este sentido las RT cambian los criterios de “*sentido común*” porque anuncian las nuevas posibilidades técnicas que se abren, y además porque modifican la frontera de práctica óptima para todos los sectores de la economía. Su difusión, a todo lo largo y ancho de la esfera productiva, tiende a abarcar casi toda la economía y termina transformando los modos de producir, las maneras de vivir y la geografía económica (Pérez, 2003).

Las RT tienen una naturaleza doble, el primero, es a nivel de grupo de nuevas tecnologías o industrias generadoras de cambios estructurales, y el segundo, como nuevas tecnologías y principios organizacionales, capaces de modernizar a las industrias, todo esto acompañado con “*el nuevo cambio de sentido común*”. La doble naturaleza de las RT se muestra en la figura 1.

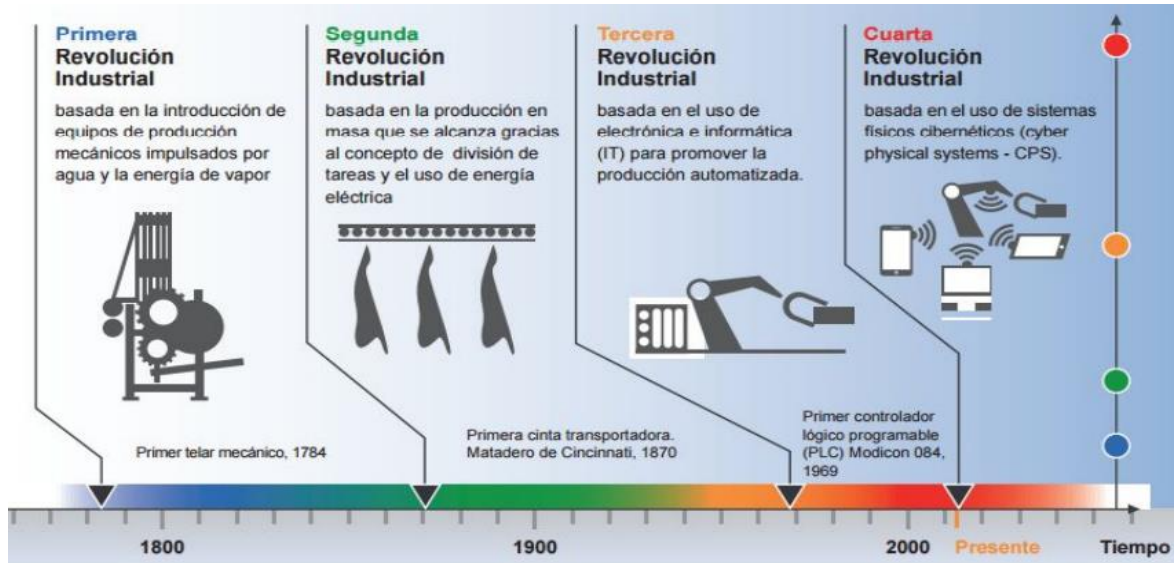
Figura 1. La doble naturaleza de las RT



Fuente: Extraído de Pérez (2004).

A lo largo de la historia se han identificado cuatro RT, como se ilustra en la figura 2.

Figura 2. Las cuatro revoluciones tecnológicas.



Fuente: Extraído de Medina (2018).

Cada una de estas RT se ha ido gestando con base en la anterior, en consecuencia, la actual se ha construido en la frontera de la Tercera RT. Cada una ha dado saltos tecnológicos. De acuerdo a Pérez (2010) lo que distingue una RT son dos rasgos básicos:

- La fuerte interconexión e interdependencia de los sistemas participantes en cuanto a sus tecnologías y mercados.
- Su capacidad para transformar profundamente el resto de la economía (y eventualmente la sociedad).

1.1.2 Los paradigmas tecno-económicos.

De manera complementaria a las revoluciones tecnológicas, surge el paradigma tecno-económico. El *paradigma tecno-económico* se va articulando mediante el uso de las nuevas tecnologías a medida que estas se van difundiendo, es lo que multiplica su impacto en toda

la economía y eventualmente modifica también la manera como se organizan las estructuras socio-institucionales (Pérez, 2020).

Este paradigma se va constituyendo por un conjunto de principios tecnológicos y organizativos, el cual tiene como fin aplicar de manera efectiva la RT y rejuvenecer el resto de la economía. Cuando el uso se generaliza, se convierte en un “sentido común” para organizar cualquier actividad tecnológica. En la tabla 1 se muestra el paradigma tecno-económico asociado a cada RT.

Tabla 1. Paradigma tecno-económico para cada revolución.

Revolución Tecnológica	Paradigma tecno-económico
Cuarta Revolución Tecnológica	– Tecnologías hiper-conectadas e inteligentes – Generación de datos en tiempo real usados para la toma de decisiones – Uso de sensores inteligentes – Comunicación máquina a máquina – Comunicación en redes – Nuevos materiales – Gemelos digitales

Fuente: Elaborada a partir de Pérez (2004) y UNIDO (2019).

1.1.3 La Industria 4.0 como parte de una Revolución Tecnológica.

En este apartado se trata con mayor profundidad el tema de la Cuarta RT o Industria 4.0; aún hay un debate en cuanto a cómo llamarla. Algunas de las definiciones propuestas por varios autores se listan en la tabla 2.

Tabla 2. Algunas definiciones de I4.0.

Autor	Año	Definición
Lucke et al.	2008	Tecnologías inteligentes que da lugar a las denominadas fábricas inteligentes.
Hannover	2011	Es la estrategia alemana para diseñar un programa de mejora de la productividad de la industria manufacturera.
Lasi et al.	2014	Sistema tecnológico cuya distinción es su uso integral y su enfoque sistémico
Schwab	2016	Es el cambio o transición hacia nuevos sistemas ciber físicos que generan redes más complejas y que se basan en la revolución digital anterior.
Pfeiffer	2017	Es un concepto que surge en Alemania para mejorar la competitividad del sector manufacturero y evitar la deslocalización de sus fábricas.
Castillo et al.	2017	La habilidad del internet para controlar el mundo físico mediante la sincronización de equipos, procesos y personas en la industria, modificando el modelo tradicional de manufactura en el contexto de la Cuarta Revolución Industrial.
ONUDI	2019	Es el aumento de la convergencia entre diferentes ámbitos tecnológicos emergentes como: tecnologías de producción digital, nanotecnologías, biotecnologías y nuevos materiales y su complementariedad en la producción.
Brixner, et al.	2020	Intensificación del hardware y una disminución en el tiempo de procesamiento de la información en línea y análisis. Menciona que existe un salto cualitativo y cuantitativo y que se puede atribuir a la reducción en el costo de dispositivos y hardware, y en el desarrollo de infraestructura de conectividad.
Buenrostro	2022	Es la incorporación de sistemas ciberfísicos en el ciclo de vida del producto, que se desempeñan de manera articulada

		para la producción a través de la generación, distribución y análisis de la información de manera autónoma o con una mínima participación de las personas.
Vergara	2024	La Industria 4.0 representa una RT que promete transformar diversos aspectos de la sociedad y la economía. Esta revolución se caracteriza por su capacidad para proporcionar información valiosa que permite a los sistemas de producción generar un valor industrial de manera inteligente, autorregulada y conectada.

Fuente: Elaboración propia a partir de diversos autores.

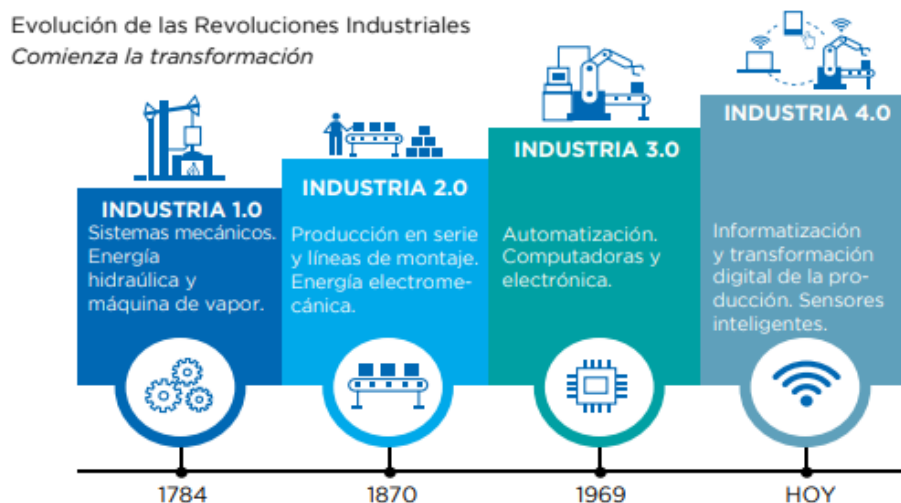
Estas definiciones ofrecen varios elementos que permiten caracterizar a la I4.0, todos ellos convergen en un punto: la aplicación de diversas tecnologías y su carácter sistémico. Esta investigación usa la definición de I4.0 de UNIDO (2019).

Desde la irrupción del término I4.0, las revoluciones anteriores fueron conceptualmente asociadas a fases o generaciones previas en la evolución del sector industrial, dando lugar a los conceptos de Industria 1.0, Industria 2.0 e Industria 3.0. y ahora Industria 4.0 (Basco *et al.*, 2018).

1.1.4 Generaciones e insumos de tecnologías que se asocian a cada una de las Revoluciones Tecnológicas.

Cada RT se ha asociado a conceptos que permiten mostrar la evolución. Estos han sido los conceptos de Industria 1.0, Industria 2.0, Industria 3.0 e Industria 4.0, como lo muestra la figura 3.

Figura 3. Evolución de las Revoluciones Industriales.



Fuente: Extraído de Basco *et al.* (2018).

De acuerdo con el Informe de la UNIDO (2019) y de manera complementaria a estos conceptos encontramos lo que denominan “generación de tecnologías de producción digital” aplicadas a la manufactura, que varían de acuerdo con el grado de sofisticación en su uso para la producción. La complementariedad entre ambos conceptos (evolución de los conceptos y la generación de tecnologías), en uno se menciona sus pilares o componentes y en el otro se describe su uso en la manufactura mostrando la relación entre ambos conceptos. En la tabla 3 se muestra cada generación de Industria, asociada a su concepto, así como los insumos y su aplicación en la manufactura.

Tabla 3. Generación, insumos y aplicación en la manufactura.

Generación de tecnologías	Insumos	Aplicación en la manufactura
Industria 1.0	– Energía hidráulica y máquina de vapor.	Producción analógica y rígida Se limitan a un propósito en específico, dentro de una función concreta.
Industria 2.0	– Producción en serie y líneas de montaje. – Energía electromecánica.	Producción esbelta Se conectan en diferentes funciones y actividades dentro de la empresa

Industria 3.0	– Automatización, computadoras y electrónica	Producción Integrada Se integran en diferentes actividades y funciones permitiendo la interconexión en el proceso de producción.
Industria 4.0	– Informatización y transformación digital de la producción. – Sensores inteligentes	Producción Inteligente Permite acceder a procesos de producción totalmente integrados conectados e inteligentes en los que la información fluye y se genera retroalimentación.

Fuente: Elaborada a partir de UNIDO (2019) y Basco *et al.* (2018).

1.1.5 Tecnologías de la I4.0

Como parte de los pilares tecnológicos o tecnologías asociadas a esta industria que le dan sustento, en la tabla 4 lista la descripción de las tecnologías propuesta por Basco *et al.* (2018: 26-27).

Tabla 4. Tecnologías pilares de la Industria 4.0.

Tecnología	Definición
Robótica:	“Máquinas inteligentes que automatizan tareas que antes estaban circunscritas únicamente al dominio humano. En el mundo de la industria, la tendencia es avanzar sobre la automatización de los procesos productivos, la navegación y el control, la integración de sensores y actuadores, la comunicación de las interfaces. Se busca incrementar la robótica colaborativa para ir hacia fábricas inteligentes donde todas las áreas de la empresa puedan trabajar en forma conectada y con alto nivel de automatización en las tareas.”
Sistemas de integración:	“Sistemas que permiten integrar las tecnologías operacionales con las tecnologías de la información y la comunicación. Conectan máquinas con máquinas (M2M), máquinas con productos, e integran las distintas áreas de la unidad productiva, impactando sobre la gestión interna de la empresa.”

Internet de las cosas (IoT):	“Permite una comunicación de forma multidireccional entre máquinas, personas y productos, facilitando la toma de decisiones en base a la información que la tecnología recoge de su entorno. Utiliza nuevos sensores y actuadores que, en combinación con el análisis de big data y de computación en la nube, permite máquinas autónomas y sistemas inteligentes”
Manufactura aditiva	“Permite fabricar piezas a partir de la superposición de capas de distintos materiales tomando como referencia un diseño previo, sin moldes, directamente desde un modelo virtual. Esta tecnología descentraliza las etapas de diseño y desarrollo de productos e introduce un mayor componente de servicios y software a la manufactura.”
Big data y análisis de grandes datos:	“Se refiere a datos caracterizados por su volumen, velocidad y variedad de datos estructurados y no estructurados. Estos datos pueden ser reportados por máquinas y equipos, sensores, cámaras, micrófonos, teléfonos móviles, software de producción, y pueden provenir desde diversas fuentes, como empresas, proveedores, clientes y redes sociales. El análisis de estos datos mediante algoritmos avanzados es clave para la toma de decisiones en tiempo real, permite alcanzar mejores estándares de calidad de producto y procesos, y facilita el acceso a nuevos mercados”
Computación en la nube:	“Ofrece almacenamiento, acceso y uso de servicios informáticos en línea. Puede expresarse en tres niveles diferentes, según el servicio provisto: infraestructura como servicio, plataforma como servicio y software como servicio.”
Simulación de entornos virtuales:	“Permite ajustar y representar virtualmente el funcionamiento conjunto de máquinas, procesos y personas en tiempo real antes de ser puestos en marcha, lo que ayuda a prevenir averías, ahorrar tiempo y evaluar el resultado final en un entorno controlado.”
	“Se basa en el desarrollo de algoritmos que permiten a las computadoras procesar datos a una velocidad inusual (tarea que antes

Inteligencia Artificial:	requería de varias computadoras y personas), logrando además aprendizaje automático. Los algoritmos se nutren de datos y experiencias recientes y se van perfeccionando, habilitando a la máquina con capacidades cognitivas propias de los seres humanos como visión, lenguaje, comprensión, planificación y decisión en base a los nuevos datos.”
Ciberseguridad:	“La evolución hacia una industria inteligente y la integración creciente de los actores de las cadenas de valor a través de internet, la computación en la nube y las plataformas digitales obliga a desarrollar mecanismos de ciberseguridad en los entornos industriales. En la medida en que sean más los dispositivos, máquinas y personas conectadas, se valorará la oferta de herramientas preventivas que permitan detectar, anticipar y neutralizar amenazas sobre los sistemas de información de las empresas.”
Realidad virtual:	“Permite complementar el entorno real con objetos digitales. Se trata de sistemas que combinan la simulación, el modelado y la virtualización permitiendo nuevas fórmulas para el diseño de productos y la organización de los procesos, otorgando flexibilidad y rapidez en la cadena productiva.”

Fuente: Basco *et al.* (2018).

Dentro de las aplicaciones de estas tecnologías es que se revierte la lógica del proceso de producción convencional: las máquinas de producción industrial ya no procesan el producto, sino que el producto se comunica con la maquinaria para decirle exactamente qué hacer Basco *et al.* (2018).

Finalmente, todavía está en discusión si la I4.0 es una RT, un nuevo paradigma tecnológico, o una extensión de la Tercera RT. Desde la economía evolutiva autores como Flacher *et al.* (2024) mencionan que se ha prestado atención a la novedad tecnológica de la I4.0 centrándose en si se trata de una nueva Revolución Industrial. La mayor parte de las investigaciones comparten el hecho de que en el enfoque de cambio tecnológico no se

estudian las dinámicas de economía política y cómo éstas dan forma, dirigen y explican el cambio tecnológico de cómo y por quién se adopta. Si bien la revisión de literatura sobre I4.0 es amplia en países desarrollados, en países en desarrollo se ha avanzado sobre el tema y su adopción mediante revisiones de literatura y estudios de caso, sin embargo, aún falta más estudio para conocer sus especificidades

El debate teórico sobre la I4.0 sigue actualmente ya que es un tema reciente. Como es un concepto transversal a muchos campos de estudios, su definición está en discusión, tampoco hay acuerdo ni sobre cómo llamar a la I4.0 ni a las tecnologías asociadas: tecnologías exponenciales o tecnologías que sustentan a la I4.0. Pero, más allá de esta discusión sobre un fenómeno nuevo, se están observando sus consecuencias en el sector industrial y de servicios de muchos países. La magnitud y profundidad de estos cambios llevan a algunos autores a plantear que estamos ante una RT.

1.2 ESTRATEGIA EMPRESARIAL.

La Estrategia empresarial es parte del modelo de negocio de la empresa. El elaborar y seleccionar una estrategia empresarial dentro del modelo de negocio de la empresa requiere un análisis estratégico para que resulte en una ventaja competitiva y en un diseño e implementación de nuevos modelos de negocios (Teece, 2010). La idea principal es la determinación conjunta de objetivos de la empresa y de las líneas de acción para alcanzarlos, es decir, expresa lo que quiere hacer la empresa en el futuro o a largo plazo.

La estrategia empresarial se define por la respuesta a dos preguntas: ¿dónde compete la empresa? y ¿cómo compete? La primera pregunta se refiere al alcance de las actividades de la empresa. La segunda se refiere a cómo las empresas planean establecer una ventaja competitiva sobre sus rivales dentro de los mercados que atienden. (Velásquez y Medellín, 2005). En este sentido la estrategia empresarial, se obtiene, por una parte, de examinar el entorno desde un punto de vista sistémico, a través de la revisión de los factores que inciden en el desempeño de las empresas y, por otra parte, del análisis integral de dichas organizaciones, destacando sus fortalezas y debilidades en el nivel funcional, para responder de forma eficiente en el entorno en que actúan (Eugenia y Castellanos, 2007).

La estrategia empresarial surge como una respuesta al entorno en el que se desenvuelve la empresa, en este sentido una estrategia no se crea en el vacío. En esta tesis, se toman elementos importantes del entorno para determinar las estrategias efectivas para adoptar nuevas tecnologías. Algunas de las esferas que se toman en cuenta del contexto son: la dimensión económica, política, social, ambiental y tecnológica.

1.2.1 Estrategia tecnológica como parte de la estrategia empresarial.

La estrategia tecnológica se deriva de la estrategia empresarial y debe alinearse con la misma; dado su alcance y naturaleza, involucra a las diversas áreas de la empresa. A continuación, se mencionan algunas definiciones propuestas por varios autores.

Porter (1985) señala que la estrategia tecnológica debe tener tres grandes dimensiones:

- Qué tecnologías desarrollar; en el centro de la estrategia tecnológica está el tipo de ventaja competitiva que la empresa desea lograr.
- Definir si se busca o no liderazgo tecnológico en esas tecnologías. La noción de liderazgo tecnológico es relativamente clara, una empresa busca ser la primera en introducir cambios tecnológicos que apoyen a su estrategia. La decisión de ser un líder tecnológico o un seguidor puede ser una manera de lograr un bajo costo o de lograr una diferenciación.
- Definir el papel de las licencias de tecnologías. Es una forma de coalición con otras empresas, las licencias son otra forma de acceder a la tecnología.

Para Velásquez y Medellín (2005), la estrategia tecnológica consiste en políticas, planes y procedimientos para adquirir, gestionar y explotar conocimientos, saberes y habilidades, de origen interno y externo, en beneficio de la empresa; además, se deriva de la estrategia empresarial, con la cual debe estar en consonancia, y que le permite responder a cuestiones tales como:

- ¿Cuáles tecnologías se deben desarrollar, licenciar o comprar?

- ¿Cuál posición tecnológica se puede ocupar en el sector en que se compite: líder, seguidor u ocupante de algún nicho de mercado?

De acuerdo a las preguntas anteriores, y de acuerdo con Rosenbloom (2003), la estrategia tecnológica también tiene que tomar en cuenta:

- ¿Cuánto dinero se debe dedicar a cada uno de los proyectos tecnológicos de la empresa?
- ¿Cómo proteger la propiedad intelectual: marcas, patentes, diseños industriales, modelos de utilidad, derechos de autor y secretos industriales.

Para Garbo (1997) una estrategia tecnológica se ocupa del uso, desarrollo o adopción de tecnologías para maximizar la ventaja competitiva del negocio. Por lo tanto, el valor de la tecnología se evalúa mejor en términos de ventaja competitiva. La tecnología aporta en esta dirección si puede mejorar la posición de costos de la empresa o la diferenciación de productos. Por lo tanto, la empresa tiene que considerar qué tecnologías desarrollar, qué riesgos tomar, y si ser un líder o un seguidor.

De acuerdo con las definiciones anteriores podemos inferir que las empresas no toman decisiones sobre su estrategia tecnológica en el vacío: existen mecanismos de influencia del entorno, y estos funcionan como motivaciones para implementar estrategias tecnológicas y estas estrategias surgen como respuesta a los cambios en el entorno.

Un punto clave dentro de las estrategias tecnológicas son las alianzas tecnológicas entre dos o más empresas competidoras, a través de acuerdos de cooperación, proyectos conjuntos y consorcios de investigación para llegar a más mercados, además reforzadas por la fuerte preferencia de los mercados por la conectividad de los equipamientos (Coutinho, 2016).

Para finalizar es importante recalcar que la estrategia tecnológica debe estar alineada con la estrategia empresarial; ambas tienen que ir encaminadas hacia un objetivo o meta en particular de la empresa.

1.2.2 Estrategia tecnológica de adopción de la Industria 4.0.

La estrategia tecnológica de adopción forma parte esencial para la creación de valor de la empresa.

“la mayoría de las organizaciones realizan o proyectan la adopción y/o la implementación de innovaciones tecnológicas, tomando en cuenta las variables financieras, así como aquellos factores determinantes dentro del proceso de adopción, pasando por alto otras variables del entorno, que a su vez resultan de gran importancia y/o desempeñan un papel fundamental para el éxito de la adopción.”
(Álvarez, 2015:16)

Dentro de la estrategia tecnológica de adopción, existe un papel muy importante por parte de la gestión de la tecnología ya que incorpora las actividades de una empresa para utilizar tecnologías, de tal manera que permitan incrementar su competitividad. Esta gestión puede agruparse en cinco áreas principalmente: (Velásquez, y Medellín, 2005: 6-7).

- **“Vigilancia.** Exploración del entorno para identificar y procesar información sobre oportunidades de innovación en el mercado, tales como cambios en los hábitos de consumo, el cumplimiento de las regulaciones ambientales y el comportamiento de competidores, entre otras que representan un conjunto de estímulos a los que la empresa debe dar respuesta.”
- **“Focalización.** Respuesta estratégica de la empresa que define los elementos tecnológicos que contribuirán a mejorar su desempeño ambiental y competitivo, y a los cuales se les deben asignar recursos para lograr su mejora.”
- **“Adquisición.** Las empresas tienen que hacerse de las tecnologías y recursos necesarios, sea por medio de un esfuerzo interno de desarrollo o mediante la adquisición externa.”
- **“Implementación.** La nueva tecnología tiene que conducir al adelanto de las condiciones de operación de la empresa, contribuyendo al lanzamiento de un nuevo producto o a la mejora de un proceso ambientalmente amigable.”

- “**Aprendizaje.** Captación de conocimiento y experiencia resultante de la realización de las diversas actividades de innovación y de su gestión.”

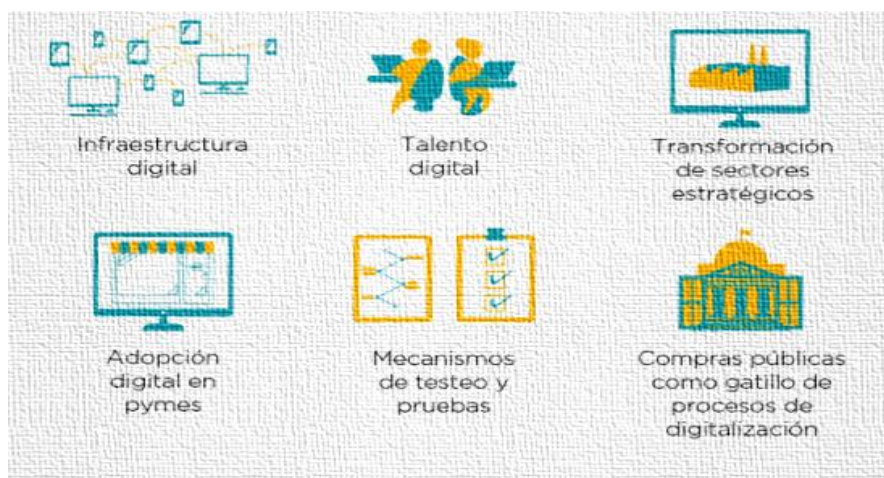
Estas cinco áreas son claves para la estrategia de adopción ya que esta forma parte esencial de la creación de valor de la empresa, y se tienen que tener otros elementos en consideración. Por ejemplo, de acuerdo a Buenrostro (2022), se deben de tener en cuenta elementos mínimos para incorporar las diferentes tecnologías, de manera que puedan integrar a estas de manera efectiva en la estructura de la empresa y cumplir con los nuevos requerimientos de las cadenas de producción. Se requiere de estrategias que permitan mejorar de manera paulatina las condiciones en que se encuentran las tecnologías, así como los cambios en las organizaciones para que éstas aporten a la generación de valor.

Aunado a lo anterior para la creación de una estrategia de adopción de la I4.0 se tiene que evaluar la propia madurez tecnológica de la empresa, establecer objetivos claros, y asegurarse de que estén alineados con la estrategia empresarial. Esto requiere de todo un proceso de planeación tecnológica donde se desarrollen las siguientes actividades (Basco *et al.*, 2018).

- 1.- Evaluar la situación actual de la empresa
- 2.- Especificar estrategias tecnológicas
- 3.- Seleccionar cartera de tecnologías que se requieren
- 4.- Ejecutar inversiones en tecnología antes identificadas y que se requieren
- 5.- Transferir resultados
- 6.- Asegurar posiciones de largo plazo

De manera complementaria a los puntos anteriores, algunos elementos que se tienen que tener en cuenta para la estrategia tecnológica de adopción y para un marco integral de adopción de las tecnologías de la I4.0 se muestran en la figura 4, los cuales son claves para la adopción efectiva, como lo es contar con una infraestructura digital y con talento digital, (desarrollo de habilidades por parte de los trabajadores para la I4.0), la adopción digital en Pymes, entre otros.

Figura 4. Marco integral de adopción de tecnologías de la 4.0.



Fuente: Basco y Beliz (2018).

A continuación, en la tabla 5 se presenta una propuesta de estrategias para adoptar la I4.0 derivada de los principales objetivos de la empresa y su relación con su estrategia, propuesta por Buenrostro (2022).

Estas estrategias propuestas por Buenrostro (2022) difieren entre sí, por ejemplo, la primera está más enfocada a una visión más individualista de la empresa, basada en las capacidades que le permite la incorporación de tecnología y la adquisición del conocimiento. La segunda está más enfocada a la diversificación de sus actividades, y finalmente la tercera está enfocada en la transición de nuevos modelos de producción y colaboración entre empresas. Sin embargo, existen condiciones básicas para transitar hacia el proceso de adopción de la I4.0 y su articulación con diferentes tecnologías digitales para su funcionamiento de acuerdo con las demandas de este modelo productivo emergente, este proceso de adopción de nuevas tecnologías está condicionado por varios elementos que determinan su adopción, por ejemplo: el número de usuarios de estas tecnologías, la duración o la velocidad con que se adoptan estarán en función de sus CT acumuladas ya que en cada empresa difieren.

Tabla 5. Estrategias de Implementación de la I4.0.

Estrategia para implementar I4.0	
Basada en el cambio integral de la organización Establecer una hoja de ruta para que las empresas transiten hacia la I4.0 y se transformen en organizaciones ágiles que aprenden.	Se consideran dos pre-etapas que se agrupan como la digitalización de la empresa y cuatro etapas incrementales para avanzar en la I4.0: – Visibilidad – Transparencia – Capacidad predictiva – Adaptabilidad
Centrada en la auto evaluación y dirección del proceso de transformación Establecer un modelo para avanzar en la madurez de la I4.0, con centro en la logística.	Se desarrolla para facilitar la autoevaluación en cada aspecto de la organización: – Modelo de negocios – Sistemas informáticos – Gestión de procesos – Gestión de calidad – Planificación de la producción – Logística y distribución – Comunicación hombre-máquina
Fundamentada en la colaboración entre empresas Desarrollar un modelo para la implementación de la I4.0 basado en la cadena de valor.	Basa su estrategia en una implementación colaborativa, con otras empresas, de los procesos que intervienen en la I4.0, considerando tres etapas: – Visualización de la relevancia I4.0. – Habilitar la hoja de ruta de la I4.0 con una visión sistémica. – Desarrollo de proyectos de la I4.0 de manera colaborativa como parte de las cadenas de valor.

Fuente: Buenrostro (2022).

Estas estrategias se retomarán en el capítulo 2 del marco conceptual, como parte de la propuesta de esta tesis para adoptar la I4.0. Se asociaron a motivaciones como inicio de partida, así como a una fase de digitalización con el que cuenta la empresa y a niveles de CT de acuerdo al grado de complejidad de sus actividades y de su nivel innovativo, iniciando desde el nivel básico hasta el avanzado.

1.2.3 Factores determinantes de la decisión de adopción.

La importancia del cambio técnico y la necesidad de adaptarse a la rapidez con la cual se produce dicho cambio en la actualidad, ha pasado a convertirse en una cuestión fundamental para las empresas que deseen mantenerse en el mercado a largo plazo. (Cantorna y Castrillón, 2005).

Los estudios sobre difusión y/o adopción realizados desde diversos enfoques han permitido identificar un conjunto de factores que influyen en la decisión de adoptar una nueva tecnología por parte de las empresas. Los factores que condicionan la velocidad a la cual se difunde y se adoptan nuevas tecnologías pueden venir desde la demanda (tabla 6), desde el sector oferente (tabla 7), o relacionados con las características propias de la innovación a difundir o a adoptar (tabla 8).

Tabla 6. Factores relacionados con la demanda que inciden en la decisión de adoptar una nueva tecnología.

Principales factores con influencia del sector demandante				
Heterogeneidad	Intensidad competitiva	Incertidumbre sobre la demanda	Nivel de profesionalización de los empleados	Estructura de mercado
Es el grado en el que una industria está compuesta por diferentes tipos de empresas. A mayor grado, mayor dificultad de información y mayor beneficio para la empresa adoptante, mientras que un grado bajo implicaría reducir los beneficios, dado que todas las empresas adoptarán en momentos similares y el rendimiento obtenido tendería a igualarse ante la homogeneidad existente entre las empresas.	La intensidad competitiva en el sector aumentaría la velocidad de adopción de nuevas tecnologías.	La aceleración del cambio técnico obliga a la reorganización de la producción con la mecanización de la producción.	Está relacionado de forma positiva con la decisión de adopción por parte de la empresa.	El nivel de concentración de la Industria aumenta la probabilidad de adopción. Esto debido a los beneficios asociados a la adopción que incrementan a medida que decrece el número de competidores.

Fuente: Cantorna y Castrillón (2005).

Tabla 7. Factores relacionados con la oferta que inciden en la decisión de adoptar una nueva tecnología.

Principales factores con influencia del sector oferente						
Disponibilidad del personal y otros inputs productivos	Actividades complementarias	Intensidad competitiva	Reputación de los oferentes	Estandarización	Coordinación vertical	Actividades de marketing
La disponibilidad de personal calificado y de los insumos y medios de producción; que garanticen una producción que cubra la posible demanda existente de la nueva tecnología.	La cantidad de actividades que se precisen como complemento a la nueva tecnología, si suelen ser demasiadas pueden no ser rentables para su adopción.	La intensidad competitiva que exista entre los oferentes, si la tasa de competitividad es mayor, se reducirán los costos y habrá incentivos para su adopción	La reputación de las empresas es clave para disminuir el riesgo y la incertidumbre creando un ambiente de confianza que asocia a una mayor tasa de adopción	La estandarización del producto, lo que implica un menor costo para los usuarios	La existencia de coordinación vertical entre oferente-usuario.	Las actividades de marketing llevadas a cabo por el oferente para dar a conocer el producto innovador influyen positivamente en la decisión de adoptar.

Fuente: Cantorna y Castrillón (2005).

Tabla 8. Factores relacionados con las características en la innovación que inciden en la decisión de adoptar una nueva tecnología.

Factores relacionados con las características en la innovación que inciden en la decisión de adoptar una nueva tecnología					
Ventaja relativa	Compatibilidad	Complejidad	Costo	Riesgo e incertidumbre	Rentabilidad esperada
La ventaja relativa se debe percibir como superior a la tecnología a la que está sustituyendo	La compatibilidad, es el nivel en el cual la nueva tecnología puede ser incorporada a los procesos productivos de la empresa sin que ello afecte al resto del equipo.	La complejidad asociada al uso de la nueva tecnología, si es demasiado compleja se necesitará mucho más tiempo para preparar a los trabajadores y esto retrasa la adopción y viceversa.	Los costos son una variable muy importante dentro de la toma de decisión de incorporar y adoptar nuevas tecnologías, así como los costos asociados a su uso (p.e. la electricidad o los combustibles que se requieran para utilizarse)	Entre mayor sea el riesgo y la incertidumbre, menor será la probabilidad de adopción	La rentabilidad esperada, es mayor a la inversión es muy probable que la empresa incorpore nuevas tecnologías

Fuente: Cantorna y Castrillón (2005).

Todos estos factores listados en las tablas 6-8 determinan la duración de la adopción de nuevas tecnologías. De acuerdo a estos autores el número de usuarios estará en función de la decisión de adopción de cada empresa, ya que cada empresa lo adoptará en diferentes momentos del tiempo ya que la importancia de adopción de nuevas tecnologías es diferente en cada uno de ellas, de acuerdo a sus características. Así, en toda empresa, independientemente de la forma en que acceda a la tecnología (desarrollo interno o compra), deberá contar con una estrategia tecnológica que de acuerdo a sus capacidades le permita optimizar el rendimiento de todos sus recursos.

A continuación, se presentan las motivaciones que llevan a las empresas a adoptar tecnologías de la I4.0, las cuales tienen una estrecha relación con los factores determinantes para la adopción de la I4.0 y que dan dirección y objetivo a la estrategia tecnológica.

1.2.4 Motivaciones para definir estrategias.

La motivación es “el conjunto de razones por las que las personas u organizaciones se comportan de la forma en que lo hacen. El comportamiento motivado es vigoroso, dirigido y sostenido.” (Naranjo, 2009:2)

En las empresas existen dos tipos de motivaciones: las internas y las externas, entre las que destacan las de carácter económico o financiero que están relacionadas con el beneficio de la empresa y que son consideradas como motivaciones externas. Las motivaciones internas están ligadas a los valores y creencias del personal que conforman la empresa (Bernal-Conesa et al., 2016). Las motivaciones vienen dadas por el entorno en el que se desenvuelve la empresa y dan dirección y objetivo a la estrategia en la empresa, como se muestra en la figura 5.

Figura 5. Motivaciones y estrategia de la empresa.



Fuente: Elaborado a partir de Bernal-Conesa et al. (2016).

1.2.5 Motivaciones para la adopción de la I4.0.

Schwab (2016) menciona en su libro sobre *“La cuarta revolución Industrial”* que las organizaciones exitosas se desplazarán cada vez más de estructuras jerárquicas a modelos más conectados en red y colaborativos. La motivación será cada vez más intrínseca, impulsada por el deseo de colaboración de los empleados y la gestión de la destreza, la independencia y el significado. Esto sugiere que las empresas estarán cada vez más organizadas en torno a equipos distribuidos, trabajos remotos y colectivos dinámicos, con un continuo intercambio de datos y puntos de vista sobre las cosas o tareas en las que se trabaja. Un escenario emergente de trabajo que refleja este cambio se basa en el rápido ascenso de la tecnología cuando se combina con el internet de las cosas, que progresivamente hace que las empresas combinen experiencias digitales y físicas en beneficio de los trabajadores y los consumidores.

De acuerdo a la CEPAL (2020), las motivaciones para adoptar tecnologías digitales 4.0 están relacionadas con sus estrategias competitivas y con el perfil del liderazgo. Las principales

motivaciones son: la búsqueda de nuevos negocios y la fidelidad de sus clientes. En la tabla 9 lista un conjunto de motivaciones para definir estrategias de adopción.

Tabla 9. Motivaciones para definir estrategias de adopción.

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE (2017)	Seminario sobre I4.0 en la Universidad Tecnológica de Querétaro (14/2/2020)	Revista México Industry (2021)	CEPAL (2020)
– Reducción de costos – Mayor producción – Mejor calidad – Mejor seguridad – Menor variabilidad – Reducción de desperdicios – Mayor satisfacción de los clientes – Surgimiento de organizaciones con crecimiento exponencial debido al uso de nuevas tecnologías	– Aprovechar las ventajas de entrar a un nuevo paradigma en el que todos los actores están aprendiendo y las oportunidades están abiertas para todos – Integrar a Querétaro a las redes internacionales de innovación de I4.0 – Explorar áreas que son de gran interés para el estado como: materiales avanzados, enfocados en los nichos de cerámica avanzada y biotecnología – Existe un interés por parte de la industria en temas de conectividad y computación, pero las instituciones de Educación	– Mayor eficiencia – Toma de decisiones informada – Personalización y flexibilidad – Innovación competitiva – Reducción de costos – Avanzar hacia una transformación estructural más verde – Mejorar la sostenibilidad ambiental de las industrias	– Búsqueda de nuevos negocios – Fidelidad del cliente – Ser reconocidas en un nicho de mercado tecnológico y ganar nuevos clientes – Hacer escalamientos para aumentar el nivel de complejidad de sus actividades y productos – La incorporación de DT de 4.0 dinamiza la cultura organizacional hacia un proceso continuo de innovación – Uso de tecnologías como atributo de su oferta de valor

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE (2017)	Seminario sobre I4.0 en la Universidad Tecnológica de Querétaro (14/2/2020)	Revista México Industry (2021)	CEPAL (2020)
	superior e Investigación trabajan en estos temas solo de manera incipiente – Deben existir nichos de innovación en los que se deben profundizar los mecanismos de coordinación Industria-Academia	– Mejorar la eficiencia energética, eficiencia de recursos, prevención de contaminación, mitigación y reciclaje.	

Fuente: Elaboración a partir de varios autores.

A partir de las propuestas de motivaciones de los autores mencionados en la tabla 9, esta tesis agrupa las motivaciones para adoptar tecnologías de la I4.0 en económicas, tecnológicas y ambientales, las que se presentan en la tabla 10.

Estas motivaciones seguramente difieren de acuerdo al sector, tamaño, tipo de propiedad, carácter de multilatina, pertenencia o no a una CGV, país, entre otros rasgos de las empresas, pero son un listado inicial para pensar. Es importante mencionar que las motivaciones están estrechamente relacionadas con la definición de estrategias tecnológicas, ya que son las razones por las cuales se determinan las estrategias tecnológicas para adoptar la I4.0 para alcanzar un objetivo. En términos generales las motivaciones son inherentes a las estrategias y dan dirección y objetivo.

Tabla 10. Clasificación de las motivaciones para la adopción de tecnologías de la I4.0.

Motivaciones económicas	Motivaciones tecnológicas	Motivaciones ambientales
– Reducción de costos – Mayor producción – Mejor calidad – Mejor seguridad – Menor variabilidad – Mayor eficiencia – Búsqueda de nuevos negocios	– Surgimiento de organizaciones con crecimiento exponencial debido al uso de nuevas tecnologías. – Integrar a Querétaro a las redes internacionales de innovación de I4.0 – Existe un interés por parte de la industria en temas de conectividad y computación,	– Reducción de desperdicios – Explorar áreas que son de gran interés para el estado como: materiales avanzados, enfocados en los nichos de cerámica avanzada y biotecnología – Avanzar hacia una transformación estructural más verde – Mejorar la sostenibilidad ambiental de las industrias

	pero las instituciones de Educación superior e Investigación trabajan en estos temas solo de manera incipiente – Deben existir nichos de innovación en los que se deben profundizar los mecanismos de coordinación Industria-Academia – Toma de decisiones informada – Personalización y flexibilidad – Innovación competitiva – Hacer escalamientos para aumentar el nivel de complejidad de sus actividades y productos – La incorporación de DT de 4.0 dinamiza la cultura organizacional hacia un proceso continuo de innovación	– Mejorar la eficiencia energética, eficiencia de recursos, prevención de contaminación, mitigación y reciclaje.
--	--	--

Fuente: Elaborado a partir de diversos autores.

Tanto las motivaciones como las estrategias tecnológicas tienen un rol importante dentro de la adopción de la I4.0 ya que, estas van a dar dirección hacia donde tiene que moverse la I4.0 dentro de empresa, para lograr mayores beneficios y que de manera paulatina se pueda adoptar de manera integral en toda la empresa. Porque al no tener bien definido el ¿qué es? ¿por qué la adoptan? o ¿para qué?, los lleva a un problema que se ha identificado en trabajos mencionados como el de Arriola y Carrillo (2023), donde en su estudio identificó que la adopción de la I4.0 en dos estados de México en la industria automotriz, tiene bajos niveles de adopción debido a que los trabajadores tiene un nivel bajo de conocimiento sobre que es la I4.0, lo que lleva a tener limitaciones en cuanto a su adopción en la empresa. El conocer ¿para qué y ¿por qué? de la adopción de la I4.0 posibilita un mejor entendimiento y por lo tanto un mayor grado de aceptación en los trabajadores.

1.3 CAPACIDADES TECNOLÓGICAS.

Hacia la década de los setenta existía una idea bastante difundida acerca de que los países en desarrollo sólo eran receptores pasivos de la tecnología de países desarrollados. Lall (1992) menciona que en la teoría neoclásica los modelos son altamente simplificados y consideran que la tecnología está disponible y gratuita para todos los países y dentro de ellos para todas las empresas, que la tecnología es fácilmente transferible de los países desarrollados a países en desarrollo, esto es, minimizando la actividad innovadora en países en desarrollado. Esto se debía a la falta de literatura que explorará la situación de la construcción de capacidades y la actividad tecnológica en países en desarrollo.

Algunos autores desafiaron esta idea (neoclásica) con una serie de estudios empíricos sobre los procesos de aprendizaje y adquisición de CT a nivel de firma, demostrando que el conocimiento tecnológico no es fácil de imitar, es costoso y tampoco es fácil de transferir entre firmas, porque el conocimiento es tácito y acumulativo (Katz, 1986; Bell y Pavitt, 1995; Dutrénit, 2000; Figueiredo, 2001; Vera-Cruz, 2004; Vera-Cruz y Torres, 2013, entre otros).

1.3.1 Evolución del concepto de CT.

El concepto de CT ha sido definido desde la década de los ochenta, es hoy un concepto ya establecido y con el tiempo se le han incorporado elementos que han permitido enriquecerlo. A continuación, se presentan algunas de las definiciones que han propuesto diversos autores.

Para Westphal, Kim, Dahlman (1985), las CT son la habilidad para hacer un uso efectivo del conocimiento tecnológico, y que no sólo radica en poseerlo sino en cómo se usa. Lall (1987) las define como la habilidad general para emprender una amplia gama de actividades para seleccionar, corregir y asimilar la tecnología. Para Kim (1997) son definidas como la habilidad para hacer un uso efectivo del conocimiento tecnológico para asimilar, usar, adaptar y cambiar las tecnologías existentes, así como la capacidad para crear nuevas tecnologías y desarrollar nuevos productos y procesos en respuesta a los cambios en el medio ambiente. Para Dutrénit (2000) las CT son la forma en que las empresas identifican, adoptan, usan, dominan, modifican y/o crean tecnologías y hacen uso de conocimiento nuevo o existente para la elaboración de nuevos productos y mejora en productos y procesos.

Dentro de las CT podemos englobar la infraestructura, que se refiere al establecimiento de una estructura para compartir el conocimiento, la cual debe considerar aspectos materiales, capital humano – personal para apoyar el uso del sistema y la aplicación de los procesos de administración del conocimiento (Dutrénit, 2003).

En definiciones más recientes, de acuerdo a Dutrénit *et al.* (2020:266) la idea central es que las CT “son habilidades para hacer cosas y reflejan el dominio que las empresas tienen de las actividades tecnológicas”. Estas CT serán diferentes en cada empresa de acuerdo al nivel de su actividad innovadora, del tamaño de la empresa, del sector en el que operen, así como de su nivel de competitividad. Estas se construyen a través de un proceso de aprendizaje. Esta es la definición que se usará en esta investigación.

Si bien este concepto se ha ido estableciendo y se ha consolidado por décadas y todos los autores mencionados comparten elementos en las definiciones propuestas, es un hecho que se han ido agregando elementos o características que van enriqueciéndose y tomando en

cuenta algunos aspectos como es la digitalización y el entorno. Es importante mencionar que las CT en las empresas son diferentes y esto tiene que ver con el tamaño, el tipo de industria al que pertenece y la modernización de industrias, en este caso para adoptar la I4.0 y de acuerdo a Nazeer *et al.* (2025) va a variar de acuerdo a su ubicación y al momento de adopción.

1.3.2 Tipos y niveles de capacidades.

Existen dos tipos de recursos: la capacidad de producción y la capacidad tecnológica. La capacidad de producción incorpora los recursos utilizados para producir bienes industriales con determinados niveles de eficiencia y determinadas combinaciones de insumos: equipos que incorporan tecnología, conocimientos y experiencia operacionales y de gestión, especificaciones de productos e insumos, y métodos y sistemas de organización. Las CT generan y gestionan el cambio técnico incluyendo aptitudes, conocimientos y experiencia que a menudo (aunque no siempre) difieren sustancialmente de las necesarias para operar los sistemas técnicos existentes, así como los tipos particulares de estructuras y vínculos institucionales necesarios para producir insumos para el cambio técnico (Bell, 1984).

A partir de la evidencia empírica de muchos estudios de caso, se han hecho esfuerzos por medir las CT y analizar su trayectoria evolutiva tanto para conocer el estado actual como para conocer las que se necesitan crear. En esta dirección, la taxonomía de Bell y Pavitt (1995) clasifica las principales CT a partir de cuatro funciones técnicas: dos básicas y dos de apoyo. Las primeras son: i) actividades de inversión y ii) actividades de producción. Las dos funciones de apoyo son: i) el desarrollo de vínculos con empresas e instituciones y iii) la producción de bienes de capital. Los niveles de CT se definen por el grado de dificultad de las actividades. Estas van desde los niveles más básicos de las capacidades de producción rutinaria, hasta tres niveles (básico, intermedio y avanzado) de profundidad de las capacidades de innovación (Torres, 2006).

1.3.3 Aprendizaje como forma de adoptar tecnologías y construir Capacidades Tecnológicas .

La discusión del rol del aprendizaje en los procesos del desarrollo tecnológico se hace difícil por el hecho de que el término se utiliza para referirse a una gama de conceptos muy diferentes. El término aprendizaje parece haberse utilizado para referirse a dos tipos de procesos muy diferentes en los que se adquiere la capacidad tecnológica (Bell, 1984).

- (1) Se usa para referirse a un proceso de adquisición de habilidades y conocimiento que depende en gran parte o enteramente de la experiencia: learning-by-doing, donde la ejecución de las tareas de producción genera un flujo de información y comprensión que permite mejorar la ejecución en un período posterior. Este flujo de “aprendizaje” es por lo tanto visto como un proceso de retroalimentación que opera dentro de la actividad de producción. Esta definición será la utilizada en la investigación.
- (2) Se usa para referirse de forma mucho más general a la adquisición de mayor habilidad y conocimiento por cualquier medio. Esto parece abarcar varios tipos de aprendizaje que no necesariamente descansan en la acumulación de experiencia. Por lo tanto, el "aprendizaje" ha llegado a referirse a cualquier forma en que una empresa aumente su capacidad para gestionar la tecnología y para implementar el cambio técnico (Bell, 1984).

El aprendizaje, se relaciona con las empresas y abarca tanto los procesos como los resultados. Puede describirse como las formas en que las empresas construyen, complementan y organizan el conocimiento y las rutinas en torno a sus actividades y dentro de sus culturas, y adaptan y desarrollan la eficiencia organizativa al mejorar el uso de las amplias habilidades de sus empleados (Dodgson, 1993).

Las empresas que construyen estructuras y estrategias para mejorar y maximizar el aprendizaje han sido designadas como "organizaciones de aprendizaje". Estas características son:

- Tienen un clima en el que se alienta a los miembros individuales a aprender y desarrollar todo su potencial.

- Extiende esta cultura de aprendizaje para incluir a clientes, proveedores y otras partes interesadas importantes.
- Lo anterior hace que la estrategia de desarrollo de recursos humanos sea central para la política empresarial.
- Sufre continuamente un proceso de transformación organizacional. (Dodgson, 1993).

Se pueden identificar seis tipos principales de procesos de aprendizaje por parte de las empresas, cada uno de los cuales está vinculado a diferentes fuentes y tipos de conocimiento: (Bell, 1984)

- Aprender haciendo, interno a la empresa y relacionado con la actividad de producción;
- Aprendizaje mediante el uso, interno de la empresa y relacionado con el uso de productos, maquinaria e insumos;
- Aprender de los avances. en ciencia y tecnología, externa a la empresa y relacionado con la absorción de nuevos desarrollos en ciencia y tecnología;
- Aprender de los efectos indirectos entre industrias, externos a la empresa y relacionados con qué están haciendo los competidores y otras empresas de la industria.
- Aprendizaje al interactuar, externo a la empresa y relacionado con la interacción con fuentes de conocimiento aguas arriba o aguas abajo como proveedores o usuarios o para la cooperación con otras empresas de la industria.
- Aprendizaje por búsqueda, interno a la empresa y relacionado (principalmente) con actividades formalizadas (como I + D) destinadas a generar nuevos conocimientos.

Por supuesto, varios tipos de procesos de aprendizaje pueden estar estrechamente relacionados entre sí (Malerba, 1992).

En este sentido y retomando las CT, éstas nos ayudarán a identificar las diferentes actividades técnicas de la empresa e identificar el nivel de capacidades acumuladas; hay que tener en cuenta que estas capacidades son creadas a partir de un proceso de aprendizaje tecnológico.

Para finalizar, en un mundo de competencia cada vez más global, la mayoría de los países industrializados seleccionan sus industrias estratégicas y los apoyan para lograr el liderazgo tecnológico en el mercado internacional y para desarrollar CT en las industrias seleccionadas, a través de proyectos a gran escala que involucran esfuerzos de colaboración de los sectores público y privado (Jeonghoon et al., 1994). Los países en desarrollo también deben concentrar sus escasos recursos en industrias y tecnologías adecuadamente seleccionadas para lograr una ventaja competitiva nacional y sobrevivir en la competencia global. Sin embargo, la mayoría de los países en desarrollo enfrentan dificultades para desarrollar CT debido a la feroz competencia mundial y la infraestructura débil, así como a la falta de recursos. Teniendo en cuenta el entorno existente en los países en desarrollo, necesitan enfoques estratégicos diferentes de los usados en los países avanzados para iniciar y apoyar proyectos a gran escala como medios estratégicos (Jeonghoon et al., 1994).

Un aspecto sumamente importante que hay que enfatizar en las CT es el papel que juega el aprendizaje en la creación de nuevas CT, dado que esto no es proceso automático. Por lo tanto, el aprendizaje ha llegado a referirse a cualquier forma en que una empresa aumente su capacidad para gestionar la tecnología y para implementar el cambio tecnológico.

1.3.4 Capacidades Tecnológicas para adoptar la Industria 4.0.

La adopción en países en desarrollo exige esfuerzos mayores para comprender los beneficios económicos, para superar las bajas capacidades y competencias científicas en automatización y digitalización para mejorar los recursos humanos, financieros y de infraestructura, no sólo a nivel de empresa sino a nivel de un Sistema de Innovación (Peerally *et al.*, 2022).

La creación de CT para adoptar la I4.0 puede abrir camino hacia una transición evolutiva hacia la Cuarta Revolución Industrial (4RI), sin la creación de estas capacidades se imposibilita el uso y adopción de estas tecnologías (Andreoni *et al.*, 2020). De acuerdo a Lavopa y Delera (2021), la 4RI se caracteriza por la convergencia y complementariedad entre tecnologías emergentes, la nanotecnología, la biotecnología y los nuevos materiales y su incorporación en la producción industrial da lugar al concepto de I4.0. Esta 4RI aún no tiene un alcance global ya que son pocas las economías punteras que concentran el 77% de las

patentes relacionadas a las tecnologías de esta 4RI (robots, impresoras, 3D entre otras). El 33% de las patentes están concentradas en Estados Unidos, el 24.2% está en Japón, el 14.6% en Alemania, el 4.7% en China y el 23.4% en el resto del mundo (Lavopa y Delera, 2021). Esto nos da un panorama de cómo está a nivel global la 4RI, principalmente concentrada en economías desarrolladas.

Para que economías en desarrollo puedan incorporarlas a sus procesos productivos, implicaría una actualización tecnológica en países en desarrollo, ya que estos no pueden simplemente dar ese salto tecnológico desde una base baja de desarrollo industrial (UNIDO, 2019). Autores como Santiago *et al.* (2021) y Peerally *et al.* (2022) han operacionalizado los niveles de CT de la 4RI. Desde una perspectiva diferente, Dutrénit *et al.* (2024) incorporan elementos de transformación digital en las empresas, en la matriz de CT con procesos de transformación digital. A continuación, se describen las tres propuestas de matrices para las CT.

1.3.4.1 Creación de CT para la 4RI: un marco novedoso.

Santiago *et al.* (2021) analizan las CT para la 4RI, y han operacionalizado los niveles de CT y establecieron niveles de novedad y la importancia de la actividad innovadora. Argumentan que a diferentes niveles de capacidad subyacen diferentes grados y tipos de actividades innovadoras. En este sentido, este marco se basa en los trabajos de Lall (1992), Bell y Pavitt (1995).

Conceptualizan las CT a nivel de empresa. Proponen un marco de creación de CT, distinguiendo cuatro niveles, cada vez más complejos de CT en seis grupos de funciones tecnológicas y organizativas de las empresas. Este marco presenta un nivel inicial de preparación y madurez tecnológica en las empresas y tiene como fundamento:

- 1) Las CT son creadas y acumuladas por las empresas y estas van permeando a sus respectivos sectores y países.

- 2) A medida que las empresas actualizan sus CT a lo largo de su preparación a la madurez, mejoran su capacidad para resolver problemas relacionados a la transformación digital.

Para el desarrollo del marco, asignaron seis grupos de funciones tecnológicas y organizativas a cuatro niveles de CT de la 4RI. El nivel más bajo de complejidad tecnológica de la 4RI (Nivel 1) es la de *readaptación y capacidad de preparación*, que implica la integración de las operaciones, tecnologías y sistemas de producción heredados de la 3RI con kits de readaptación y el desarrollo de habilidades, conocimientos, experiencia y recursos pre-requeridos para lanzar la transformación digital (Santiago *et al.*, 2021).

El siguiente nivel, el de *las capacidades de integración de sistemas*, se caracteriza por la implementación de las tecnologías de la 4RI para integrar los sistemas dentro de la empresa. En este nivel, las empresas ya pueden establecer redes de integración de datos intra e interempresariales, desarrollar acreditaciones y normas de calidad específicas para la 4RI e integrar tecnologías y sistemas de la 4RI más avanzados en la producción (Santiago *et al.*, 2021).

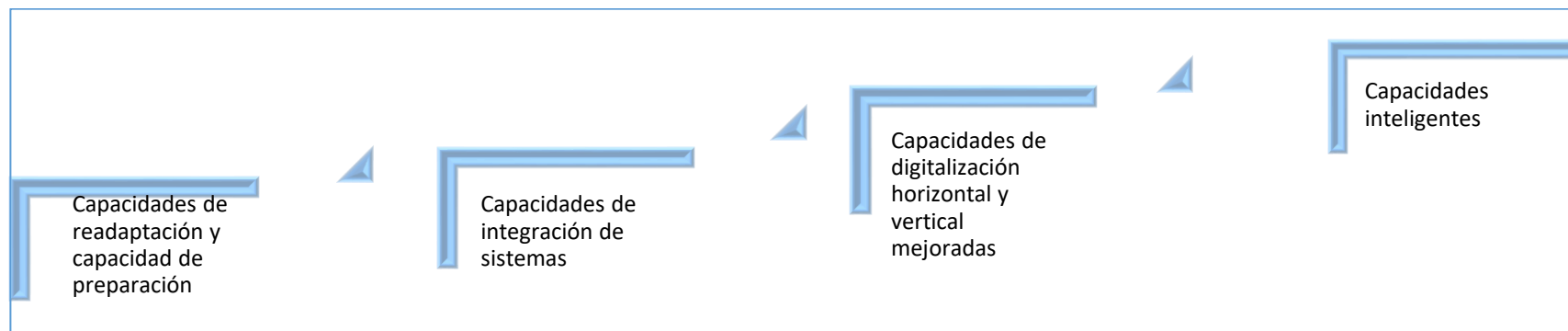
En el nivel de *capacidades de digitalización horizontal y vertical mejoradas*, las empresas son capaces de identificar las necesidades críticas de digitalización e implementarlas horizontal y verticalmente en toda la empresa. La implementación de las tecnologías digitales permite a las empresas beneficiarse de las tecnologías de procesamiento de datos, simulación avanzada y visualización en todas las operaciones.

El nivel más alto de complejidad tecnológica de la 4RI (Nivel 4) es el nivel de *capacidades inteligentes*, que implica la auto optimización y la automatización. Las operaciones, tecnologías y sistemas de producción de la 4RI de la empresa están totalmente integrados de extremo a extremo, es decir, en toda la empresa y la cadena de suministro. En este nivel, la empresa manufacturera es, o se parece mucho, a la fábrica inteligente o a la fábrica digital. (Santiago *et al.*, 2021).

En resumen, este marco propuesto por Santiago *et al.* (2021) muestra un trabajo de construcción de CT para la 4RI, organizado en un conjunto de actividades humanas y organizativas, que se asocian a cuatro niveles de capacidades tecnológicas, que van desde un nivel básico de readaptación y preparación hasta un nivel avanzado de capacidades inteligentes en el cual se encuentran integradas todas estas actividades de extremo a extremo y permite una gestión de datos a escala, una personalización de productos de manera masiva y existe una gestión inteligente de los productos y de su ciclo de vida. La tabla 11 ilustra la matriz para la creación de CT para la 4RI.

Tabla 11. Desarrollo de un marco de creación de CT de la 4RI.

Clúster 1	Clúster 2	Clúster 3	Clúster 4	Clúster 5	Clúster 6
INTEGRACIÓN, GESTIÓN Y PROTECCIÓN DE DATOS Contiene las capacidades de prerequisite para la preparación de la 4RI. Dado que esta revolución es intensiva en información y está impulsada por el big data.	GESTIÓN DE PROYECTOS Desde interconectar e integrar el mundo físico con tecnologías digitales hasta liderar el desarrollo de conformidad y acreditación de la 4r e innovar modelos comerciales	MANTENIMIENTO PREDICTIVO E INTELIGENTE Desde construir y acumular gradualmente capacidades de gestión de mantenimiento predictivo hasta adoptar cada vez tecnologías más complejas para lograr una integración total del internet de las cosas	DESARROLLO DE PRODUCTOS Desde la integración entre las tecnologías físicas y digitales hasta la acumulación de capacidades que permiten la personalización masiva del tiempo de desarrollo del producto y el tiempo requerido para comercializar el producto terminado.	PROCESOS DE FABRICACIÓN Y ORGANIZACIÓN Contiene las actividades, las habilidades, el conocimiento y los recursos de la fabricación colaborativa, la fabricación aditiva, los sistemas de fabricación informados y de optimización automática, y la información de fabricación sensible al contexto.	GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO Desde la evaluación de estrategias de reducción de costos en las prácticas de gestión de la cadena de suministro hasta la más avanzada, a saber, la digitalización completa de la cadena de suministro dentro y entre empresas.



Fuente: Extraído de Santiago *et al.* (2021).

Un elemento importante que mencionan es la distinción entre estos cuatro niveles de CT en la práctica no está tan definida, ya que las empresas tienden a implementar y construir con base en diferentes combinaciones de tecnologías.

El trabajo de Santiago *et al.* (2021) muestra de manera general las CT y los niveles asociados a ellas. De forma evolutiva, en el trabajo de Peerally *et al.* (2022) los autores avanzan hacia describir y analizar a profundidad cada una de las 6 funciones tecnológicas y organizativas.

1.3.4.2 Hacia un marco de capacidad tecnológica a nivel de empresa para respaldar y realizar la cuarta revolución industrial en los países en desarrollo.

La propuesta de Santiago *et al.* (2021) es un preámbulo para la propuesta de Peerally *et al.* (2022), ya que en la primera se centran de manera más general en describir las CT y se asocian a niveles de CT cada vez más complejos, mientras que en Peerally *et al.* (2022) se comienza a especificar y es más detallado, agregando a cada función tecnológica y organizativa, subgrupos en las funciones y se agrega la metodología, como se describe más adelante. Este marco más detallado consiste en un conjunto de actividades humanas y organizativas, como: habilidades, experiencias, conocimientos y recursos que necesitan las empresas para adoptar tecnologías y procesos cada vez más complejos. Estas se clasifican en cuatro niveles de CT cada vez más complejas y seis grupos de funciones tecnológicas y organizativas. De acuerdo con lo planteado anteriormente, la diferencia entre el marco de Santiago *et al.* (2021) y Peerally *et al.* (2022) radica en que en el primero se describen las CT para adoptar la 4RI y es un preámbulo para el trabajo más detallado en Peerally *et al.* (2022), aquí se describen las funciones y se agregan las capacidades en cada función de acuerdo a los niveles asociados.

En el trabajo de Peerally *et al.* (2022) argumentan que las empresas necesitan identificar, documentar y diseñar sistemáticamente estrategias para construir y acumular las capacidades tecnológicas industriales esenciales para la adopción de tecnologías y procesos cada vez más complejos a lo largo de la preparación hasta su madurez, e identifican y clasifican CT industriales a nivel de empresa. El marco sirve de base para medir el avance de las empresas

a lo largo del proceso de transformación digital desde la preparación hasta la madurez, para dar dirección a la creación y acumulación de CT.

Los autores conceptualizan y definen las CT a nivel empresarial en el marco de la 4RI como:

“El conjunto de actividades, habilidades, experiencias, conocimientos y recursos humanos y organizativos que las empresas necesitan para generar y gestionar la digitalización mediante la adopción de tecnologías y procesos más complejos de la 4RI, así como para utilizarlos con el fin de generar nuevas tecnologías y desarrollar nuevos productos y procesos.” (Peerally et al., 2022:2)

En esta definición identifica que las empresas deben crear y acumular un conjunto de CT para respaldar y hacer realidad la 4RI. Sin embargo, este proceso no es automático, pasivo ni gratuito. Las respuestas estratégicas de las empresas de los países en desarrollo deben incluir el establecimiento de diferentes tipos de vínculos entre empresas.

La metodología que llevaron a cabo fue con un enfoque cualitativo en cual consistió en recopilar, analizar y clasificar la información, en actividades humanas y organizativas, como habilidades, experiencias, conocimiento y recursos, lo que llamaron *capacidades ilustrativas* en grupos específicos de funciones tecnológicas y organizativas asociadas en 4 niveles de CT. El periodo de revisión fue de 3 años (2018-2020), en la revisión bibliográfica se centraron en conceptos como: Industria 4.0, Cuarta Revolución Industrial y 4RI y para reducir la búsqueda incorporan términos como: Internet de las cosas, fábricas inteligentes, productos inteligentes, fabricación virtual, inteligencia artificial y robótica inteligente.

Codificaron 115 documentos para completar el proceso de recopilación de información. Obtuvieron 155 capacidades ilustrativas y las agruparon en 6 funciones tecnológicas y organizativas: (1) integración, gestión y protección de datos; (2) gestión de proyectos; (3) mantenimiento predictivo e inteligente; (4) desarrollo de productos; (5) procesos y organización de la fabricación; y (6) gestión de la cadena de suministro. De los seis grupos, dos, se subdividieron en subgrupos. La función sobre integración, gestión y protección de datos se subdividió en: (A) técnicas y herramientas, (B) adquisición de habilidades y

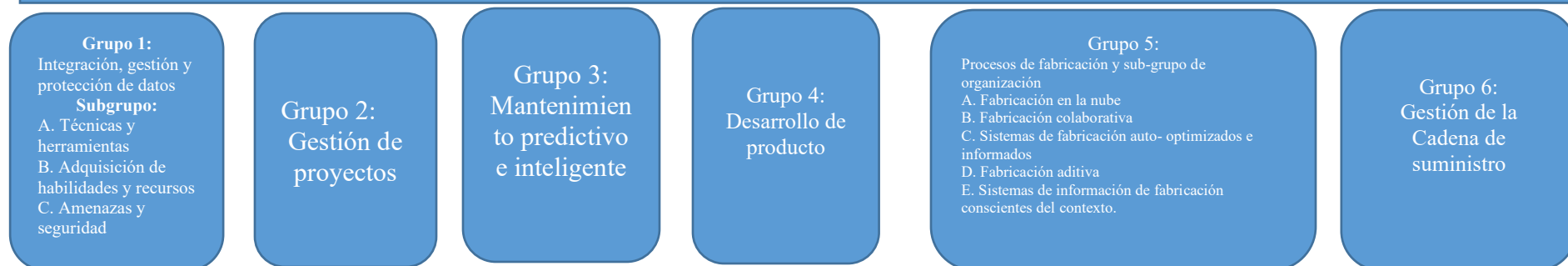
recursos, y (C) amenazas y seguridad. La función de procesos de fabricación y organización se subdividió en: (A) fabricación en la nube, (B) fabricación colaborativa, (C) sistemas de fabricación auto-optimizados y con conocimientos, (D) fabricación aditiva, e (E) información de fabricación sensible al contexto.

De la función 1 sobre la integración, gestión y protección de datos incluye a los subgrupos de técnicas y herramientas, la adquisición de habilidades y recursos, las amenazas y la seguridad, argumentan que, para lograr la preparación, las empresas deben integrar primero los datos existentes con fuentes de datos adicionales derivadas de la implementación de nuevas tecnologías digitales en toda la empresa.

El objetivo de esta integración es lograr un entorno de trabajo basado en la comunicación entre todas las actividades horizontales y verticales de la empresa y todo el ciclo de vida del producto, que sea seguro y esté protegido de amenazas externas, como la piratería informática. En segundo lugar, esta integración tiene como objetivo final ganar en eficiencia en múltiples niveles, para crear flujos de datos e información de extremo a extremo a lo largo de las cadenas de valor y suministro. Para alcanzar la preparación para la 4RI y, posteriormente, la madurez de la 4RI, uno de los pasos clave iniciales para las empresas es adquirir y desarrollar los recursos necesarios para integrar, gestionar y proteger estas grandes cantidades de datos. La tabla 12 muestra este marco analítico. Las tablas 13 y 14 muestran la primera función con su grupo y subgrupo de CT asociadas a los 4 niveles de complejidad. Las otras 5 funciones se pueden ver en el anexo 1.

Tabla 12. Marco analítico de CT de la 4RI.

Grupos y subgrupos de funciones tecnológicas y organizativas identificadas en la fabricación.



Estos grupos y subgrupos se desagregan aún más en conjuntos refinados de actividades humanas y organizacionales de la 4RI, habilidades, experiencias, conocimientos y recursos y se clasifican en un orden de complejidad creciente de acuerdo con los cuatro niveles de capacidades tecnológicas.

Los cuatro niveles de capacidades tecnológicas de la 4RI y las descripciones de actualización en cada grupo de un nivel a otro, es decir, la adopción a lo largo del espectro de preparación hasta la madurez de la 4RI, está respaldada por mecanismos de aprendizaje aplicados dentro y entre empresas a través de interacciones con otros actores dentro del sistema de innovación de la 4RI

Capacidades de readaptación y capacidad de preparación

La empresa tiene la capacidad de integrar las operaciones, tecnologías y sistemas de producción heredados de la 3RI con kits de modernización y de desarrollar las habilidades, los conocimientos y los recursos necesarios para lanzar la transformación digital. La implementación de nuevos equipos industriales "listos para la Industria 4.0"

Capacidades de integración de sistemas

La empresa tiene la capacidad de implementar tecnologías de la 4 RI para integrar sistemas dentro de la empresa. Existe integración de Tecnologías físico-digital y de redes de integración de datos intra e interempresariales . Desarrolla acreditaciones y estándares de calidad específicos de la 4RI. Integra tecnologías y sistemas de la 4RI más avanzados en la producción . Puede integrar productos con algoritmos y softwares, participan en la evaluación temprana y la creación de prototipos de productos inteligentes. Utiliza sistemas de información basados en eventos y datos. Existe una optimización de la gestión y el rendimiento de la cadena de suministro.

Capacidad mejorada de digitalización horizontal y vertical

La empresa tiene la capacidad de identificar sus necesidades críticas de digitalización e implementarlas horizontal y verticalmente en toda la empresa. Puede desarrollar tecnologías digitales para obtener beneficios de los datos. Existe un uso avanzado de tecnologías de simulación y visualización en toda la empresa. Fabrica los primeros prototipos de productos inteligentes . existe una digitalización horizontal y vertical mejorada de la gestión del ciclo de vida de productos y procesos. Inicia la integración de tecnologías 4RI avanzadas en toda la cadena de suministro, es decir, en todas las empresas . Utiliza soluciones avanzadas de robótica y automatización.

Capacidad inteligente

La empresa tiene la capacidad de autooptimizarse y autonomizarse. Sus operaciones, tecnologías y sistemas de producción de la 4RI están totalmente integradas de extremo a extremo, es decir, en toda la empresa y la cadena de suministro de extremo a extremo y visualización virtual de la cadena de la cadena de suministro de extremo a extremo. Existen sistemas para escalar la gestión de los datos, para la personalización masiva de productos y para la gestión inteligente del producto y del ciclo de vida.

Fuente: Extraída de Peerally *et al.* (2022).

Tabla 13. Función integración, gestión y protección de datos. Sub-grupo A.

GRUPO 1. INTEGRACIÓN, GESTIÓN Y PROTECCIÓN DE DATOS		
SUB- GRUPO A. TECNICAS Y HERRAMIENTAS		
Capacidad de modernización y preparación	Adopción a lo largo del espectro de preparación para la 4RI hasta la madurez de la 4RI	Almacenamiento e intercambio de datos en forma de aplicaciones propias y uso de soluciones de base de datos heterogéneas entre varios departamentos o naves de producción.
Capacidad de integración de sistemas		Implementación de plataformas de computación en la nube y de servicios para la recopilación y el análisis de datos. Implementación de la interoperabilidad semántica mediante la aplicación de los protocolos para ejecutar una comunicación y transacción de datos eficiente y efectiva entre diferentes dispositivos/máquinas. Implementación de interoperabilidad semántica mediante la aplicación de los protocolos para ejecutar una comunicación y transacción de datos eficiente y efectiva entre diferentes dispositivos/máquinas. Implementación de la calidad del servicio, que implica la gestión de los recursos de la red estableciendo prioridades para los diferentes tipos de datos y proporcionando un mejor servicio en una red congestionada (por ejemplo, retraso del ancho de banda).
Capacidad mejorada de digitalización horizontal y vertical		Desarrollo de nuevos algoritmos y nuevos modelos para utilizar y obtener beneficios reales de los datos. Desarrollo de nuevas herramientas y plataformas para integrar datos a nivel de producción y de empresa Desarrollar nuevos algoritmos y técnicas de visualización para utilizar y obtener beneficios reales de los datos. Implementar la computación visual para adquirir, analizar y sintetizar datos visuales mediante computadoras que proporcionen automatización y flexibilidad al proceso de producción. Integrar funciones de auto organización y adaptación para permitir que el sistema recupere datos de dispositivos heterogéneos en el formato requerido y monitoree el funcionamiento del sistema.
Capacidad inteligente		Desarrollo de nuevos productos para utilizar y obtener beneficios reales de los datos. Desarrollar nuevas herramientas y plataformas para integrar datos a lo largo de la cadena de suministro y entre empresas.

Fuente: Extraída de Peerally *et al.* (2022).

Tabla 14. Función integración, gestión y protección de datos. Sub-grupo B y C.

Grupo 1. INTEGRACIÓN, GESTIÓN Y PROTECCIÓN DE DATOS			
B. ADQUISICIÓN DE HABILIDADES Y RECURSOS		C. AMENAZAS Y SEGURIDAD	
Capacidad de modernización y preparación	Adopción a lo largo del espectro de preparación para la 4RI hasta la madurez de la 4RI	Contratación y retención de técnicos, ingenieros y gerentes cualificados. Desarrollo de las habilidades digitales necesarias para la planificación estratégica, la investigación de mercado, el análisis de negocios y la mejora del rendimiento general de la empresa. Desarrollo de las habilidades blandas necesarias para garantizar el trabajo colaborativo entre profesionales. Desarrollo de habilidades digitales básicas, relacionadas con el uso efectivo de la tecnología, incluyendo la investigación web, las comunicaciones en línea, etc. Desarrollo de habilidades digitales avanzadas relacionadas con el desarrollo tecnológico, como la codificación, el desarrollo de software y aplicaciones, etc.	Garantizar la protección de la información relacionada con las actividades financieras y los recursos humanos. Proteger los datos a lo largo de la cadena de valor. Proteger a la empresa de dispositivos de mal funcionamiento. Garantizar que los productos electrónicos fabricados no contengan virus de las instalaciones de producción
Capacidad de integración de sistemas		Desarrollar experiencia para transferir datos a otros sistemas, por ejemplo, conocimiento de la transformación del panorama del sistema y métodos de extracción, transformación y carga. Desarrollar/adquirir las habilidades y la capacidad para analizar grandes cantidades de datos recopilados en todas las funciones de la empresa, en toda la cadena de suministro y en todo el ciclo de vida de un producto.	Garantizar la privacidad de los datos y proteger contra el robo de propiedad intelectual y los productos falsificados. Proteger los datos enviados a través de redes públicas de la visualización o manipulación no autorizada mediante el uso del cifrado inherente de blockchain. Usar blockchain para controlar el uso de la propiedad digital.
Capacidad mejorada de digitalización horizontal y vertical		Desarrollar capacidades de software para aplicaciones relacionadas con la planta de producción, y servicios basados en datos. Adquirir licencias de software. Actualización y mejora continua de software y hardware en el entorno de producción.	Desarrollo de comunicaciones seguras y fiables, así como una gestión sofisticada de identidades y accesos de máquinas y usuarios.

Capacidad inteligente		Escalar el sistema de gestión de datos para que pueda gestionar mayores cargas de datos y aplicaciones de gran tamaño en entornos extremos.	Diseño interno de sistemas para la protección de datos. Diseño interno de sistemas redundantes para el almacenamiento de datos.
------------------------------	--	--	--

Fuente: Extraída de Peerally *et al.* (2022).

En la función 2 sobre gestión de proyectos, las capacidades, se muestra el alcance que las nuevas tecnologías y procesos de la 4RI tendrán en las empresas, así como en las habilidades y el papel de los gestores y responsables de proyectos en este proceso, desde la interfaz e integración del mundo físico con las tecnologías digitales hasta el liderazgo en el desarrollo de la conformidad y las acreditaciones de la 4RI y la innovación de los modelos de negocio.

De la función 3 sobre mantenimiento predictivo e inteligente, esta función muestra el rendimiento de la maquinaria y los equipos y, por lo tanto, está estrechamente relacionada con la productividad de los procesos de fabricación, el rendimiento de la inversión de capital y el resultado final de la empresa, es decir, los beneficios. Por lo tanto, una fábrica inteligente requiere capacidades de gestión de mantenimiento predictivo e inteligente, ya que estas desempeñan un papel crucial para garantizar la productividad y los beneficios. La 4RI cambia la forma en que se lleva a cabo el mantenimiento tradicional, y la integración de las tecnologías digitales y la información generada por los dispositivos y máquinas interconectados da lugar al mantenimiento predictivo e inteligente.

De la función 4 sobre desarrollo de productos, las capacidades son amplias y complejas, ya que la 4RI requiere la integración de tecnologías físicas y digitales en las diferentes fases del producto, es decir, desde la fase de desarrollo hasta el producto acabado. La integración entre tecnologías físicas y digitales requiere la acumulación de capacidades que permitan la personalización masiva de productos, la reducción del tiempo de desarrollo del producto y el tiempo necesario para comercializar el producto terminado.

De la función 5 sobre los procesos de fabricación y la función de organización incluyen: (A) fabricación en la nube, (B) fabricación colaborativa, (C) Sistemas de fabricación auto-optimizados e informados (D) Fabricación aditiva y (E) Sistemas de información de fabricación. Dentro de este grupo algunas de las actividades se duplican lo que refleja la complejidad de agrupar las CT.

El último paso analítico después de clasificar esas 6 funciones, generaron 4 niveles cada vez más complejos de CT y las capacidades ilustrativas se agruparon por orden de complejidad

en estos 4 niveles: *readaptación y capacidad de preparación, capacidad de integración de sistemas, capacidad mejorada de digitalización horizontal y vertical y capacidad inteligente.*

Como parte de los resultados a los que llegaron mencionan que la distinción en la práctica de estos 4 niveles es difusa. Su evidencia mostró que las empresas tienden a implementar y desarrollar tecnologías diferentes tanto a nivel vertical como horizontal dentro de la empresa, así como con otras empresas. Que las empresas que se encuentran en el proceso de transformación digital han acumulado CT innovadoras avanzadas, son líderes y su objetivo no es tanto la acumulación de CT para la creación de nuevos equipos ya que existe riesgo en las inversiones y existe falta de conocimiento técnico. Este marco es aplicado para empresas manufactureras y no *Original Equipment Manufacturers* (OEMs). Este marco es una referencia para aproximarse a las CT que se necesitan para adoptar con éxito la 4.0 en países en desarrollo, es por ello que es fundamental ya que se toma como base para el análisis de esta tesis.

A continuación, se revisa el trabajo de Dutrénit *et al.* (2024), en el cual se presenta una matriz con funciones técnicas y niveles de acumulación en un contexto de transformación digital. Esta matriz sirve de referencia para identificar las actividades en las funciones técnicas en empresas que se encuentran en un proceso de transformación digital, esta matriz, complementa a los trabajos citados en esta sección y sirve como referencia para el proceso de adopción de I4.0.

1.3.4.3 Matriz de capacidades tecnológicas con procesos de transformación digital.

Esta matriz permite pensar sobre la acumulación de CT en un contexto de transformación digital. La matriz que se presenta a continuación, es una matriz realizada por Dutrénit *et al.* (2024), que tiene como base la propuesta de Bell y Pavitt (1995), y el supuesto de que para que una empresa innove y pueda avanzar en la adopción de nuevas tecnologías requiere de un proceso de acumulación de Capacidades Tecnológicas (Dutrénit *et al.*, 2024). Incorpora elementos que permiten repensar las funciones técnicas en un contexto actual de transformación digital en países en desarrollo.

Esta matriz incluye cinco funciones técnicas:

- 1) las capacidades de toma de decisiones para la adopción y desarrollo de tecnologías,
- 2) las capacidades para adoptar, adaptar y desarrollar tecnologías de proceso;
- 3) las capacidades para desarrollar nuevos productos;
- 4) las capacidades de vinculación con otros actores;
- 5) las capacidades para la integración de tecnologías exponenciales.

Cada una de estas funciones se asocian a cuatro niveles de acumulación: un nivel rutinario y tres innovativas- básicas, intermedias y avanzadas- y van de acuerdo al grado de complejidad de las actividades de innovación en la empresa.

A diferencia de Bell y Pavitt (1995) esta matriz incluye funciones y actividades dentro de cada función técnica relacionadas con el proceso de transformación digital. A diferencia de Santiago *et al.* (2021) en esta matriz se presentan 5 funciones técnicas enfocadas principalmente a la producción y de manera descriptiva mientras que en Santiago *et al.* (2021) y Peerally (2022) se enfocan en producción y en aspectos organizacionales. A diferencia de Peerally *et al.* (2022) en Dutrénit *et al.* (2024) en el nivel rutinario se enfocan en la sensibilización para adoptar TD en el caso de Peerally *et al.* (2022) el primer nivel comienza con los recursos, los conocimientos y las habilidades para comenzar con el proceso para iniciar el proceso de transformación digital y avanzar hacia la I4.0. En los tres niveles innovativos en Dutrénit *et al.* (2024) se van incorporando en las CT, la transformación digital hasta llegar a la función 5 donde se integran las TD de manera sistemática. En el caso de Peerally *et al.* (2022) en los niveles de CT se inician con actividades organizacionales como, por ejemplo, desarrollo de habilidades digitales, así como el desarrollo de capacidades de software para la producción en plantas y servicios basados en datos. Conforme van avanzando los niveles las actividades se complejizan hasta llegar a la fábrica inteligente. Una de las diferencias claves es el nivel de CT en las empresas que se necesitan para aplicar cada matriz, en el caso de Dutrénit *et al.* (2024) se inician desde el nivel rutinario hasta las CT innovativas avanzadas, no es necesario contar con un nivel de CT avanzadas ya que se van construyendo, por el contrario, en Santiago *et al.* (2021) y Peerally *et al.* (2022) necesitan CT

innovativas avanzadas. La matriz de capacidades tecnológicas con procesos de transformación digital se presenta en la tabla 15.

Tabla 15. Matriz de capacidades tecnológicas con procesos de transformación digital.

Nivel de capacidades tecnológicas	Funciones técnicas				
	Toma de decisiones para la adopción y desarrollo de tecnologías	Adoptar, adaptar y desarrollar tecnologías de proceso	Desarrollar nuevos productos	Vinculación con otros actores	Integración de tecnologías exponenciales
CT de producción					
Rutinario	Sensibilización sobre la necesidad de adoptar tecnologías	Operación rutinaria y mantenimiento básico de instalaciones. Mejora de la eficiencia a partir de la experiencia en tareas existentes	Réplica de especificaciones y diseños fijos. Control de calidad rutinario para mantener los estándares y las especificaciones existentes	Búsqueda de insumos disponibles y de proveedores de tecnologías existentes. Búsqueda y absorción de información de clientes	Identificación de TD para propósitos de la empresa Sensibilización sobre el uso e implementación de las TD
CT innovativas					
Básico	Responsabilidades definidas para la toma de decisiones	Estiramiento de la vida útil de los equipos (modernización-adaptación de aditamentos) Adaptaciones menores de equipos y procesos para incrementar la eficiencia Introducción de sensores para adquirir información para aseguramiento de calidad	Adaptaciones menores en función de las necesidades del mercado y mejoras incrementales en las características de desempeño del producto	Búsqueda y absorción de información y de TTD de nuevos proveedores, clientes e instituciones locales e internacionales Búsqueda de nuevos nichos de mercado	Diseño de estrategias de adopción e implementación de TD
Intermedio	Definir una estrategia de adopción de acuerdo con los requerimientos actuales de los clientes Reuniones regulares y herramientas para la toma de decisiones Adopción-uso de algunas TD para la toma de decisiones (analítica de datos, etc.)	Automatización de algunos equipos y procesos Diseño incremental de nuevos procesos Uso de TD en algunos procesos productivos y en la logística (Inteligencia Artificial) Incorporación eventual/no sistemática de robots	Mejoras sustantivas del diseño de los productos a partir de actividades de desarrollo Generación de patrimonio tecnológico (Derechos de Propiedad Intelectual y secretos industriales) Digitalización de los desarrollos Uso de alguna TD (Inteligencia Artificial o analítica de datos)	Vigilancia tecnológica Desarrollo incremental de productos y procesos con clientes y proveedores Vinculación con universidades locales Interacción con otros actores: academia, gobierno, competidores y otras industrias locales para compartir información e incidir en las políticas. Acceso a apoyos públicos para la innovación	Implementación de algunas TD (robótica, analítica de datos, ciberseguridad, etc.) para el diseño y desarrollo de nuevos productos, procesos y comercialización
Avanzado	Diseñar una estrategia de experimentación para anticipar las necesidades del mercado y desarrollar liderazgo tecnológico	Innovación de proceso y desarrollo de la I+D relacionada Uso sistemático de TD en todos los equipos y procesos requeridos Uso sistemático de robots y digitalización de la información generada	Innovación de producto y desarrollo de la I+D relacionada Uso sistemático de TD para el diseño de productos	Vinculación para el monitoreo de las tendencias tecnológicas, de los mercados y de la regulación internacional Vinculación con universidades y centros de investigación internacionales Colaboración en desarrollos tecnológicos con proveedores, clientes, competidores y socios con enfoque de innovación abierta	Integración de las TD en todos los procesos (manufactura, logística, comercialización -Smart Factory) y en el diseño y desarrollo de nuevos productos

Fuente: Extraído de Dutrénit *et al.* (2024).

Esta matriz se construyó a partir de estudios de caso de empresas multilatinas mexicanas, y se aplica a empresas grandes, multilatinas o no, que pueden estar conectadas a CGV.

En su estudio también analiza cómo el entorno en el que operan las empresas, afecta las decisiones sobre la acumulación de CT y la actividad innovativa en las empresas.

Proponiendo un marco analítico sobre la acumulación de CT considerando procesos de transformación digital y analizar cómo las diferentes esferas del contexto influyen en la acumulación.

1.3.5 Diferencias y semejanzas de las matrices de CT en el contexto de la 4 RT.

Cada uno de estos trabajos sobre Capacidades Tecnológicas aportan en la comprensión de las especificidades de un entorno cambiante y que transita hacia una acelerada digitalización y automatización, características de la 4RI. A continuación, se muestra un cuadro a manera de resumen los aportes identificados de cada Investigación haciendo énfasis en sus diferencias y semejanzas.

Como parte de las semejanzas se encontró que los tres trabajos son una adaptación de la matriz de CT de Lall (1992) y Bell y Pavit (1995), en los tres trabajos se identificaron CT en un contexto de transformación digital. Son matrices aplicables a países en desarrollo. Se caracterizan y describen las CT y los niveles asociados a cada función en los tres. Se aplican a empresas manufactureras.

En cuanto a las diferencias, en Santiago *et al.* (2021) se identificó que realizaron una descripción de las CT para la 4RI y fue un preámbulo para el trabajo de Peerally *et al.* (2022). En Peerally *et al.* (2022) se describieron las 6 funciones y los 4 niveles de CT e identificaron 155 capacidades ilustrativas y su aplicación en empresas con niveles de CT innovativas avanzadas que pertenezcan a la manufactura y no a OEMs. En Dutrénit *et al.* (2024) esta matriz es aplicable a empresas que deseen incorporarse en el proceso de transformación digital, este trabajo no cuenta con capacidades ilustrativas, en ella se muestra la evolución en cada nivel de CT, así como la complejidad de sus actividades, es un proceso de acumulación, que va habilitando mayor complejidad de las actividades. En esta matriz no necesariamente las empresas tienen que tener CT innovativas avanzadas. En tabla 16 se presenta de manera resumida, cuáles fueron los aportes identificados en los tres trabajos.

Estos tres trabajos muestran de manera operativa las CT que se requieren en un contexto de transformación digital y de una 4RI. Todos parten de la matriz tradicional de Lall (1992) y

Bell y Pavit (1995). Sin embargo, esta matriz en una era digital y de hiperconectividad, los procesos de digitalización y automatización, característicos de un proceso de transformación digital en una empresa, no se ven operacionalizados y es entendible, ya que hace más de 30 años el avance tecnológico en las empresas no estaba tan acelerado.

Dado lo anterior, por la creciente necesidad de incorporar elementos característicos de un proceso de transformación digital, diversos autores se han dado a la tarea de adaptar la matriz tradicional de CT de Lall (1992) y Bell y Pavit (1995) para incorporar estos elementos. Dentro de las aportaciones de Santiago *et al.* (2021) se identificó que desarrolló una matriz para adoptar de CT adoptar la 4RI en países en desarrollo, caracterizó y operacionalizó las 4 CT requeridas identificadas para su adopción y es un preámbulo para el trabajo de Peerally *et al.* (2022). En el caso de Peerally *et al.* (2022), esta matriz se realizó a partir de la revisión de la literatura, caracterizó y operacionalizó 6 funciones técnicas e identificó 155 capacidades ilustrativas. El uso de esta matriz es aplicable a empresas que ya alcanzaron un nivel avanzado de CT innovativas y está diseñada para aplicación en empresas manufactureras y no de OEMs. Para el caso de la matriz de CT con procesos de transformación digital de Dutrénit *et al.* (2024), esta matriz se construyó a partir de diversos estudios de caso e incorpora en los tres niveles innovativos el uso de tecnologías disruptivas e incorpora una quinta función sobre la integración de tecnologías exponenciales.

En estos tres casos, se incorporan los elementos para poder avanzar hacia la adopción de la I4.0 en las empresas que desean adoptar, sin embargo, existen elementos que aún no son tomados en cuenta, por ejemplo, las motivaciones que llevan a adoptarla, y las fases o grados de digitalización en la empresa. Esto puede ayudar a comprender en qué contexto se encuentra la empresa que adopta, y por ende, las limitaciones y los determinantes en la adopción. Un punto importante a tomar en cuenta es que no necesariamente se tienen que tener CT innovativas avanzadas para iniciar el proceso de I4.0.

Tabla 16. Aportes identificados en los tres trabajos.

	Santiago <i>et al.</i> (2021)	Peerally <i>et al.</i> (2022)	Dutrénit <i>et al.</i> (2024)
Aportes	– Adaptan la matriz de capacidades de Lall (1992) y Bell y Pavit (1995). – Desarrollo de una matriz de CT para la adopción de la 4RI. – Se construyó a partir de la revisión de la literatura. – Caracterización de las 4 CT requeridas para la adopción de la I4.0 en países en desarrollo. – Operacionalizan las CT de la 4RI. Iniciando con las CT de readaptación y capacidad de preparación, capacidad de integración de sistemas, capacidad de mejora de digitalización horizontal y vertical, así como las capacidades inteligentes. – Es un preámbulo para el marco de Peerally et al. (2022).	– Adaptan la matriz de capacidades de Lall (1992) y Bell y Pavit (1995). – Definición de CT para la 4RI. – Se construyó a partir de la revisión de la literatura. – Caracterización de las 4 CT requeridas para la adopción de la 4RI en países en desarrollo. – Caracterización de 6 funciones asociadas a 4 niveles de CT de la 4.0. – Las 6 funciones son agrupaciones de tecnologías (clúster) – Caracterización de 6 funciones, tanto tecnológicas, como organizativas. – Identificación de 155 capacidades ilustrativas. – Estas capacidades ilustrativas se relacionan entre las 6 funciones y 4 niveles de CT. – El uso de esta matriz es aplicable a empresas que ya alcanzaron un nivel avanzado de CT innovativas. – Esta matriz está diseñada para aplicación en empresas manufactureras y no de OEMs.	– Adaptan la matriz de capacidades de Bell y Pavit (1995). – Definición de CT general. – Se construyó a partir de realizar estudios de casos. – Incorpora a las CT innovativas, la transformación digital, desde el proceso de sensibilización sobre la adopción de tecnologías disruptivas en el nivel rutinario de la función de toma de decisiones para la adopción y desarrollo de tecnologías hasta el uso integrado de tecnologías disruptivas en todo el proceso productivo en el nivel de CT innovativas avanzadas en la función de integración de tecnologías exponenciales. – Incorpora en los tres niveles innovativos, el uso de tecnologías disruptivas. – Incorpora una quinta función sobre la integración de tecnologías exponenciales. – El uso de esta matriz es aplicable a empresas que están en el proceso de construcción de CT innovativas.

Fuente: Elaboración a partir de diversos autores.

1.3.6 El papel del entorno para la acumulación de Capacidades Tecnológicas.

Desde un enfoque evolutivo el entorno es la interacción entre los organismos y su medio ambiente, y este tiene diferentes esferas que de acuerdo a Freeman (1995) funcionan como mecanismos de selección, entre los que encontramos: el económico, de ciencia y tecnología, el político, el social y el ambiental.

De acuerdo a Dutrénit *et al.* (2024), esferas tienen un papel importante dentro del proceso de acumulación de CT, son elementos que condicionan este proceso. Estas esferas a lo largo del tiempo han sido poco estudiadas ya que, el foco principal han sido elementos económicos y técnicos, dejando el estudio de otras esferas (político, social, cultural y ambiental) y su impacto en la acumulación y creación de CT. Estas esferas modifican el comportamiento tecnológico y económico de las empresas. A continuación, con base a Dutrénit *et al.* (2024), se especifica a qué se refiere cada dimensión o esfera.

- **Económico:** se refiere a aquellas organizaciones y subsistemas de la sociedad que se ocupan principalmente de la producción, distribución y consumo de bienes y servicios.
- **Político:** se refiere a aquellos individuos, organizaciones, entidades públicas y subsistemas de la sociedad que se ocupan principalmente del gobierno (regulación legal y política por parte de autoridades centrales, locales o internacionales) de la sociedad. (Incluye el estado de derecho y la seguridad pública)
- **Ciencia y Tecnología:** se refiere a las organizaciones, entidades públicas y subsistemas de la sociedad que se ocupan principalmente del avance del conocimiento sobre el mundo natural y las ideas de aquellos individuos cuya actividad se dirige hacia este objetivo, a la evolución de los artefactos y técnicas, y a las actividades de aquellos individuos, grupos, entidades públicas y subsistemas de la sociedad que se ocupan principalmente de su diseño, desarrollo y mejora, y del registro y difusión del conocimiento utilizados para estas actividades.
- **Ambiental:** se refiere al comportamiento de individuos, organizaciones y administraciones públicas respecto a la protección del medio ambiente y la biodiversidad.
- **Social:** se refiere al grado de desigualdad que hay en la sociedad, en temas como: género, edad, lenguaje, zona geográfica, salarios, entre algunos otros.

- **Cultural:** Se refiere a las ideas, valores, tradiciones, religiones o costumbres que influyen en las normas de la conducta de los individuos y las organizaciones y repercuten en las reglas de la sociedad.

Dentro de los objetivos de esta tesis está el analizar de qué forma estas esferas están afectando el proceso de acumulación de CT en la empresa.

En Freeman (1995) se realizó un análisis de los principales factores que afectan el desarrollo económico a largo plazo de los países identificando las principales esferas que incidían en este proceso. Algunos autores han retomado esta idea para conectar el comportamiento tecnológico de las empresas en su proceso de acumulación de CT, en el cual se han preguntado ¿cómo conectar los procesos de acumulación de CT con su contexto?

En Dutrénit *et al.* (2024) se retomaron las esferas propuestas por Freeman incluyendo en su análisis elementos nuevos como: la esfera política y ambiental, que pueden explicar el comportamiento tecnológico y económico de las empresas. Las esferas incluidas en el marco analítico propuesto por Dutrénit *et al.* (2024) también están asociadas a un conjunto de indicadores, que se presentan en la tabla 17. Esta tabla muestra de manera operacional las seis esferas, los indicadores y su descripción, es importante porque dentro del análisis del contexto en la acumulación de CT del G. BETA esta tabla se toma como base para la identificación de las esferas y de sus indicadores y así poder determinar que esferas están incidiendo más en la acumulación de CT en el G. BETA.

Es importante mencionar estas esferas dentro del contexto mexicano, para conocer si están incidiendo y cómo en los procesos de acumulación de capacidades tecnológicas, ya que esto es un prerequisite para que las empresas puedan adoptar con éxito la I4.0.

Tabla 17. Aspectos principales de los indicadores de las esferas del contexto.

Esfera	Indicador	Aspecto de los indicadores
Científico Tecnológica	Vinculación con instituciones de educación superior (IES) o centros de investigación (CI)	La presencia o ausencia de estos vínculos y sus posibilidades siempre es factor recurrente. La ubicación municipal ofrece información sobre el peso de este factor en el territorio.
	Programas públicos de fomento a la innovación, como el Programa de Estímulos a la Innovación (PEI)	La importancia de la presencia o ausencia del PEI es un factor reiterado respecto a los condicionantes de las decisiones. *
	Estímulos fiscales a la I+D (EFID)	La presencia o ausencia de los EFID es un factor reiterado respecto a los condicionantes de las decisiones. En particular, el EFID que se otorga por incremento en el gasto de I+D es un factor específico reiterado.
	Colaboración con clientes o proveedores para el desarrollo de productos	La figura del cliente en términos de sus preferencias y hábitos de demanda es condicionante de decisiones.
Económica	Tamaño relativo y expansión del mercado interno/externo	La ubicación en una clase censal o industrial (CCI) y en un ámbito municipal (M) resulta útil para conocer si la empresa está en una clase con una proporción alta o baja del mercado, si éste se expande y si tiene una porción más interna o externa. El M puede o no tener importancia para el tamaño y posibilidades de expansión del mercado.
	Disponibilidad de insumos	Son factores condicionantes tanto la disponibilidad de insumos de origen interno como externo. La CCI tiene una composición de recursos que contribuye a ubicar los requerimientos de insumos.
	Rentabilidad	Las medidas de valor agregado sobre activos y de beneficios sobre activos de la CCI a la que pertenece la empresa y sus relaciones con otras CCI interconectadas importan para la rentabilidad.
	Precios relativos	La razón entre los precios de los productos y de los insumos y su evolución en la CCI que comprende a la empresa es útil para enmarcar las ventajas o desventajas que ésta enfrenta desde el punto de vista costo – beneficio.
	Inflación	La tasa de inflación es un condicionante de expectativas sobre una posible incertidumbre.

	Tasa de interés	Aunque no es un concepto que aparece en la información de los estudios de casos, su relación con la inflación suele ser una mejor aproximación de la percepción de incertidumbre.
Ambiental	Regulación ambiental actual y futura	Las normas en materia ambiental y de sustentabilidad son fuente de preocupación y de posibles decisiones de largo plazo que están influyendo en el presente y condicionando el futuro de las decisiones.
	Manejo de residuos	Las formas de manejar e incluso tratar los desechos de la producción y de sus procesos tanto principales como adyacentes cada vez más están influyendo y condicionando las decisiones.
	Trazabilidad de los productos	La identificación de las características de los insumos desde el punto de vista de su capacidad de dañar o favorecer al medio ambiente, a la biodiversidad o de incidir sobre el cambio climático, y lo mismo para los productos, es también un condicionamiento de decisiones presentes encadenadas con posibilidades de expansión futuras.
	Colaboración con proveedores para la trazabilidad	Los intercambios y alianzas con proveedores para mitigar y favorecer aspectos medioambientales es un factor que comienza a tener importancia como condicionamiento de las decisiones. En particular en la industria alimentaria, la colaboración con los campesinos para que los cultivos y el tratamiento de sus productos respondan a estándares ambientales y de sustentabilidad deseables comienza a ser frecuente.
	Nuevos productos biodegradables o basados en la regulación ambiental	La evolución ambiental exige la generación de nuevos productos, por presiones de la regulación o por la necesidad de la adaptación.
Política	Estado de derecho	La falta o la debilidad de las reglas relativas a las actividades de la empresa en los planos comercial, financiero, laboral son fuente de incertidumbre.
	Inseguridad	La presencia de factores de falta de seguridad en el transporte de insumos o de productos y en el lugar donde está la empresa afectan su operación. La percepción de seguridad presente en el M que figura en las encuestas de inseguridad es un indicador que contribuye a comprender la importancia de estos factores.
Social	Escasez de personal y rotación	La preocupación por la carencia de personal, la dificultad que plantea su excesiva movilidad y el conflicto con otras empresas para contratarlo alteran la estabilidad necesaria para tomar decisiones de largo plazo.
	Salarios	El nivel y la tasa de aumento de los salarios trasmite expectativas de riesgos sobre los costos y la calidad del trabajo que tiene efectos en las decisiones.

	Organización sindical	La presencia o ausencia de organización sindical (OS); el tipo de OS: local, regional, nacional; las posibilidades de intercambio de información y de diálogo de la OS con distintas instancias de la empresa, influencia en la toma de decisiones.
Cultural	Cultura de digitalización	Los elementos para establecer procedimientos, rutinas y hábitos que hagan posible que dispositivos y personal funcionen aprovechando procesos de digitalización están adquiriendo creciente importancia y condicionando decisiones. Al mismo tiempo es preponderante la capacitación y el entrenamiento del personal en las habilidades digitales; estos procesos y sus ritmos también condicionan las decisiones.
	Aspectos macro - culturales	Los comportamientos determinados por la adscripción cultural en términos de género, edad, etnia, preferencias de uso del tiempo libre ocupan un lugar en la valoración de las aptitudes y habilidades del personal que condicionan decisiones.
	Cultura organizacional	Por lo general, las empresas adoptan algunas ideas expresadas en su visión, misión o realización respecto a la importancia de distintos objetivos, a las relaciones interpersonales, a las formas y conexiones de las jerarquías con sus personas trabajadoras o colaboradoras, con sus proveedores y con sus clientes. Estos elementos de la cultura interna son condicionantes de las decisiones.

Fuente: Extraído de Dutrénit *et al.* (2024).

Este marco analítico permite analizar el rol que tiene el contexto en la acumulación de CT. Define las esferas relevantes y especifica los indicadores en cada esfera que es necesario analizar para identificar los efectos sobre la toma de decisiones, así como la matriz de capacidades tecnológicas con transformación digital.

El papel que tienen las CT dentro de la adopción de la I4.0 es fundamental ya que son las habilidades requeridas para usar el conocimiento tecnológico en la empresa, porque les permite tener actividades de innovación, y mejorar su posición en los mercados, por ende, entre mayor nivel de CT, mayor será su posición en los mercados en los que opere, lo que permite, en industrias que tienen mayor nivel de acumulación de CT, poder lograr un avance en la adopción de la I4.0. Sin embargo, para esto pueda darse tienen que existir factores que tanto empresariales y de gobierno para lograr un ecosistema que favorezca a las empresas que desean adoptar la I4.0, ya que no necesariamente todas las empresas tiene que adoptarla,

sería un error generalizar, ya que existen empresas que por sus características no les resulta rentable adoptarla, pero también hay empresas que por sus características y por el entorno en el que se desenvuelven que necesariamente tienen que comenzar con ese proceso de adopción, ya que pueden correr el riesgo de quedar rezagadas tecnológicamente.

Cabe destacar que el entorno, actualmente se refiere al año 2026, está generando un ambiente positivo para las empresas nacionales. El gobierno mexicano ha presentado una iniciativa de Estrategia de Desarrollo Económico, Equitativo y Sustentable para la Prosperidad Compartida – EL PLAN MÉXICO–, en el cual se han planteado una serie de misiones, que van encaminadas al desarrollo a largo plazo del país, de promover la relocalización, de aumentar el contenido nacional y regional (Sustitución de Importaciones), relanzar un programa llamado “Hecho en México”, promover polos de desarrollo y de bienestar, fortalecer el desarrollo científico, tecnológico y de innovación, así como el impulso a la integración del continente (Plan México, 2026).

Para alcanzar estas misiones se plantearon una serie de acciones, las que corresponden a la I4.0 y los sectores estudiados en esta tesis son: 1) Presentación de la Iniciativa de Ley Nacional de Simplificación y Digitalización, 2) Reglas para consumo energético y esquemas de participación privada de generación, y 3) La creación del programa IMMEX 4.0.

El programa IMMEX 4.0 busca consolidar el trámite de Certificación IVA e IEPS (Impuesto Especial sobre Producción y Servicios) con el trámite del nuevo Programa para la Manufactura de Exportación 4.0 dentro de la Secretaría de Hacienda. En el caso de energía buscan aumentar en 22 mil MW la generación de energía para 2030 y un primer portafolio de 100 proyectos de ampliación y modernización de la Red Nacional de Transmisión, así como alcanzar el 54% de participación del Estado Mexicano (Plan México, 2026).

1.4 CONCLUSIONES DE LA REVISIÓN DE LA LITERATURA.

Los avances que se han generado en cuanto a las RT, específicamente para caracterizar a la I4.0, aún se ubican a nivel de un debate, dado que es un concepto relativamente nuevo y es transversal a muchas industrias, esto trae como resultado numerosas definiciones del concepto de acuerdo a la industria en la que se aplique. Sin embargo, las diferentes definiciones traen consigo elementos en común como el uso sistemático e integrado de diversas tecnologías acompañadas de nuevas ciencias como la nanotecnología y biotecnología; también el debate continúa sobre si la I4.0 es una nueva RT o una extensión de las TICs.

En cuanto a las estrategias empresariales, y dentro de ellas las estrategias tecnológicas de adopción, se hace énfasis sobre áreas que deben reforzarse para la formulación de estrategias tecnológicas de adopción como, por ejemplo, la vigilancia tecnológica, la focalización, la adquisición e implementación y el aprendizaje para absorber nuevo conocimiento relacionado a las nuevas tecnologías y la necesidad de estrategias específicas que permitan o habiliten el uso sistemático de nuevas tecnologías con un impacto positivo en la Cadena de Valor de la empresa y que estén alineadas con la estrategia empresarial. También algunos elementos que se han incorporado recientemente debido a la creciente digitalización y automatización a nivel mundial elementos como: la infraestructura digital, el talento digital en los trabajadores, la identificación de sectores estratégicos para adoptar nuevas tecnologías y el establecimiento de hojas de ruta para que las empresas transiten hacia la I4.0 y los factores determinantes en las decisiones de adoptar la I4.0 son elementos que se han incorporado recientemente en el tema de estrategias tecnológicas de adopción.

Sin embargo, este cuerpo de literatura no incorpora en las estrategias tecnológicas de adopción, el tema de las motivaciones, y no identifica que tipo motivación está detrás de cada nivel de digitalización en las empresas, como si todas las razones por las que las empresas adoptan nuevas tecnologías son las mismas, sin importar el nivel de digitalización y el nivel de CT.

En la revisión de la literatura sobre CT, aún no son claras cuales son las CT específicas para la adopción de la I4.0, sobre todo en países en desarrollo. Trabajos recientes adoptan la matriz de Bell y Pavitt para avanzar hacia las especificidades de un entorno con una acelerada transformación digital en una era de la 4RI, en la cual estos trabajos caracterizan las funciones técnicas y organizativas asociadas a niveles de CT. En estas se detallan actividades tanto humanas como organizativas y se destaca que las CT en las empresas se vuelven cada vez más complejas; también se incorporan elementos del contexto que permiten analizar cómo las diferentes esferas inciden en el proceso de acumulación de CT.

Sin embargo, habría que contextualizar al entorno de países en desarrollo ya que algunos de estos trabajos mencionan que para aplicar sus matrices las empresas deben estar en un nivel avanzado de CT, sin embargo, la evidencia empírica muestra que no necesariamente las empresas que buscan adoptar la I4.0 se encuentran en un nivel avanzado de CT, algunas tienen funciones en un nivel innovativo intermedio, otras funciones en avanzado, pero se combinan con funciones que están aún en un nivel más innovativo básico y están iniciando un proceso de sensibilización y adaptación hacia nuevas tecnologías. Estos trabajos tampoco identifican las motivaciones que están detrás de la adopción de nuevas tecnologías.

CAPÍTULO 2. MARCO CONCEPTUAL.

En esta sección, primero se presenta la matriz de alineación teórica- conceptual, la cual muestra de manera resumida: el enfoque, el problema de investigación, la pregunta de investigación, los objetivos, la revisión de literatura y los principales conceptos. En la segunda sección se presentan los principales conceptos y la relación entre ellos, así como la propuesta del proceso de adopción de la I4.0. Estos conceptos son: **motivaciones, estrategias tecnológicas de adopción, capacidades tecnológicas, y entorno.**

2.1 MATRIZ DE ALINEACIÓN TEÓRICA-CONCEPTUAL.

En la tabla 18 se presenta la matriz de alineación teórica – conceptual, la cual muestra el enfoque o los lentes que se utilizaron para llevar a cabo esta investigación. Partiendo desde la base teórica, esta investigación se lleva a cabo desde la corriente teórica de economía evolutiva y cambio tecnológico, que permite o facilita el entendimiento de cómo se lleva a cabo la adopción de la I4.0 en países en desarrollo como México. Para esto se levantan supuesto muy rígidos de la economía neoclásica, la que parte de la idea de que la tecnología está dada para todos los países de la misma manera y que los países en desarrollo son sólo receptores pasivos de tecnología, y que es fácilmente transferible a todas las empresas.

El problema de investigación está enfocado principalmente en analizar cómo actualmente la I4.0 está siendo parte de las nuevas tendencias tecnológicas a nivel mundial, y cómo ciertas industrias son susceptibles a adoptarla dadas sus características como: el entorno en el que se desenvuelven (tanto a nivel nacional como internacional), el tamaño, el nivel de CT, y la convicción o motivación por parte de los directivos y la presión que tienen por adoptarla. En relación a la presión, cabe destacar que, si las empresas se mantienen actualizadas, eso les permite a estas empresas seguir siendo competitivas en el mercado. Sin embargo, la creación y el uso de las tecnologías que se asocian a la I4.0 están centralizadas en economías desarrolladas y las economías en desarrollo adoptan estas tecnologías teniendo un papel más activo en la importación de estas tecnologías y en algunos casos exportando parte de ellas.

Tabla 18. Matriz de alineación teórica- conceptual.

Enfoque	Problema de Investigación	Preguntas de investigación	Objetivo de Investigación	Cuerpos teóricos	Principales conceptos utilizados
Economía Evolutiva y Cambio Tecnológico	La I4.0 está concentrada a nivel mundial en pocas economías desarrolladas. América Latina presenta la tasa de adopción más baja en cuanto a la adopción de nuevas tecnologías La mayoría de las economías en desarrollo (p.e. México) están lejos de convertirse en economías punteras. La estructura innovadora en México presenta varias limitaciones en cuanto a sus CT y organizativas. No se sabe que tan preparadas están las empresas mexicanas para adoptar con éxito las tecnologías de la I4.0	¿Qué tipo de estrategias está utilizando G. BETA para avanzar en el proceso de adopción de tecnologías de la I4.0 dados sus niveles de capacidades tecnológicas? ¿Qué CT son esenciales para hacer un uso integral de las tecnologías de la I4.0 y cómo las están construyendo G. BETA?	Analizar las estrategias para la adopción de las tecnologías de la Industria 4.0, y discutir qué CT se requieren para lograr un uso integral de estas tecnologías	Revoluciones Tecnológicas Estrategia Empresarial Capacidades Tecnológicas	• Motivaciones • Estrategias tecnológicas de adopción • Capacidades tecnológicas • Entorno

Fuente: Elaboración propia.

2.1.1 Principales conceptos utilizados.

Los principales conceptos utilizados en esta tesis son: **motivaciones, estrategias tecnológicas de adopción, capacidades tecnológicas, y entorno**. El concepto de aprendizaje tecnológico y capacidades acumuladas son elementos que se incorporaron como *conceptos puente* entre estrategias tecnológicas y creación de nuevas capacidades. La idea central es que el aprendizaje juega un papel importante dentro de la creación de capacidades, así como en el proceso de acumulación de las capacidades existentes, dado que estos no son procesos lineales ni automáticos. A continuación, se presentan las definiciones de los conceptos utilizados en la investigación.

Motivaciones: La motivación es “el conjunto de razones por las que las personas u organizaciones se comportan de la forma en que lo hacen. El comportamiento motivado es vigoroso, dirigido y sostenido” (Naranjo, 2009:2). En las empresas existen dos tipos de motivaciones: las internas y las externas. Las motivaciones más relevantes son externas: de carácter económico o financiero, y están relacionadas con el beneficio de la empresa. Las motivaciones internas están ligadas a los valores y creencias del personal que conforman la empresa (Bernal-Conesa et al., 2016). Las motivaciones internas y externas vienen dadas por el entorno en el que se desenvuelve la empresa, y dan dirección y objetivo a la estrategia de la empresa. Esta tesis toma estas definiciones.

Estrategias tecnológicas de adopción

De acuerdo a Velásquez & Medellín (2005), la estrategia tecnológica de adopción consiste en políticas, planes y procedimientos para adquirir, gestionar y explotar conocimientos, saberes y habilidades, de origen interno y externo, en beneficio de la empresa. Además, se deriva de la estrategia empresarial, con la cual debe estar en consonancia. Las estrategias tecnológicas funcionan para definir qué tecnologías se quiere adoptar, cómo seleccionar las tecnologías, cómo adquirir tecnologías así como implementarlas. La adopción tecnológica es un proceso que implica aprendizaje organizacional, en el que se ve involucrada la adquisición y el compartimiento de nuevos conocimientos (Álvarez, 2015).

Capacidades Tecnológicas

A partir de Dutrénit *et al.* (2004), las CT se definen como las habilidades para hacer cosas, para hacer un uso efectivo del conocimiento tecnológico y el dominio que se tiene sobre él. Este concepto se refiere a dos dimensiones: un conjunto de conocimientos y el uso de ese conocimiento.

Entorno

En Dutrénit *et al.* (2024) se retomaron las dimensiones propuestas por Freeman (1995), incluyendo en su análisis elementos nuevos como: la esfera política y ambiental, que pueden explicar el comportamiento tecnológico y económico de las empresas.

- **Esfera de Ciencia y Tecnología:** Se refiere a las organizaciones, entidades públicas y subsistemas de la sociedad que se ocupan principalmente del avance del conocimiento.
- **Esfera Económica:** se refiere a aquellas organizaciones y subsistemas de la sociedad que se ocupan principalmente de la producción, distribución y consumo de bienes y servicios.
- **Esfera Ambiental:** Se refiere al comportamiento de individuos, organizaciones y administraciones públicas respecto a la protección del medio ambiente y la biodiversidad.
- **Esfera Política:** Se refiere a aquellos individuos, organizaciones, entidades públicas y subsistemas de la sociedad que se ocupan principalmente del gobierno (regulación).
- **Esfera Social:** Se refiere al grado de desigualdad que hay en la sociedad, en temas como: género, edad, lenguaje, zona geográfica, salarios, entre algunos otros.
- **Esfera Cultural:** Se refiere a las ideas, valores, creaciones artísticas, tradiciones, religiones y costumbres que influyen en comportamiento de los individuos y organizaciones.

En el siguiente apartado se presenta el diseño de cómo se articularon estos conceptos a nivel operacional.

2.1.2 Diseño del marco conceptual.

De acuerdo a las preguntas que dirigen esta investigación, la revisión de los cuerpos teóricos y los conceptos principales definidos en la sección anterior, en el cuadro 24 se muestra el diseño del marco conceptual de esta tesis. Este sirve de referencia para relacionar los conceptos con las preguntas de investigación. El foco son las estrategias y las CT que se asocian a la adopción de la I4.0. El diseño del marco conceptual representa los conceptos utilizados, así como las relaciones entre ellos.

Este marco conceptual surge de manera empírica. Al inicio de esta investigación, la asistencia a diversos foros y ferias tecnológicas acerca de la adopción de I4.0 en las empresas permitió identificar cual era el inicio de la adopción de la I4.0 en diversas empresas y de diferentes industrias. En las conferencias magistrales de dichas empresas que fueron dictadas por los encargados de diferentes áreas de dichas empresas, el punto en común de todas ellas fue que la adopción de la I4.0 inicia con un proceso de sensibilización, es decir, un periodo en la empresa en el cual se define ¿qué es la I4.0? ¿cómo puede ayudar a la empresa? ¿qué beneficios obtendrían? y ¿para qué adoptarla? Es un proceso que requiere un cambio en la cultura de la empresa porque como mostró la evidencia empírica de este caso, la digitalización y la automatización entra en conflicto con la mano de obra.

Es por ello que el primer concepto representa a las motivaciones o razones que impulsan a adoptar la I4.0 en las empresas y que difieren de acuerdo al nivel de digitalización que hay en la empresa y al nivel de CT construidas. Estas motivaciones fueron retomadas de los trabajos de las CEPAL (2020), MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE (2017), del Seminario sobre I4.0 en la Universidad Tecnológica de Querétaro (14/2/2020) y de la Revista México Industry (2021), las cuales fueron descritas en el apartado 1.2.4 y 1.2.5.

Las fases corresponden al nivel de digitalización que se asocia al tipo de estrategia que sigue la empresa, estas son retomadas de Buenrostro (2022), con algunas modificaciones como: la primera y segunda fase se integraron en una sola fase, al igual que la tercera y cuarta fase dado que los elementos en conjunto de estas contienen elementos en común y que se relacionan entre sí y finalmente, las CT que se asocian a cada nivel.

- En un primer nivel básico, las motivaciones están enfocadas principalmente a la actualización y a acceder de manera rápida a la información sobre el uso de las nuevas tecnologías y a buscar vinculación con Centros Tecnológicos y Universidades. Estas motivaciones están de acuerdo al nivel de digitalización, la cual se presenta en un primer momento como una fase preliminar, es decir, en esta fase las empresas tienen un modelo productivo que está basado en las TICs y que cuenta con cierta digitalización como punto de partida y como inicio de la concientización o sensibilización de las nuevas tecnologías, Esto definirá el alcance y los objetivos de la estrategia tecnológica de adopción, que se centra en adquirir algunas tecnologías y realizar cambios en la empresa, mediante el establecimiento de hojas de ruta para que las empresas transiten hacia la I4.0 y se transformen en organizaciones ágiles que aprenden. Esto corresponde a un nivel de CT básicas de Capacidades de reacondicionamiento y preparación, que de igual manera corresponden al nivel más bajo de complejidad tecnológica que implica la integración de tecnologías y operaciones de la 3RI (TICs) y que se prepara para dar comienzo al proceso de transformación digital.
- En un segundo nivel intermedio, las motivaciones están enfocadas en centrar su competitividad en el uso de nuevas tecnologías, en aumentar la calidad de sus productos, en asegurar su posicionamiento en el mercado y en acceder a instrumentos públicos a la innovación. Se relacionan a una fase de digitalización de generación y análisis de la información, la cual consiste en que las empresas cuentan con equipos que contienen sensores y capacidad de conexión que generan información, así como el seguimiento de los procesos que son la base del análisis de la información y que requiere cierta tecnología para almacenarlos como, por ejemplo, el uso de computo en la nube. La estrategia que siguen las empresas es el establecer un modelo de adopción para avanzar en la adopción de la I4.0. Las CT en este nivel son: Capacidad de integración de sistemas y Capacidades de digitalización horizontal y vertical mejoradas. Esto es, que la empresa ya ha adoptado algunas CT y ya pueden establecer redes e integrar datos, así como identificar necesidades críticas en la empresa y pueden beneficiarse de la información obtenida para la toma de decisiones.

- El último nivel avanzado, es el más alto de complejidad tecnológica, y las motivaciones se centran en consolidarse en nichos especializados de su sector, el uso de nuevas tecnologías como distintivo de su oferta de valor y colaborar con empresas a lo largo de la Cadena de Valor para generar alianzas. Se asocia con una fase 2 de digitalización que contiene automatización, flexibilidad, simulación e integración, esto quiere decir, que el uso de nuevas tecnologías permiten el desarrollo de nuevos algoritmos y simulaciones que permiten modificar en periodos muy breves los cambios en la producción debido a los cambios o tendencias en los productos, los mercados, las preferencias o la Cadena de Valor y que posibilitan el uso integral de las tecnologías de la I4.0. La estrategia que siguen es Consolidar el modelo de adopción de la I4.0 basado en un uso integral de las tecnologías en la Cadena de valor de la empresa. Las CT en este último nivel son las CT inteligentes, es decir, implican la optimización y la automatización y que la empresa se encuentre integrada de extremo a extremo y con su cadena de suministro.

En resumen, este marco propuesto de adopción de la I4.0 ve a la I4.0 como un proceso que inicia con motivaciones que son respuestas a preguntas cómo: ¿para qué adoptan la I4.0? y ¿por qué? Estas motivaciones van a diferir de acuerdo al nivel de digitalización con el que cuenta la empresa y estarán detrás de la formulación de qué tipo de estratégica de adopción deben seguir para avanzar en su adopción. Esto quiere decir que las motivaciones darán dirección a la estrategia tecnológica de adopción, que finalmente está relacionada con las CT con las que cuenta la empresa y que permiten identificar cuales necesita para avanzar en la adopción.

A continuación, en la tabla 19, se presenta la propuesta operativa del marco analítico para la adopción de la I4.0. Este marco se utilizará para orientar el trabajo empírico de esta tesis, que se presenta en los capítulos 4-6.

Tabla 19. Marco analítico para adoptar la I4.0.

Motivaciones para adoptar la I4.0	Fase de digitalización en la empresa	Estrategia tecnológica de adopción	Capacidades tecnológicas para adoptar la I4.0
– Mantenerse actualizadas para seguir siendo competitivas. – Asistir a ferias y otras actividades industriales que les permitan informarse de manera rápida sobre las tecnologías de la I4.0. – Tener vinculación con universidades y centros tecnológicos. – Poder generar cambios organizacionales y de producción que les permitan adoptar tecnologías de la I4.0.	Fase preliminar: Digitalización.	Estrategias – Adquirir algunas tecnologías y realizar cambios en la empresa. – Establecer hojas de ruta para que las empresas transiten hacia la I4.0 y se transformen en organizaciones ágiles que aprenden.	Capacidades Tecnológicas Básicas: – Capacidades de reacondicionamiento y preparación.
– Centrar su competitividad en el uso de tecnologías de la I4.0. – Aumentar la calidad de sus productos.	Fases 1: Generación, y análisis de la información.	Estrategias	Capacidades Tecnológicas Intermedias:

– Asegurar su posicionamiento frente a la amenaza de nuevos proveedores. – Generar condiciones para acceder a instrumentos públicos de apoyo a la innovación.		– Establecer un modelo de adopción para avanzar en la implementación de la I4.0	– Capacidad de integración de sistemas. – Capacidades de digitalización horizontal y vertical mejoradas.
– Consolidarse en nichos especializados de su sector – Usar tecnologías como un atributo distintivo de su oferta de valor. – Explotar las potencialidades del aprovechamiento de las tecnologías de la I4.0 – Colaborar con empresas a lo largo de la Cadena de valor para generar alianzas.	Fase 2: Automatización, flexibilidad, simulación e integración	Estrategias – Consolidar el modelo de adopción de la I4.0 basado en un uso integral de las tecnologías en la Cadena de valor de la empresa	Capacidades Tecnológicas avanzadas: – Capacidades inteligentes

Fuente: Elaboración propia a partir de diversos autores.

CAPITULO 3. METODOLOGÍA.

El propósito de este apartado es explicar el diseño de esta investigación. El diseño parte de las preguntas que giran en torno a: ¿qué tipo de estrategias tecnológicas está utilizando G. BETA para avanzar en el proceso de adopción de tecnologías de la I4.0 dados sus niveles de CT? y ¿qué CT son esenciales para hacer un uso integral de las tecnologías de la I4.0 y cómo las están construyendo?, y el objetivo general es analizar las estrategias para la adopción de las tecnologías de la I4.0, y discutir qué CT se requieren para lograr un uso integral de estas tecnologías. Dadas estas preguntas y objetivo general, se requiere una metodología que permita ese nivel de detalle y profundidad de información. De acuerdo a la anterior, esta investigación se basa en una metodología cualitativa, exploratoria y descriptiva, y se seleccionó un diseño de estudio de caso a nivel de empresa.

En este capítulo se aborda el diseño de la investigación, se explica por qué se eligió la metodología del estudio de caso para abordar esta investigación, se describen las características y por qué se seleccionó el caso del G. BETA en particular, se describen la unidad de observación, la unidad de análisis y las fuentes de información, y se explica cómo se analizará la evidencia.

3.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

El diseño de investigación es un conjunto de actividades o planes que se realizan para obtener respuestas a preguntas o problemas de una investigación. Los planes son el esquema o programa completo de la investigación (Kumar, 2011). Este apartado se centra en la descripción del plan para dar respuesta a las preguntas que guían esta investigación, a los objetivos planteados, así como la estrategia elegida para esta investigación y cuáles fueron los criterios para seleccionar el caso en particular.

3.1.1 Características de la investigación.

El diseño y la metodología están condicionadas por los objetivos y las preguntas de investigación, así como por la disponibilidad y el acceso a la información. Esta investigación analiza las estrategias para la adopción de las tecnologías de la I4.0, y discute qué CT se requieren para lograr un uso integral de estas tecnologías.

Para responder las preguntas y alcanzar los objetivos se necesita una metodología que permita capturar información detallada a nivel de empresa, así como explorar y describir fenómenos actuales, como lo es la adopción de la I4.0 en empresas automotrices de autopartes de países en desarrollo como lo es México. Dado que la literatura sobre la particularidad de la adopción de la I4.0 aún es escasa, tanto en temas de estrategias como de CT para este proceso, se necesita una herramienta metodológica que permita ese nivel de exploración a detalle y profundidad.

La investigación **cualitativa** es más apropiada para explorar la variación y diversidad en cualquier aspecto de la vida (Kumar, 2011), esto quiere decir que este tipo de investigación es adecuada para analizar las estrategias y las CT que se necesitan para la adopción de la I4.0. Un estudio de investigación clasificado como un **estudio descriptivo** intenta describir sistemáticamente una situación, problema o fenómeno (Kumar, 2011). En esta dirección, en esta tesis se describe la situación actual del estado de adopción de tecnologías de la Industria 4.0 en países en desarrollo, como lo es México, así como las estrategias y capacidades que giran en torno a ello. El estudio es de tipo **exploratorio** dado que es un fenómeno actual, en el cual se tiene poca información sobre los eventos relacionados. Asumiendo que las preguntas de "cómo" y "por qué" serán el foco de estudio, estas dos condiciones ayudan a distinguir la estrategia para la investigación, en este sentido la más apropiada para esta investigación es el **estudio de caso** (Yin, 2018).

De acuerdo a estas características, esta investigación será del tipo cualitativa, descriptiva, exploratoria y será un estudio de caso a nivel de empresa en México.

3.1.2 Estrategia de investigación: la metodología del estudio de caso.

Este estudio de caso se basa en gran medida en dos fuentes de información principales: entrevistas semiestructuradas a personas clave dentro de la empresa y la observación directa por parte del participante. Una de las fortalezas del estudio de caso es su capacidad para tratar con una variedad de evidencias como: documentos, artefactos, entrevistas y observaciones directas, así como observación de los participantes, más allá de lo que podría estar disponible en un estudio histórico convencional (Yin, 2018). La esencia de un estudio de caso es que trata de iluminar una decisión o un conjunto de decisiones: por qué fueron tomadas, cómo se implementan y qué resultados se obtuvieron (Yin, 2018).

En esta investigación la esencia puede verse reflejada en qué tipo de estrategia tecnológica de adopción está siguiendo el G. BETA, con qué CT cuenta y cómo están construyendo las que complementen a las capacidades acumuladas y que les permita avanzar hacia la adopción de la I4.0. Este estudio de caso va a analizar qué estrategias y CT se requieren en el G. BETA para adoptar la I4.0.

3.1.3 Unidades de observación y análisis.

Como se mencionó en la sección 3.1.1, esta investigación gira en torno a la I4.0, en específico se busca analizar las estrategias para la adopción de las tecnologías de la I4.0, y discutir qué CT se requieren para lograr un uso integral de estas tecnologías. En este sentido tiene su foco en las estrategias y las capacidades que se necesitan para adoptar con éxito a la I4.0.

La unidad de observación es un Grupo Industrial que tiene dos líneas de negocio que operan en dos sectores (eléctrico y automotriz), el cual pertenece a un Conglomerado Mexicano grande y diversificado.

Primero se tenía pensado, que la tesis se iba a enfocar en la línea de negocio automotriz, pero conforme avanzaban las entrevistas, la información recabada mostraba que existía una fuerte complementariedad entre ambas líneas de negocio, por lo que analizar sólo una línea

(automotriz) daría resultados parciales respecto a la adopción de la I4.0, y se tendría un sesgo de omisión por no analizar en conjunto al G. BETA, con sus dos líneas de negocio.

Las unidades de análisis son: la estrategia tecnológica de adopción de la Industria 4.0 y las CT existentes y necesarias para avanzar en este proceso.

El trabajo empírico se enfocó en proyectos de innovación del G. BETA (de ambas líneas de negocio), para observar empíricamente las estrategias tecnológicas de adopción y los niveles de CT con los que cuenta el G. BETA. El enfoque en los proyectos requirió realizar entrevistas a personal de diferentes departamentos o áreas del grupo.

Los criterios para la elección del caso básicamente se centraron en las siguientes características:

- Ser una empresa mexicana multilatina
- Que realice actividades de I+D
- Que hubiera implementado o estuviera implementando con éxito tecnologías de la industria 4.0
- Que perteneciera a CGV
- Que sea proveedora nivel TIER 1 o TIER 2

Con estos criterios se ha seleccionado al G. BETA como unidad de observación para el estudio de caso. Este estudio de caso será individual. Esta empresa es de interés como estudio de caso dado que es de capital mexicano, es multilatina y pertenece a CGV en algunos de sus productos, y dentro de sus actividades busca dar soluciones tecnológicas y ser líder tecnológico en la región. Utiliza tecnologías de la I4.0, y está dentro del grupo de empresas TIER 1 del sector automotriz. Dado que es un estudio de caso, los resultados serán representativos a nivel analítico, pero no a nivel estadístico.

El G. BETA es paradigmático, ya que es un caso exitoso de un grupo que se encuentra en un proceso de adopción de la I4.0. Con sus dos líneas de negocio opera en dos sectores que se consideran clave en el desarrollo del país y son parte de la columna vertebral de la economía

mexicana: automotriz y eléctrico. Dentro del entorno mexicano, actualmente el gobierno en turno (2024-2030) ha presentado una serie de iniciativas que buscan apoyar y consolidar a sectores estratégicos, mediante una iniciativa que se llama EL PLAN MÉXICO. Este plan busca el desarrollo del país, promover la relocalización, e incrementar proveeduría local de más valor, entre otros objetivos. Dentro de estos sectores hay estrategias de fomento industrial, con el trámite del nuevo Programa para la manufactura de Exportación 4.0 dentro de la Secretaría de Hacienda, buscando reducir hasta un 50% el tiempo de arranque de una nueva empresa (Plan México, 2026).

Estas nuevas iniciativas ofrecen un panorama alentador para empresas que estén en proceso de adopción de la I4.0, como lo es el G. BETA, sin embargo, como aún es una iniciativa, no se tienen resultados, pero nos da indicios de hacia dónde se está moviendo el enfoque estratégico nacional.

3.2 FUENTES DE INFORMACIÓN.

De acuerdo a Kumar (2011) existen tres métodos principales de recopilación de datos en la investigación cualitativa (tabla 20), y estos son los que se utilizaron para la obtención de información del G. BETA.

Tabla 20. Métodos de obtención de información.

Método de obtención de información	Descripción
1. Entrevistas semiestructuradas	La recopilación de datos a través de entrevistas semi-estructuradas es extremadamente útil en situaciones en las que se necesita información de profundidad o se sabe poco sobre el área. La flexibilidad permitida al entrevistador en lo que él / ella le pide a un encuestado, ya que puede obtener información extremadamente rica. Como proporciona información de profundidad, esta técnica es utilizada por muchos investigadores

	para construir una investigación estructurada. Usar una guía de entrevista como medio de recopilación de datos. requiere mucha más habilidad por parte del investigador que el uso de una entrevista estructurada. El generar una guía de entrevista ayuda a asegurar la cobertura deseada de las áreas de consulta y comparabilidad de la información entre los encuestados (Kumar, 2011). Dentro de esta investigación esta será la principal fuente de información.
2. Observación del participante	El método de observación es un método de recopilación de datos en el que una persona (normalmente formada) observa los sujetos de un fenómeno y registra información sobre las características de dicho fenómeno. En un estudio observacional, el estado actual del fenómeno se determina no preguntando, sino observando.
3. Fuentes secundarias.	Los estudios de investigación cualitativos y cuantitativos utilizan fuentes secundarias como método de recolección de datos. En la investigación cualitativa, generalmente se extraen descripciones (históricas y actuales) y narrativas. Algunos ejemplos comunes son: censos, registro de estadísticas, encuestas, informes y pronósticos.

Fuente: Elaboración a partir de Kumar (2011, 2023).

En la tabla 21, se muestran las fuentes de información utilizadas, y los propósitos dentro de la investigación; el hecho de utilizar diversas fuentes es una de las principales ventajas del estudio de caso.

Tabla 21. Fuentes de información.

Fuente de información	Informante	Propósito
Entrevistas semi-estructuradas	Directores/Gerentes/encargados de áreas	• Explorar las estrategias implementadas en la empresa asociadas a la I.40. • Identificar las motivaciones que llevan a la empresa a diseñar las estrategias. • Identificar y analizar las CT que la empresa tiene y las que necesita para realizar un uso eficiente de estas tecnologías.
Observación participante	Entrevistador	• Analizar si lo dicho por los entrevistados, tiene lógica con lo observado por el entrevistador.
Fuentes secundarias: Documentos públicos y sitios web.	Publicaciones sobre estrategias tecnológicas Informes Otras publicaciones del G. BETA	• Obtener información adicional acerca de las estrategias implementadas para adoptar la Industria 4.0.

Fuente: Kumar (2011, 2023).

La principal fuente de información de esta investigación son las entrevistas semiestructuradas dirigidas en especial a los directivos o gerentes de la empresa de diferentes áreas y departamentos. El motivo por el cual se seleccionó a ellos en particular es porque realizan actividades que son centrales para la construcción de la estrategia tecnológica de la empresa y para la construcción de CT, como se describe en la tabla 22.

Tabla 22. Actividades realizadas por un gerente.

Actividades realizadas por un gerente	
1.- Planea	• Evalúa el estado actual de la empresa • Establece objetivos • Desarrolla estrategias • Define las condiciones del desempeño • Define presupuestos y objetivos financieros
2.- Organiza	• Bosqueja las actividades requeridas • Determinar las unidades y subunidades necesarias • Delinea responsabilidades y autoridad • Asigna los recursos necesarios
3.- Consigue y desarrolla personal	• Desarrolla un plan de recursos humanos • Consigue personal para el crecimiento • Establece estándares de desempeño • Conduce revisiones de seguridad
4.-Dirige y conduce	• Determina que hay que hacer • Fija criterios de rendimiento aceptable • Revisa y evalúa el avance del trabajo
5.- evalúa y controla	• Establece estándares técnicos y financieros más controles • Verifica la calidad y el avance • Identifica problemas e instituir acciones correctivas

Fuente: Batelle (1988).

Los temas centrales de esta investigación, en los cuales se basaron las entrevistas, se mencionan en la tabla 23. El diseño de la guía de entrevista se describe en la sección 4.4.

Tabla 23. Principales temas abordados en las entrevistas.

Principales temas abordados en entrevistas
Uso / adopción de diferentes tecnologías nuevas: robots, impresión 3D, realidad virtual, big data y aprendizaje automático.
Motivación para implementar estas nuevas tecnologías, estrategia de adopción implementada y CT en la empresa.
Principales tecnologías que utilizan
Ventajas y desventajas para la adopción
Como el entorno incide en la toma de decisiones para adoptar tecnologías de la I4.0

Fuente: Elaboración propia.

La investigación analiza una empresa mexicana. Se realizaron entrevistas a 9 personas, algunas personas fueron entrevistadas en varias ocasiones. Entre las personas entrevistadas se encuentran: Ex Director y Director actual del Centro de Investigación y Desarrollo, gerentes de diferentes áreas, por ejemplo, del sector eléctrico y automotriz, así como el gerente de un clúster y el gerente de producción de una planta.

La tabla 24 muestra al personal entrevistado. Uno de los problemas que se pueden suscitar por el hecho de haber entrevistado a personal de alto cargo es que las opiniones pueden ser parciales y optimistas de los procesos de adopción de la I4.0 y basada en buenas percepciones. Sin embargo, para disminuir este sesgo, dentro de la triangulación de la información, se recurrirá al informante clave, fuentes secundarias e informes de la empresa que están de manera abierta al público dentro de los sitios web del G. BETA y del Conglomerado Mexicano.

Tabla 24. Personal entrevistado.

Entrevistado	Puesto	Antigüedad
1	Ex director del Centro de Investigación y Desarrollo	35 años
2	Director del Centro de Investigación y Desarrollo	38 años
3	Gerente del Sector Eléctrico	33 años
4	Gerente del Centro Técnico	36 años
5	Gerente General de Clúster	28 años
6	Gerente General de la Planta de Puebla	35 años
7	Gerente de producción	12 años
8	Encargado del área de Calidad	7 años
9	Coordinadora de análisis de procesos	3 años

Fuente: Elaboración propia.

El objetivo principal de la obtención de la información, mediante las entrevistas semiestructuradas al personal entrevistado, era recoger información acerca del comportamiento a lo largo del tiempo en la empresa para poder identificar hitos que nos permitieran analizar cómo ha sido su proceso de acumulación de CT, así como esa transición hacia la adopción de la I4.0 en el G. BETA. Todo esto a través de historias contadas por los entrevistados, a los cuales se les pidió que nos contarán acerca de proyectos que ellos consideraban importantes dentro de la historia del Grupo, siempre teniendo en cuenta que no se tocaran temas sensibles o confidenciales de la empresa.

3.3 TRIANGULACIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Para la triangulación de la información se recurre a los informantes claves para corroborar la información obtenida de los demás entrevistados durante las sesiones en zoom o visitas a plantas. Esto también para identificar lagunas en algunos proyectos o hitos que no se habían tratado a profundidad, como parte de una retroalimentación constante.

Esto se realizó a lo largo de la obtención de la información mediante las entrevistas semiestructuradas, así como al término de esta tesis, para minimizar los errores y los sesgos en la información recopilada y analizada.

También como parte de esta triangulación de la información, además de los informantes claves, se recurrió a fuentes secundarias como: el Informe sobre el desarrollo Industrial de la UNIDO (2019) (Organización de las Naciones Unidas para el desarrollo Industrial), así como documentos del Banco Mundial, la Secretaría de Economía y acercamientos empíricos que se han tenido en México, como la visita al Foro de electro movilidad en Santa Fe y la Feria de Industria 4.0 en León Guanajuato.

3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE LOS CONCEPTOS.

El proceso de operacionalización de los conceptos permite crear instrumentos de medida, ya sea indicadores o elementos de observación. Es un proceso que muestra de forma esquemática el contenido de la investigación y garantiza la coherencia entre las variables al analizar y desagregar las características que favorecen la precisión. Sin embargo, es un proceso complejo y todo un reto pasar de elementos abstractos (ideas o definiciones) a elementos medibles u observables (Reguant y Martínez, 2014).

Para iniciar el proceso de operacionalización comenzamos por definir cada elemento que contiene.

- **Concepto:** Es la definición conceptual de la variable que se propone desarrollar y explicar el contenido de la tesis, es una definición abstracta y que permite explicar determinados fenómenos.
- **Dimensión:** Es una propiedad latente del concepto. Existen conceptos que son muy complejos y deben separarse en dimensiones, es decir, en un aspecto relevante que resuma o integre el concepto.
- **Variable:** Es cualquier cualidad o característica de un objeto que contenga al menos dos atributos o características, también puede cambiar o variar y es susceptible a medirse u observarse y puede adoptar distintos valores.
- **Indicador:** Es un elemento observable o información transformable en valores numéricos que permiten realizar operaciones de cálculos, estadísticas y que permiten

describir la realidad estudiada e incluso predecir acontecimientos en términos probabilísticos (Reguant & Martínez, 2014).

- **Pregunta:** Es una interrogación que permitirá la observación o la cuantificación del proceso de operacionalización.

Al final, la operacionalización de los conceptos es equivalente a su definición operacional para usar el concepto a nivel empírico, identificando elementos concretos que permitan medir u observar el fenómeno estudiado. La tabla 25 contiene la definición de cada elemento en la operacionalización de los conceptos.

Tabla 25. Operacionalización de los conceptos.

Concepto	Dimensión	Variable	Indicador
Variable latente Variable conceptual o constitutiva Constructo Constructo hipotético ¹ Concepto teórico	Componente Aspecto Elemento	Variable operativa Definición operacional	Variable observable Variable empírica
La definición conceptual de la variable es la que se propone desarrollar y explicar el contenido del concepto; es la definición de “libro”. Es una entidad abstracta supuesta, bien definida y articulada, que consideramos que existe, aunque no sea estrictamente observable y que sirve para explicar determinados fenómenos (Latorre, del Rincón, & Arnal, 2005). Los conceptos son abstracciones, construcciones lógicas expresadas de manera tal que puedan dar cuenta de un hecho o fenómeno que representan [...] Para que sean científicos, debe existir acuerdo básico acerca de lo que designan, estar definidos con precisión y pertenecer a alguna teoría que, como contexto denotativo, orienta semánticamente su significado y lo hace relevante (Ander-Egg, 1980).	Existen conceptos sumamente complejos que deben separarse lógicamente en dimensiones de naturaleza diferente. Cada dimensión de un concepto es un aspecto relevante que, en conjunto, resumen o integran el concepto teórico. La dimensión es una propiedad latente del concepto, no observable empíricamente.	Es la denominada definición de trabajo, con esta definición no se pretende expresar todo el contenido del concepto, sino identificar y traducir los elementos y datos empíricos que expresan o identifican el fenómeno en cuestión. Cualquier cualidad o característica de un objeto (o evento) que contenga, al menos, dos atributos (categorías o valores), en los que puede clasificarse un objeto o evento determinado. (Cea D’Ancona, 1998) Propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse y de observarse (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006). Característica o cualidad de la realidad susceptible de adoptar diferentes valores, de un individuo a otro o dentro de un mismo individuo u objeto a lo largo del tiempo (Bathiany & Cabrera, 2001). Es el atributo, característica o propiedad cualitativa o cuantitativa que manifiestan las unidades de observación (Grajales Guerra, 1996).	Elemento observable, información transformable en valores numéricos que nos va a permitir realizar operaciones de cálculo, estadísticas, que nos permiten nuevas operaciones para describir la realidad estudiada, comprenderla, explicar e incluso predecir acontecimientos en términos probabilísticos. La medida estadística de un concepto o de la dimensión de un concepto o de una parte de aquella, integrada en un sistema coherente de medidas semejantes que sirve para describir aquello que estamos estudiando.

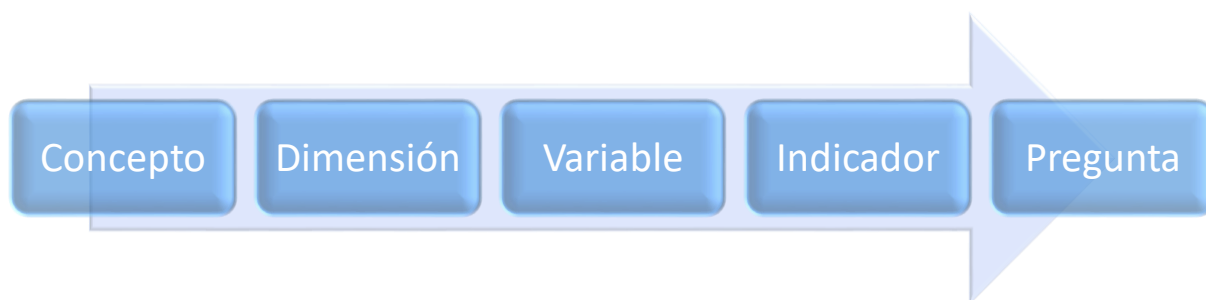
Fuente: Extraído de Reguant & Martínez (2014).

El Proceso de operacionalización

En el proceso de revisión de la literatura y en la construcción del marco conceptual se identifican los conceptos principales: motivaciones para adoptar la I4.0, estrategia tecnológica de adopción, CT para la adopción de la I4.0 y entorno. Una vez definidos

teóricamente, estos se desglosan en dimensiones, o en aspectos específicos que los caractericen (aspectos o dimensiones que son específicos de cada concepto, en este punto aún no es posible observar al concepto de manera empírica). Después se pasa a su definición operacional, es decir, a su variable (en este paso ya es posible observar y medirlo). Esto se realiza mediante un proceso de pasar de lo más general y abstracto hasta llegar a elementos medibles como un indicador observable. La figura 6 ilustra el proceso llevado a cabo.

Figura 6. Proceso de operacionalización.



Fuente: Elaborado a partir de Reguant y Martínez (2014).

En la tabla 26 se presenta la operacionalización de los principales conceptos de esta investigación. Este cuadro de operacionalización fue la base para el análisis de la información, ya que partimos de los principales conceptos y se comenzó un proceso de construcción de elementos abstractos a elementos observables. En un primer momento para el análisis de la información, se identificaron los principales conceptos en cada entrevista, como segundo paso se asociaron citas o párrafos identificados que hablaban sobre esos conceptos (motivaciones, estrategias, CT y esferas del entorno), para después relacionarlos. Una vez relacionados conceptos con citas, se comenzó con la redacción de cómo fue el proceso de acumulación de CT para la adopción de la I4.0. Debido a que las entrevistas fueron semiestructuradas, eso permitió identificar hitos en años específicos en los relatos o historias, y eso ayudó a recrear un panorama general de cómo fue ese proceso de acumulación de CT, es por ello que los resultados se presentaron de manera longitudinal.

Tabla 26. Operacionalización de los principales conceptos en esta investigación.

Concepto	Dimensión	Variable	Indicador	Pregunta
Motivaciones para adoptar la I4.0	Conjunto de razones que son dirigidas y sostenidas.	Motivaciones internas.	Tipo de motivación para adoptar la I4.0. – Económica – Ambiental – Tecnológica	¿Qué mueve a la empresa a querer adoptar la I4.0?
			Nivel de convicción por parte de la dirección para adoptar la I4.0.	¿Qué elementos considera más importantes (p.e. motivos económicos, ambientales, o tecnológicos) a la hora de tomar la decisión de avanzar hacia la adopción de la I4.0 en el Grupo?
		Motivaciones externas.	Nivel de involucramiento por parte de la dirección para adoptar la I4.0.	¿Considera que el grado de involucramiento de la dirección es crucial para adoptar la I4.0? ¿Por qué?
			Nivel de involucramiento en las nuevas tendencias tecnológicas de acuerdo a su sector.	Al ser una empresa multilatin y pertenecer a CGV ¿Los requisitos de las grandes empresas les exigen cumplir con ciertos estándares que los impulsan a avanzar hacia la adopción de la I4.0?
Estrategia Tecnológica de adopción	Relación con la estrategia Empresarial	Alineación entre ambas estrategias	Grado de alineación entre estrategia empresarial y estrategia tecnológica	¿Qué características tiene su Estrategia Empresarial?
				¿Qué características tiene su Estrategia Tecnológica?
				¿Qué relación existe entre ambas, están alineadas?
	Plan de acción hacia la adopción de la I4.0	Existencia de un plan de acción	Periodo (desde cuando existe)	¿Existe un Plan de acción?
				¿Desde cuándo existe?
			Grado de formalidad	¿Qué características tiene?
				¿Ha tenido modificaciones en los últimos 5 años?
	Nuevas tecnologías	Incorporación de robots	Tipos de robots incorporados	¿Qué grado de formalidad tiene, es decir, está escrito dentro algún documento?
				¿Es un documento generalizado para todo el Grupo?
		Incorporación de Inteligencia Artificial (AI)	Grado de implementación en los equipos dentro de la empresa.	¿Han incorporado robots en los últimos cinco años?
				¿Qué uso tienen?
		Incorporación de Big data y análisis de grandes datos	Relación entre incorporación de Robótica e IA	¿Usan inteligencia Artificial?
				¿Qué uso le dan? (p.e. en la recolección de información para la toma de decisiones)
		Incorporación de impresión 3D	Tipos de prototipos diseñados	¿Para ustedes existe relación entre la robótica, la IA y el uso de datos para la toma de decisiones en el Grupo?
				¿Ustedes está utilizando la información y aplicando técnicas de big data y análisis de grandes datos?
		Incorporación de impresión 3D	Tipos de prototipos diseñados	¿Utilizan prototipos?
				¿Para qué se utilizan los prototipos diseñados?
		Incorporación de impresión 3D	Tipos de prototipos diseñados	¿Qué beneficios han tenido a partir de usarlos?

CT para la adopción de la I4.0	Capacidades de readaptación y preparación	Integración de Tecnologías de la Información y Comunicación. (TICs)	Nivel de integración de las TICs en la empresa	¿Qué tecnologías asociadas a las TICs usan en la empresa? (p.e. computadoras con conexión a internet, correo electrónico, plataformas como teams, google meet, uso de redes sociales etc.) Su uso es sistemático en toda la empresa?
			Nivel de habilidades por parte de los trabajadores para usar TICs	¿El personal está familiarizado con el uso de las Tics en la empresa?
				¿Qué nivel considera que tienen los trabajadores en el uso de las TICs en la empresa?
	Capacidades de integración de sistemas	Integración de algunas tecnologías de la I4.0	Nivel de conocimiento sobre la I4.0 en la empresa.	¿Existe un proceso de sensibilización en la empresa para adoptar la I4.0? Se tiene conocimiento en toda la empresa sobre ¿Qué es? y ¿Cómo puede beneficiar su adopción?
			Nivel de integración de algunas tecnologías de la I4.0 en la empresa.	¿Qué tecnologías asociadas a la I4.0 usan en la empresa?
				¿Las tecnologías que usan de I4.0 es en áreas específicas de la empresa?
				¿Qué nivel consideran que tiene en cuanto al uso de tecnologías 4.0, respecto a otras empresas de su mismo sector?
	Capacidades inteligentes	Integración de todas las tecnologías asociadas a la I4.0.	Nivel de integración de la I4.0 en toda la empresa	¿Las tecnologías asociadas a la i4.0 tienen un uso sistemático en todas las áreas de la empresa?
				¿Existe digitalización y automatización en todos los equipos, parecido a una fábrica inteligente?
				¿Requirieron habilidades específicas para usarlas?
				¿Dónde adquirieron esas habilidades?
Entorno	Ciencia y Tecnología	Vinculación con Instituciones de Educación Superior o Centros de Investigación.	Grado de integración con Institutos de Educación Superior o Centros de Investigación.	¿Cuentan con vinculación con Universidades nacionales y extranjeras?
				¿Qué tipo de proyectos desarrollan?
				¿Desde cuándo existe esa vinculación?
	Económico	Vinculación con socios nacionales y extranjeros	Grado de integración con socios nacionales y extranjeros.	¿El contar con socios nacionales y extranjeros representa alguna ventaja?
		Apoyos a la Innovación y Estímulos Fiscales.	Tipo de incentivos a actividades de innovación. (directos e indirectos)	¿Cuentan con incentivos para desarrollar actividades de innovación? ¿Qué tipo de incentivos obtienen (subsídios, deducción de impuestos, etc.)?
		Tamaño del mercado	Nivel de demanda en los mercados donde utilizarán las tecnologías adoptadas (actual y esperada)	De las tecnologías adoptadas, ¿la demanda de las tecnologías utilizadas en este momento va en aumento o se espera que la demanda aumente?
		Rentabilidad	Nivel de costos asociados a la adopción de la I4.0.	¿El costo asociado a la adopción de tecnologías 4.0 representa un obstáculo en su adopción? ¿Cuál considera que es el nivel de incertidumbre que se asocia a la adopción de la I4.0?

	Ambiental	Trazabilidad de los productos	Porcentaje de trazabilidad en la Cadena de Producción.	¿Cuentan con el uso de tecnologías que les permiten generar trazabilidad en sus productos?
				¿Qué papel tiene la trazabilidad para ustedes?
		Creación o uso de nuevos materiales.	Porcentaje de creación y uso de nuevos materiales en el Grupo.	¿Han desarrollado nuevos materiales en alguno de sus sectores?
				¿Las exigencias del entorno los impulsan al uso de nuevos materiales menos contaminantes?
	Político	Inseguridad	Grado de importancia en las decisiones de apertura de nuevas plantas.	¿Cuáles? ¿Por qué?
				¿Qué problemas se asocian al tema de inseguridad para tomar decisiones de expansión del Grupo?
		Inclusión social	Nivel de incorporación de mujeres	¿Qué relación encuentran entre el grado de inseguridad y la adopción de nuevas tecnologías?
				¿Qué porcentaje representan las mujeres en su plantilla?
	Social	Rotación del personal	Nivel de rotación del personal	¿ En qué áreas hay mayor incorporación?
				De acuerdo a las características de los sectores en los que opera ¿Cuáles serían las principales razones por la cuales existe mayor rotación del personal?
		Organización sindical	Tipo de relación con el Sindicato	¿La mayor rotación del personal se da dentro de la misma empresa o por competidores?
				¿Qué papel desempeñaría el sindicato en cuanto a la adopción de nuevas tecnologías?
	Cultural	Cultura de digitalización	Relación entre trabajadores y digitalización	¿Qué problemática han identificado que se asocia a la introducción de digitalización y nuevas tecnologías en el Grupo?
				¿Cómo han tomado los trabajadores la incorporación de la digitalización?
				¿Existe un proceso de sensibilización en cuanto al trabajo colaborativo entre tecnologías y trabajadores?

Fuente: Elaboración propia con base en varios autores.

Esta tabla representa de manera operativa los conceptos principales de la investigación y cómo pasamos de elementos abstractos o ideas, a características, variables, indicadores y por último preguntas que sientan la base de la guía de preguntas semiestructuradas a los entrevistados seleccionados. A continuación, se presenta cómo se analizó la información obtenida de las entrevistas.

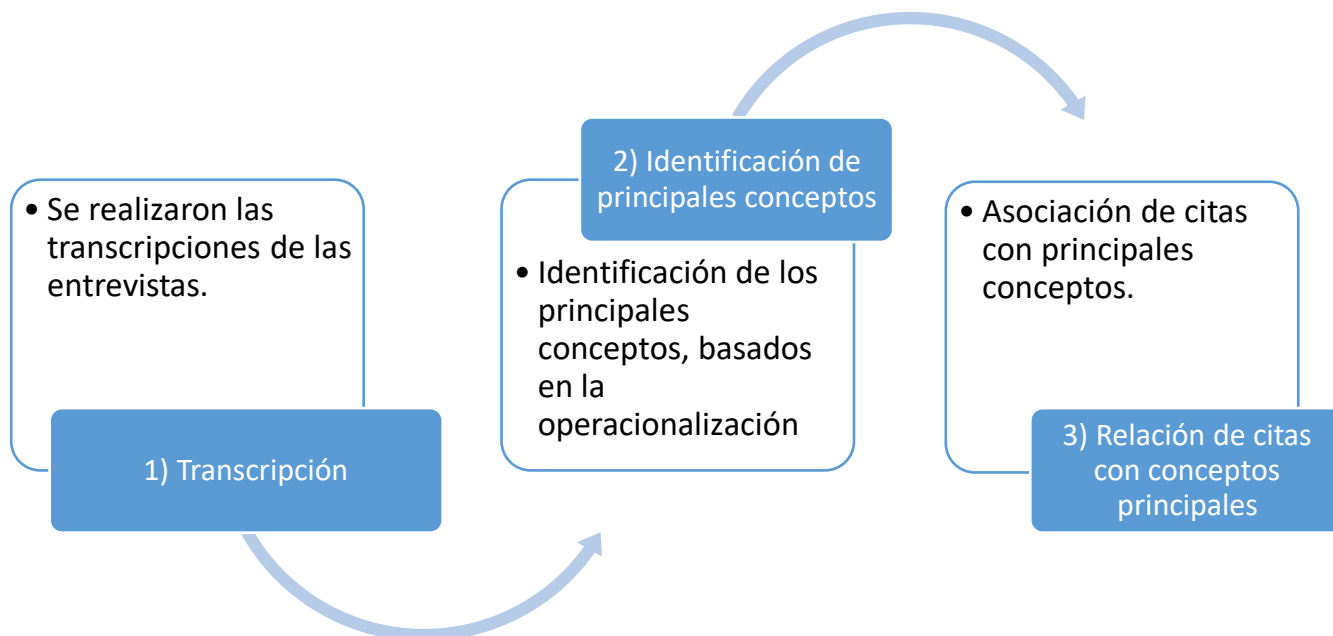
3.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

El proceso de análisis de información parte de la operacionalización de conceptos que permite la elaboración de los instrumentos de medida, convirtiéndolos en indicadores o elementos de observación. Esto permitió la construcción de la guía de entrevista.

La información, como se señaló en el apartado 3.2, se obtuvo de tres fuentes principales: entrevistas semiestructuradas, observación del participante y fuentes secundarias. Para el análisis de esa información, primero se realizaron las transcripciones de las entrevistas, y se realizó la identificación de los principales conceptos. Para esto, el proceso de operacionalización fue clave (sección 3.4), ya que permitió llevar un orden y coherencia en el análisis. Después de la identificación de los principales conceptos en las entrevistas, se asociaron a textos específicos en las entrevistas (ya que con el proceso de operacionalización se permitió segmentar la información y asociarla de acuerdo a sus similitudes), creando categorizaciones de acuerdo a los principales conceptos. Después se dio paso a la creación de pequeñas historias de la información obtenida, y así se pudo analizar los dos periodos identificados en la construcción de sus CT para adoptar la I4.0.

El cuadro de operacionalización tiene un papel fundamental como base para el orden y la coherencia en los resultados, permitiendo pasar de elementos teóricos a elementos observables en los proyectos de innovación del G. Beta (figura 7).

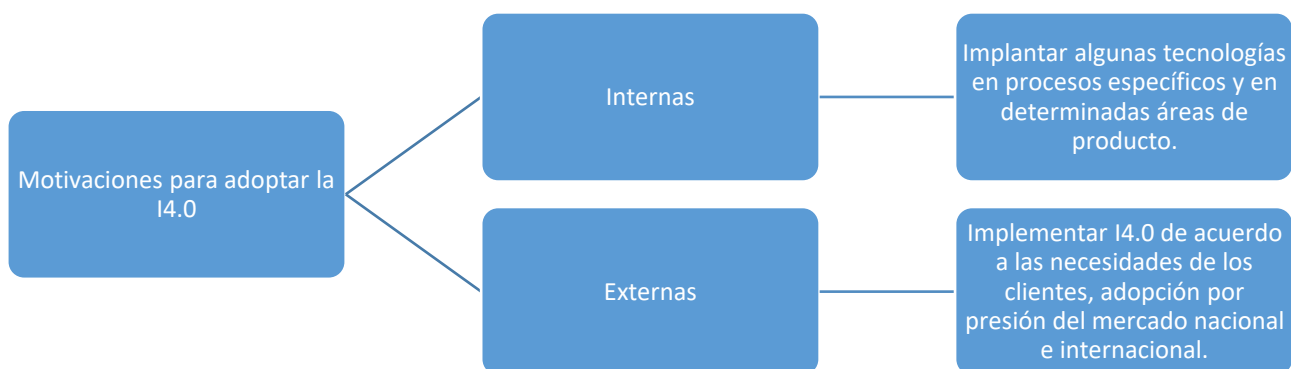
Figura 7. Proceso de análisis de información



Fuente: Elaboración propia.

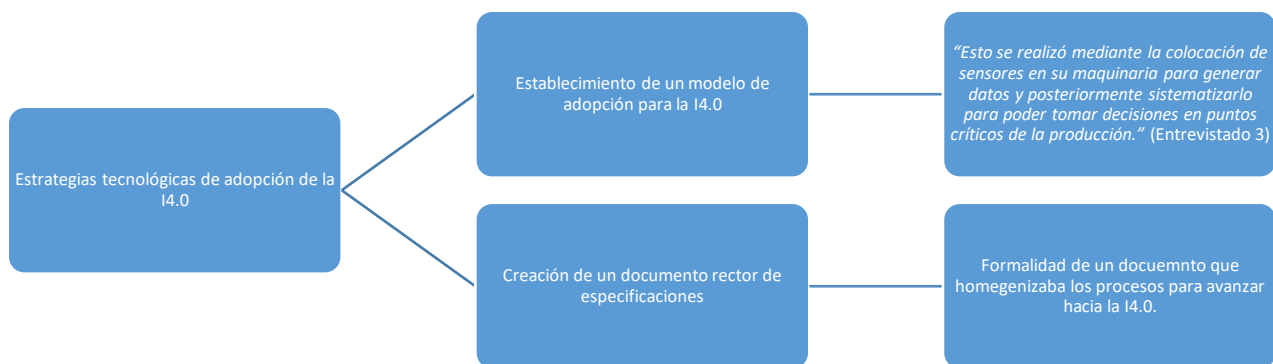
A continuación, se presentan algunos ejemplos de cómo se operacionalizaron los conceptos en la línea eléctrica del nivel intermedio de CT, comenzando con el concepto de motivaciones para adoptar la I4.0 (Figuras, 8-11).

Figura 8. Concepto de motivaciones.



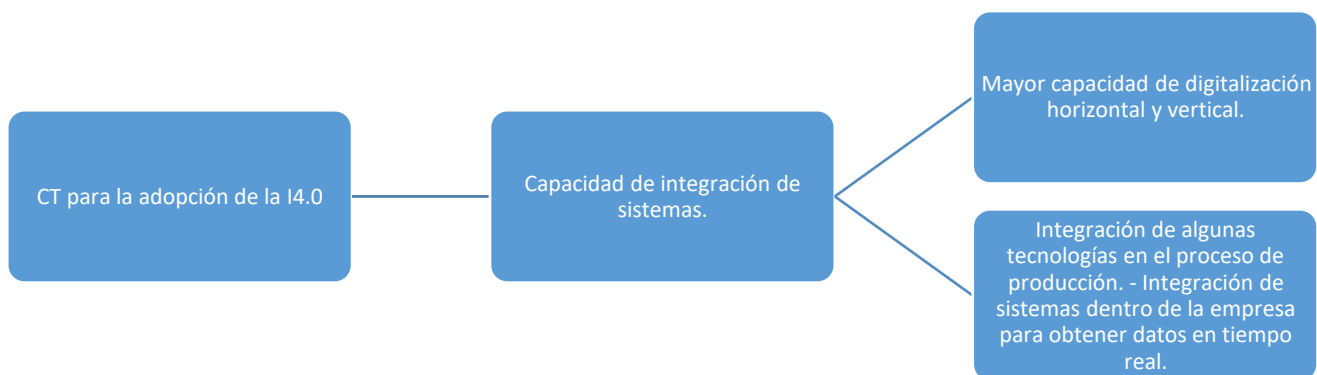
Fuente: Elaboración propia a partir de entrevistas realizadas.

Figura 9. Concepto de estrategias tecnológicas.



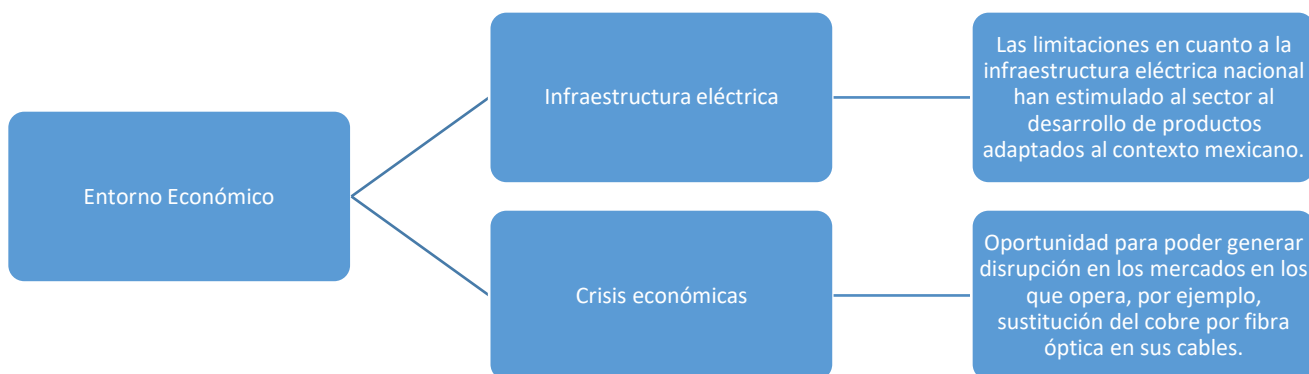
Fuente: Elaboración propia a partir de entrevistas realizadas.

Figura 10. Concepto de CT para la adopción de la I4.0.



Fuente: Elaboración propia a partir de entrevistas realizadas.

Figura 11. Concepto de Entorno económico.



Fuente: Elaboración propia a partir de entrevistas realizadas.

Un punto importante para el análisis de la información es explorar en qué situaciones las nuevas tecnologías complementan o aumentan las CT de la empresa. De manera general, el análisis de la información permitirá conocer las estrategias y estado de adopción y uso de las tecnologías 4.0 en la industria mexicana, así como el nivel de CT con las que cuenta la empresa a analizar.

SECCIÓN II MARCO CONTEXTUAL Y DESCRIPCIÓN DEL CASO.

En esta sección se describe el contexto en el que se estudia la adopción de la I4.0 en las líneas en los que opera el G. BETA (unidad de observación de esta investigación). Esto tiene como objetivo conocer el estado actual y las características del entorno en el que se desarrolla la adopción de la I4.0, lo que permite entender el avance o los obstáculos a los que se enfrenta esta adopción.

En el Capítulo 4 se describe la importancia del sector automotriz y eléctrico dentro de la economía mexicana y se muestran elementos como: la composición de cada sector, cobertura geográfica, principales empresas, empleo, exportaciones y tendencias mundiales en la producción, así como el papel que tiene la I4.0 dentro de estos sectores. La información presentada en esta sección fue obtenida de fuentes secundarias.

En el Capítulo 5 se presenta el perfil del caso de estudio que tiene dos líneas de negocio que operan en estos dos sectores, descritos en el Capítulo 4. En el Capítulo 5 se describe el perfil de la empresa a analizar, con información obtenida de entrevistas semiestructuradas, así como de fuentes secundarias. Se presenta la información descriptiva del caso: su historia, estructura de producción, porcentajes de ventas, cobertura geográfica y adquisiciones, número de empleados, plantas, principales productos y clientes.

CAPITULO 4. MARCO CONTEXTUAL: EL SECTOR AUTOMOTRIZ Y EL ELÉCTRICO.

El G. BETA tiene dos líneas de negocio que se insertan en los sectores automotriz y eléctrico. El objetivo de este capítulo es presentar la importancia de los sectores automotriz y eléctrico para el estudio, así como elementos descriptivos de cada sector, tales como: la composición de cada sector, cobertura geográfica, principales empresas, empleo, exportaciones y tendencias mundiales en la producción.

El sector automotriz y el sector eléctrico pertenecen a la Industria manufactura, es decir, a la actividad económica en la cual se transforman las materias primas en bienes y artículos (INEGI, 2024). La Industria manufacturera comprende unidades económicas enfocadas a la transformación física o química de los materiales con el propósito de obtener nuevos productos (INEGI, 2024).

A nivel global, estos dos sectores tienen un papel muy importante en la economía mundial, ya que son vistos como impulsores para el desarrollo de otros sectores de alto valor agregado. Esto ha provocado que diversos países tengan como uno de sus principales objetivos el desarrollo o fortalecimiento de estos dos, y México no es la excepción, por ejemplo, el sector automotriz ha sido reconocido como un sector estratégico para el desarrollo de nuestro país (SE, 2011:01). Es un sector que promueve la transferencia tecnológica, que fomenta el desarrollo de un ecosistema de manufactura avanzada y sirve como base para el desarrollo de industrias, como la aeronáutica (Bancomext, 2022).

“Este sector forma parte de la columna vertebral de la economía para generar cadenas de alto valor agregado. Para este sector es importante incorporarse a las nuevas tendencias de producción mundial y de tecnología dado el grado de implicaciones que tiene en la economía mexicana.” (Bancomext, 2022:01)

En la década de 1980 México transitó de una economía cerrada a una economía abierta, es decir, se tenía un modelo económico en el que su sistema productivo abastecía al mercado interno y estaba asociado a un nivel bajo de interacción con los mercados internacionales y,

desde la apertura de la economía en 1986-87, con la entrada de México al GATT² en 1986, y la firma del Tratado de Libre Comercio (TLCAN) implementado en 1994, el sistema productivo cambió su orientación para que las manufacturas compitieran internacionalmente (Badilla y Rozo, 2019).

El sector automotriz fue clave al ser un sector dinámico con grandes oportunidades para impulsar el mercado por su nivel de producción y su alto volumen de exportación. La apertura convirtió al sector automotriz en el corazón del modelo de producción manufacturera para la exportación (Badilla y Rozo, 2019).

Con la crisis de 2008 el Gobierno Federal en EEUU implementó medidas de rescate financiero para la reorganización y reestructuración de empresas automotrices como GM, Ford y Chrysler. Esta reestructuración tuvo un papel importante para el sector automotriz mexicano ya que consolidó su papel en las CGV (Badilla y Rozo, 2019).

Actualmente los autos que se fabrican en México son de tipo ligero: autos y camiones, así como vehículos compactos y subcompactos que se clasifican con un mediano nivel tecnológico, las tecnologías utilizadas principalmente son tecnologías maduras con alto grado de estandarización (Badilla y Rozo, 2019).

Un obstáculo que podría enfrentar este sector en el mediano plazo, es que los autos con estas características podrían volverse obsoletos por el avance en las nuevas tecnologías, un ejemplo sería el caso del Tsuru de Nissan³ (Badilla y Rozo, 2019).

Por otro lado, en el caso del sector eléctrico, la importancia radica en el abastecimiento de energía, en el desarrollo, la producción y la distribución de la energía en una economía, en alcanzar un dinamismo económico que garantice que todos los sectores productivos cubran

² Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio

³ El caso de este automóvil es interesante ya que llegó a tope de su ingeniería y dejó de producirse en mayo de 2017 y de venderse en el 2020, debido a la entrada en vigor de la nom-194 que exigía que todos los automóviles debían contar con bolsas de aire y frenos ABS, como no fue posible de incorporarlas en el Tsuru, salió del mercado.

sus demandas energéticas y de transitar al uso de energías que permitan la reducción de emisiones contaminantes, en el cual, el sector eléctrico, tiene un papel fundamental (SENER, 2018).

Este sector puede llegar a ser un detonador en otras ramas de la economía, como en la transmisión y transformación de la electricidad, así como en las actividades vinculadas a este sector, por ejemplo, en la construcción de nuevas instalaciones, que generen energía limpia y de calidad y que aseguren precios competitivos. La incorporación de este sector en las tendencias de producción global y de tecnología representan un avance en la creación de energías más limpias y de reducción de contaminantes.

4.1 EL SECTOR AUTOMOTRIZ.

El sector automotriz en México ha crecido a un ritmo acelerado a partir de la década de 1990, con esto, el sector se convirtió en una plataforma de exportación regional. México ha llegado a ser junto con Canadá uno de los dos principales proveedores de autos completos y de autopartes para el mercado de Estados Unidos (Álvarez, 2020).

Este sector ha generado CT que también encuentran aplicación en otros sectores, como son el eléctrico, electrónico y aeroespacial y que, a su vez, han propiciado la generación de cuadros técnicos especializados (SE, 2013).

4.1.1 Datos Básicos del sector.

Algunos datos relevantes sobre el sector automotriz en México:

- Es un sector que en las últimas décadas (1993-2023) superó en crecimiento anual a industrias que se consideraban estratégicas, como se muestra en la tabla 27.

Tabla 27. Crecimiento promedio anual de sectores estratégicos (1993-2023).

Industria	Crecimiento promedio anual
Automotriz	5.1%
Autotransporte de carga	3.8%
Servicios inmobiliarios	2.6%
Industria alimentaria	2.2%
Servicios educativos	1.1%
Edificación	0.8%

Fuente: Elaboración a partir de INEGI, 2024.

De acuerdo a la INEGI (2024), en 2023 el sector automotriz:

- Aportó 4.6% al PIB total de la economía
- Se ubicó en el tercer lugar entre los 78 sectores que componen a la economía mexicana
- Aportó un 21.7% al PIB de las Industrias manufactureras, esto representó más de una quinta parte de la producción manufacturera de la economía mexicana.
- La producción principalmente se encuentra en el centro y norte del país, en estados como: Coahuila, Nuevo León, Puebla, Ciudad de México, Aguascalientes y Guanajuato (ver figura 4).
- Generó casi un millón de empleos, del cual 37% fueron ocupados por mujeres.
- La adquisición de sus insumos impacta de manera positiva a otras actividades económicas: productos de plástico, transmisiones, componentes electrónicos, productos de hierro y acero, entre otros.
- Las remuneraciones mensuales promedio fueron de \$21, 900 pesos en 2022 superando a otras industrias manufactureras.

Actualmente, México cuenta con 21 plantas automotrices ensambladoras, estas se encuentran distribuidas en todo el país, por ejemplo, en Baja California, Sonora, Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, Aguascalientes, Hidalgo, Jalisco, Guanajuato, Estado de México, Puebla y Morelos (MÉXICO Mexico Industry, 2025). Cuenta con 30 fabricantes de autopartes, entre

ellas se encuentran: Aptiv, Yazaki, Lear Corporation, Magna Internacional, Robert Bosch, ZF Group, Continental, Valeo, Denso, Aisin, Forvia, Autoliv, Adient, Gestamp, Martinrea, Flex-N-Gate, Dana Incorporated, entre otras (Metalmecanica, 2025).

4.1.2 Cadena de Valor del sector automotriz.

De acuerdo a la INEGI, (2024:21) la definición de la Cadena de Valor es:

“Las cadenas de valor se refieren a las interacciones productivas que tiene la industria automotriz con otras actividades económicas, es decir, muestran cómo la producción de una industria es utilizada como insumo en otras industrias, lo cual permite analizar la estructura productiva, la composición de insumos nacionales e importados y el destino de la producción.”

Esto quiere decir que las Cadenas de Valor son todas aquellas integraciones que tiene este sector con las demás actividades económicas en otros sectores. En la tabla 28 y 29 se muestran los principales proveedores y clientes dentro de su Cadena de Valor.

Tabla 28. Principales proveedores del sector automotriz.

Principales proveedores
Fabricación de partes para vehículos automotores
Fabricación de productos de plástico
Fabricación de motores de combustión interna, turbinas y transmisiones
Fabricación de componentes electrónicos
Industria básica del aluminio
Fabricación de productos de hierro y acero
Fabricación de equipo de generación y distribución de energía eléctrica
Fabricación de otros productos metálicos
Fabricación de otros equipos y accesorios eléctricos
Industria básica del hierro y del acero

Autotransporte de carga general
Fabricación de carrocerías y remolques
Fabricación de productos de hule
Maquinado de piezas y fabricación de tornillos
Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica

Fuente: INEGI, 2024.

Tabla 29. Principales clientes del sector automotriz.

Principales clientes
Demanda intermedia
Fabricación de automóviles y camiones
Fabricación de partes para vehículos automotores
Autotransporte de carga general
Reparación y mantenimiento de automóviles y camiones
Fabricación de carrocerías y remolques
Fabricación de otros equipos y accesorios eléctricos
Fabricación de equipo aeroespacial
Fabricación de accesorios de iluminación
Alquiler de automóviles, camiones y otros transportes terrestres
Fabricación de otro equipo de transporte
Transporte colectivo foráneo de pasajeros de ruta fija
Alquiler sin intermediación de bienes raíces
Demanda final

Consumo de los hogares
Exportaciones

Fuente: INEGI, 2024.

4.1.3 Exportaciones de la industria automotriz.

Los principales destinos de las exportaciones fueron: EE.UU. con un 85.1%, Canadá con un 5.8% y Alemania con un 3.6%. México se ha consolidado como el séptimo productor de vehículos y ocupando el cuarto lugar como el mayor exportador (Mexico Industry, 2025). En la tabla 30 se muestran los principales productos exportados.

Tabla 30. Principales productos exportados.

Productos	Porcentajes
Automóviles de turismo y demás vehículos automóviles diseñados principalmente para el transporte de personas (excepto los de la partida 87.02), incluidos los del tipo familiar ("break" o "station wagon") y los	31.9
Partes y accesorios de vehículos automóviles	22.1
Vehículos automóviles para transporte de mercancías.	21.0
Tractores	7.5
Juegos de cables para bujías de encendido y demás juegos de cables de los tipos utilizados en los medios de transporte.	6.0
Partes identificables como destinadas, exclusiva o principalmente, a los motores	3.1
Remolques y semirremolques para cualquier vehículo; los demás vehículos no automóviles; sus partes.	2.4
Motores de émbolo (pistón) alternativo de los tipos utilizados para la propulsión de vehículos del Capítulo 87.	2.3
Los demás aparatos de alumbrado o señalización visual.	1.5
Motores de los tipos utilizados para la propulsión de vehículos	0.8

Muelles (resortes), ballestas y sus hojas, de hierro o acero	0.4
Cerraduras de los tipos utilizados en vehículos automóviles.	0.3
Las demás guarniciones, herrajes y artículos similares, para vehículos automóviles	0.2
Carrocerías de vehículos automóviles de las partidas 87.01 a 87.05, incluidas las cabinas	0.2
Asientos de los tipos utilizados en vehículos automóviles.	0.2
Resto	0.1

Fuente: INEGI, 2024.

En cuanto a las importaciones, estas provenían principalmente de EE.UU (47.7%), de China un 16.7% y de Japón un 6.9%. El principal socio comercial en cuanto exportaciones e importaciones es EE.UU.

4.1.4 Las CGV y los niveles de proveeduría.

Este sector opera bajo CGV esto quiere decir que existe una fragmentación de la producción y de las actividades para producir un bien y esta se da en diferentes posiciones geográficas a través de cadenas globales, esto representa la más reciente manifestación de integración económica mundial. Así, las CGV han fomentado una mayor especialización, y, por tanto, un uso más eficiente de recursos con respecto a una situación en la cual la totalidad del proceso productivo se llevará a cabo en un solo país. Así, las CGV han tenido efectos positivos sobre la productividad en los distintos países que las integran, así como sobre sus niveles de bienestar (Banxico, 2017). Montalbo y Pietrobelli (2018) mencionan que existe una relación positiva entre la participación en actividades internacionales y el desempeño de las empresas, lo que lleva a pensar que la posición dentro de las CGV si importa ya que ofrece un potencial relevante para flujos de conocimiento y aprendizaje que elevan la productividad.

Dentro del sector automotriz la industria de autopartes es importante por su influencia en la reorganización espacial de las CGV y por el peso que tiene en términos de producción e I+D

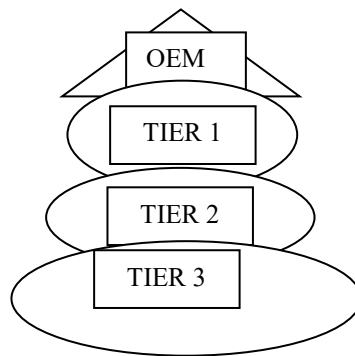
(Lampon, 2018). En México, la industria de autopartes cuenta con un total de 1,500 empresas fabricantes, de las cuales 1,200 son extranjeras y 300 son nacionales, entre las cuales se encuentran empresas proveedoras TIER 1 y TIER 2 para las OEM (Badillo, 2020). Estas empresas han construido CT a diferentes niveles de innovatividad (Carrillo, 2004).

En cuanto a los niveles de proveeduría, estos se distinguen según su grado de integración con las empresas ensambladoras. Los proveedores se clasifican en diferentes niveles: los proveedores directos de la industria terminal (primer nivel), reconocidos internacionalmente bajo la denominación TIER 1, son las más integradas y proveen partes.

Las TIER 1 proponen a las ensambladoras proyectos de innovación conforme a su especialización. Los proveedores del primer nivel (TIER 1) se ocupan de la integración de sistemas para abastecer módulos ya ensamblados directamente a la cadena de montaje del ensamblador. Es importante manifestar que este tipo de proveedores, generalmente utilizan una estrategia del tipo “*justo a tiempo*” para hacer llegar sus productos a los ensambladores. (CamBioTec, 2018).

Las empresas TIER 2 y 3 son proveedoras de partes con diseños suministrados frecuentemente por las TIER 1, usualmente suministran productos básicos y partes individuales. Las TIER 2 proveen de componentes a las TIER 1, mientras que las TIER 3 abastecen a las TIER 2. Los proveedores de segundo y tercer nivel abastecen productos relativamente de menor valor agregado (CamBioTec, 2018). La figura 12 muestra los niveles de proveeduría.

Figura 12. Niveles de proveeduría.



Fuente: Secretaría de Economía, 2013.

México participa en varias CGV, muchas de ellas corresponden al sector automotriz. Dentro de las CGV existen actividades que generan diferentes grados de Valor Agregado, ya sean de pre producción como, por ejemplo: I+D, diseño, logística de compra, que se asocian a actividades intangibles y con mayor Valor Agregado, al igual que las de post producción como: logística de distribución, marketing y servicios, y la etapa que tiene menos aportación es la tangible como: el ensamble (Badillo, 2020).

En los últimos años México se ha convertido en un gran polo para el desarrollo del sector y de las autopartes convirtiéndose en un gran atractivo para las grandes empresas (Nava, 2019).

4.1.5 El sector automotriz y la I4.0: tendencias.

La I4.0 se está difundiendo ampliamente a nivel internacional, en el sector industrial y de servicios. Está generando cambios como: nuevos tipos de empleo, y se están demandando nuevas habilidades y aptitudes. A nivel de empresas, se está asociando con mejoras en la productividad, rapidez en la información y mejora en la toma de decisiones en tiempo real, esto, ayudando a mejorar la gestión de los procesos, así como contribuyendo a una mejor coordinación entre las cadenas productivas (Martínez et al., 2020).

Todos estos cambios generados han ayudado a la difusión de la I4.0, lo cual se profundiza porque es transversal a muchos sectores productivos. Aunque hay que destacar que aún no hay un modelo industrial hegemónico que sea aplicable a todos los sectores. En algunos como

el automotriz, que combina procesos automatizados con procesos manuales y repetitivos, se pueden poner en operación varias de las tecnologías que se asocian a la I4.0 (Martínez et al., 2020).

En el sector automotriz la automatización siempre ha estado en el centro de la discusión y ahora es un actor importante en la adopción de la I4.0. Las promesas de disminuir los costos de producción y asegurar la calidad de los productos es un atractivo para las empresas. Pero aún los estudios a nivel de empresas son limitados (Martínez et al., 2020).

El sector automotriz es muy dinámico, es por ello que debe ser ajustado a las tendencias de producción de la Industria 4.0, las cuales son la digitalización, integración y personalización de sistemas y procesos (Guajardo et al., 2019). En México existen plantas de manufactura en el sector automotriz, aeroespacial y electrónica, en los cuales sus operaciones son un ejemplo de buenas prácticas para organizaciones a nivel mundial. Esto se debe a su nivel de madurez operacional, lo cual se puede traducir en grandes oportunidades para avanzar en la adopción de la I4.0 (Zefarra y Pérez, 2018).

Actualmente el sector automotriz está transitando a transformaciones que están relacionadas con la sostenibilidad, digitalización y una presión por tener una producción más eficiente e innovadora. Esto representa una oportunidad para México para poder ser un referente en la región. Empresas armadoras están impulsando 4 tendencias en el sector para 2026 (México Industry, 2025):

(1) Descarbonización y sostenibilidad.

Implementación de procesos que disminuyan la huella de carbono, por ejemplo, el uso de hornos eléctricos en la pintura para autos, lo que paulatinamente disminuirá el uso de combustibles fósiles y favorecerá la transición a fuentes de energía renovables acompañadas de una estrategia de economía circular.

(2) Cadenas y proveedores sostenibles.

Los proveedores tienen un impacto positivo en sostenibilidad evaluando y promoviendo a través de sus programas de sostenibilidad en la Cadena de Suministro.

(3) Capital humano -motor de la industria-

El sector automotriz necesita una diversidad de talento humano, desde especialistas que se enfoquen en desarrollar tecnologías hacia la electro movilidad, software, química, eléctrica y nuevos materiales, así como maquinistas y ensambladores, es por ello que se necesita el impulso al desarrollo de trabajadores de distintas especialidades.

(4) Digitalización e inteligencia artificial.

La digitalización y la inteligencia artificial son elementos fundamentales para iniciar un proceso de transformación en este sector. La adopción de estas tecnologías permitirá modernizar las plantas de producción y ofrecer autos conectados e inteligentes. Uno de los beneficios que ofrecen estas tecnologías es la optimización de sus operaciones para mejorar la eficiencia, reducir sus tiempos de producción y mejorar su toma de decisiones basadas en estrategias (Mexico Industry, 2025).

Estas son algunas de las tendencias tecnológicas y ambientales que vienen para los próximos años en el sector automotriz. Esto podría ser también parte de que este sector sea uno de los que han adoptado tecnologías 4.0. ya que al ser un sector global que está inserto en CGV y varios de los eslabones de esta cadena se encuentran en países en desarrollo, el fomentar mejoras en sus industrias podría darse mediante la adopción de tecnologías asociadas a la I4.0 ya que México es conocido por ser una de las principales plataformas de producción automotriz a nivel mundial en conjunto con China y Brasil (Villavicencio y Amaro, 2024). La importancia del sector automotriz y de sus CT son un pilar para la adopción de tecnologías de la I4.0, para mantener un alto nivel de competitividad.

La recopilación, el análisis y el intercambio de datos es clave para mejorar el rendimiento en toda la cadena de suministro y requieren la adopción de las tecnologías I4.0 más avanzadas. Los avances en automatización, inteligencia artificial y análisis de datos han dado lugar a una

revolución en los procesos de producción, lo que se traduce en una mayor eficiencia en los recursos y las operaciones. Además, la adopción de tecnologías I4.0, como el análisis de big data, el IoT y la nube, permite gestionar grandes cantidades de datos de forma estratégica, agilizando los procesos y reaccionando rápidamente a la volatilidad de la demanda mediante el intercambio de información clave con las partes interesadas de la cadena de suministro.

De hecho, las empresas del sector automotriz están adoptando cada vez más las tecnologías I4.0 para mantener y perseguir su ventaja competitiva en el mercado y adaptarse a los continuos cambios en sus operaciones. Sin embargo, sigue habiendo incertidumbre en cuanto a los costos y los resultados de la adopción de tecnologías I4.0, especialmente para apoyar nuevas estrategias (Piepoli *et al.*, 2024).

4.2 EL SECTOR ELÉCTRICO.

El sector Energético en México (del cual se deriva el sector eléctrico) hoy en día presenta una gran transformación debido a las reformas aprobadas durante la administración 2012-2018. Se permitió la apertura a la inversión nacional y extranjera, tanto en la industria de hidrocarburos como en la eléctrica, con el fin de promover la participación de cadenas productivas nacionales en el sector energético (SE, 2023). Esto ha creado expectativas favorables para el mercado de la energía y electricidad en México, y se esperaba que ofreciera oportunidades para el mercado eléctrico en el país (Metalonia, 2015).

En documentos como “Prospectiva del Sector Eléctrico 2018-2032” se muestran las principales variables de planeación para el mediano y largo plazo, así como las posibles áreas de oportunidad para nuevas inversiones, que llevarían a un mejor desarrollo y modernización del sector (SENER, 2018). Esta expectativa se fundamentaba en que los Planes, Programas, Estrategias y documentos de prospectivas muestran que el sector Eléctrico de México es un referente internacional y estratégico para el desarrollo de la economía del país (SENER, 2018:15).

4.2.1 Datos básicos del sector.

El sector eléctrico constituye la columna vertebral del desarrollo económico del país (DATA México, 2025). El mercado eléctrico en México no se caracteriza por tener muchas empresas de capital nacional. Hay empresas de capital mexicano (Condumex, Conductores Monterrey o Viakon) que son líderes en el mercado del sub- sector de conductores de electricidad y cables eléctricos (Metalonia, 2015:03), y existen otras empresas extranjeras que también tienen una buena posición en el mercado (Simón Eléctrica y Temper) y otras que cuentan con filial para la distribución comercial en su mayoría por medio de importaciones (Metalonia, 2015).

4.2.2 Los planes y programas de las últimas administraciones.

El Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, el Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018 y el Programa Sectorial de Energía, establecieron objetivos, estrategias y líneas de acción para el fortalecimiento del sector, las cuales se presentan en la tabla 31.

Tabla 31. Programas que Orientan el Sector Energético.

Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018	Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018	Programa Sectorial de Energía
1) Establece en su objetivo 4.6. Se debe de abastecer de energía al país con precios competitivos, calidad y eficiencia a lo largo de la cadena productiva. 2) En la Estrategia 4.6.2 se estipula que, para asegurar el abastecimiento racional de energía eléctrica a lo largo del país, se debe impulsar la reducción de costos en la generación de energía eléctrica para que disminuyan las tarifas,	1) Establece que, para lograr asegurar el desarrollo óptimo de la infraestructura para contar con energía suficiente, de calidad y a precios competitivos, se debe de desarrollar la transmisión de electricidad, como estrategia, que permita el máximo aprovechamiento de los recursos de generación y	1) Contiene los objetivos, prioridades y políticas que regirán el desempeño de las actividades del sector energético del país. Contiene estimaciones de recursos y determinaciones relativas a diversos instrumentos y responsables de su ejecución. 2) Dentro de los múltiples objetivos del PROSENER, se encuentra el ampliar la utilización de fuentes de energías limpias y renovables, promoviendo la eficiencia

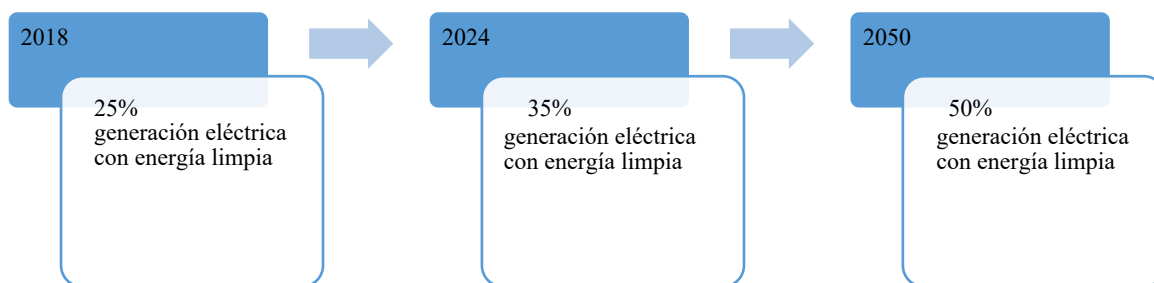
además de otras líneas de acción.	la atención de la demanda.	energética y la responsabilidad social y ambiental.
-----------------------------------	----------------------------	---

Fuente: Extraído de SENAR (2018).

Cada uno de estos Programas establecen una serie de instrumentos de Planeación de Política Nacional de Energía, en materia de energías limpias y eficiencia energética, lo cual es la base para el fortalecimiento del sector.

La Estrategia de Transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios, tiene como objetivo satisfacer mediante un portafolio de alternativas, entre las cuales están la eficiencia energética y la creciente generación de energías limpias con viabilidad económica. Se plantearon metas para la generación eléctrica con energías limpias para 2050 mejorando la productividad energética (figura 13).

Figura 13. Estrategia de transición para la generación eléctrica con energía limpia.



Fuente: SENER, 2018

La generación de energía se concentra en el carbón con 38%, seguida de fuentes renovables con un 25%, después con un 23% de gas natural, 10% nuclear y un 4% derivados del petróleo (SENER, 2018). Es por ello la importancia de la transición y modernización del sector para llegar a la meta de 50% de generación con energía limpia en 2050.

Sin embargo, en 2018 la capacidad efectiva de generación de la CFE y del resto de los permisionarios conectados a la red alcanzó un valor de 70,053 MW.

“El consumo de energía eléctrica fue de 317,278 GWh, de la cual 51% se produjo con tecnología de ciclo combinado, 13.2% térmica convencional (vapor), 10.2% hidroeléctrica, 9.2% carboeléctrica, 4.3% nucleoelectrica, 3.9% eoloeléctrica y el 8.2% restante con otras fuentes. En ese sentido, la generación bruta por fuentes limpias fue del 23.2 %, por lo tanto, no se alcanzó la meta establecida en la LTE del 25%. ” (SENER, 2020)

Para siguiente administración, los objetivos del Programa Sectorial de Energía se describen en la tabla 32.

Tabla 32. Programa Sectorial de Energía 2020-2024.

Objetivos prioritarios del Programa Sectorial de Energía 2020-2024
1.- Alcanzar y mantener la autosuficiencia energética sostenible para satisfacer la demanda energética de la población con producción nacional.
2.- Fortalecer a las empresas productivas del Estado mexicano como garantes de la seguridad y soberanía energética, y palanca del desarrollo nacional para detonar un efecto multiplicador en el sector privado.
3.- Organizar las capacidades científicas, tecnológicas e industriales que sean necesarias para la transición energética de México a lo largo del siglo XXI.
4.- Elevar el nivel de eficiencia y sustentabilidad en la producción y uso de las energías en el territorio nacional.
5.- Asegurar el acceso universal a las energías, para que toda la sociedad mexicana disponga de las mismas para su desarrollo.
6.- Fortalecer al sector energético nacional para que constituya la base que impulse el desarrollo del país como potencia capaz de satisfacer sus necesidades básicas con sus recursos, a través de las empresas productivas del Estado, las sociales y privadas.

Fuente: SENER (2020).

El objetivo del Programa Sectorial de Energía 2020-2024 consiste en el rescate integral del sector energético. La política energética nacional establece su planeación a corto, mediano y largo plazo. El sistema energético, además de constituir un sector económico, es la base de toda actividad económica, social, cultural y de la vida humana cotidiana. La planeación estratégica de la energía considera dos fases: una primera fase de rescate inmediato del sector durante el periodo 2019-2021 y una segunda fase de planeación para la consolidación de México como potencia económica, energética e industrial, con un horizonte de planeación 2021-2024 (SENER, 2020).

4.2.3 Generación, Transmisión y Distribución de la Energía Eléctrica en México.

La generación eléctrica es la cantidad real de energía eléctrica producida durante un periodo específico, lo cual está en función de la demanda, las condiciones operativas y la disponibilidad de los recursos (PLADESE, 2025).

La generación de energía eléctrica en México es diversa, ya que existe participación de tecnologías limpias como: cogeneración eficiente y bioenergía y energías convencionales como: ciclo combinado y termoeléctrica convencional (SENER, 2018). La Secretaría de Energía (SENER) es la facultada para establecer, conducir y coordinar la política energética del país (CENACE, 2022).

De la electricidad generada en 2024, el 76.6% proviene de energías convencionales y el 23.4 % de tecnologías limpias. La tabla 33 presenta la generación neta inyectada por tecnología en 2024, esta no considera la generación distribuida, es decir, la energía proveniente de Centrales Eléctricas que no requieren permisos para generar energía eléctrica. Ni las de autoabasto local.

Tabla 33. Generación neta inyectada por tecnología en 2024.

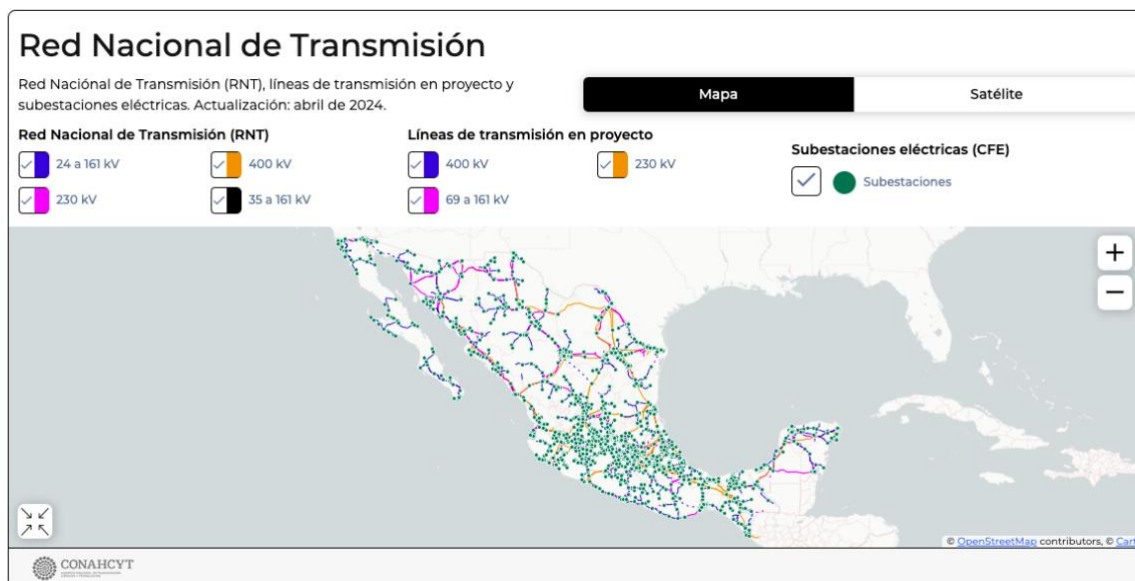
(Gwh)	2024
Carboeléctrica	12,968
Térmica convencional	28,228
Combustión interna	3,847
Turbogas	12,017
Ciclo combinado	212,819
Nucleoeléctrica	11,978
Cogeneración eficiente	3,912
Hidroeléctrica	23,800
Geotérmica	3,576
Eólica	19,987
Solar fotovoltaica	18,640
Bioenergía	533
Total de energías limpias	82,426
Total	352,305

Fuente: PLADESE (2025).

La transmisión de energía eléctrica RNT (Red Nacional de Transmisión) es un sistema integrado por redes eléctricas que transportan la energía eléctrica (ver figura 6). La CFE (Comisión Federal de Electricidad) es actualmente el único proveedor del servicio y

responsable de la transmisión de energía eléctrica en el país (SENER, 2018). Las líneas de transmisión tienen diferentes niveles de tensión, es decir, niveles de fuerza. Los niveles de tensión van de 69 KV a 400 kV (CENACE, 2022). En la figura 14 se muestra la Red Nacional de Transmisión de México.

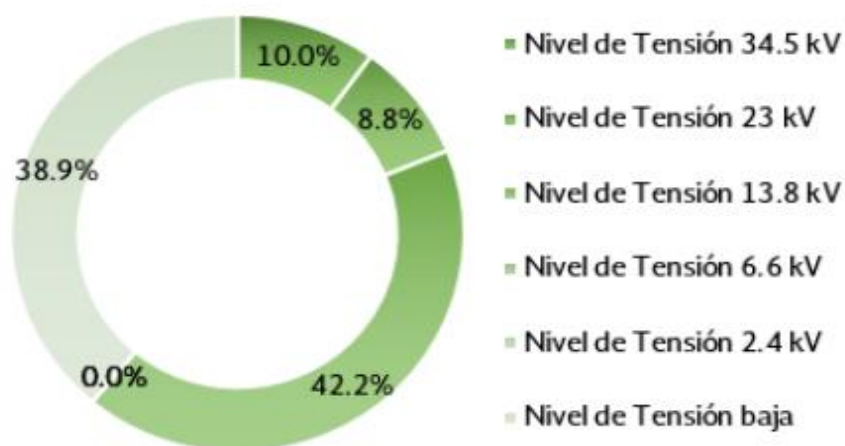
Figura 14. Red Nacional de Transmisión de México.



Fuente: Imagen extraída de CONAHCYT (2024).

La distribución de energía eléctrica tanto de redes de baja tensión y redes de media tensión, ofrecen servicio a 24.2 millones de usuarios con una cantidad de 1.469,458 piezas de transformadores (SENER, 2018). La figura 15 muestra las líneas de distribución de energía eléctrica.

Figura 15. Líneas de distribución de energía eléctrica (kilómetros).



Fuente: SENER, 2018.

4.2.4 Cables y alambres eléctricos.

Como ya se mencionó, el mercado eléctrico en México no se caracteriza por tener muchas empresas de capital nacional, hay empresas mexicanas como Condumex, Conductores Monterrey o Viakon que son líderes en el mercado en el sub-sector de conductores de electricidad y cables eléctricos (Metalonia, 2015:03).

Los alambres y cables eléctricos tienen la finalidad de transportar la energía eléctrica de un punto a otro (Top cable, 2020). En 2023 de acuerdo al Portal del Gobierno de México, DATA MEXICO, el sub- sector de alambres y cables eléctricos tuvo un intercambio comercial de \$24, 355 millones de dólares.

En el mercado Global de cables y alambres eléctricos México tiene una participación destaca, como exportador. En 2023 los principales países exportadores fueron: China con \$34,310 Millones de dólares, seguido por México con \$ 16,674 millones de dólares y Estados Unidos con \$10, 524 millones de dólares. En el caso de los países que más importan cables y alambres eléctricos están: Estados Unidos con \$ 29,720 millones de dólares, Alemania con \$ 15, 217 millones de dólares y Japón con \$ 8,381 millones de dólares. (DATA MÉXICO, 2024).

La tabla 34 lista los estados con mas ventas internacionales en 2023, la tabla 35 lista los estados con mayores compras internacionales y la tabla 36 los principales destinos comerciales.

Tabla 34. Los estados con más ventas internacionales en 2023.

Estado	Ventas Internacionales
Chihuahua	\$5,459 M
Nuevo León	\$3, 202 M
Sonora	\$1, 743 M
Coahuila	\$1, 368 M
Tamaulipas	\$ 911 M

Fuente: DATA MÉXICO, 2024.

Tabla 35. Los estados con mayor compras internaciones en 2023.

Estado	Compras Internacionales
Chihuahua	\$ 5,459 M
Ciudad de México	\$3,202M
Nuevo León	\$ 1,743 M
Jalisco	\$1, 368 M
Baja California	\$ 911 M

Fuente: DATA MÉXICO, 2024.

Tabla 36. Principales destinos comerciales en 2023.

País	Compras Internacionales
Estados Unidos	\$ 16,004 M
Nicaragua	\$174 M
Honduras	\$126 M
Guatemala	\$97 M
Alemania	\$47. M

Fuente: DATA MÉXICO, 2024.

En México las principales empresas del sector tienen una red de distribución propia para suministrar a sus principales clientes como: Comisión Federal de Electricidad (CFE), Petroleos Mexicanos (PEMEX), empresas privadas, constructoras, así como a clientes mayorista y minoristas del sector.

4.3 COMPARACIÓN ENTRE AMBOS SECTORES.

Es importante contextualizar a ambos sectores para contrastar y encontrar similitudes que permiten la mejor comprensión en el análisis. Como muestra la tabla 37 y como se ha mencionado a lo largo del documento, estos sectores pertenecen a la columna vertebral de la economía mexicana, de ahí su importancia de estudio y semejanza. Como parte de las diferencias podemos notar que, de acuerdo con los datos presentados en la tabla, el sector automotriz es grande y dinámico, por ejemplo, el PIB de este sector generó 7 billones de pesos y esto puede estar relacionado con la cercanía a Estados Unidos y que el cuarto productor a nivel mundial. Otra diferencia importante son los márgenes de ganancia de ambos sectores, en el sector automotriz se requieren grandes columnas de producción para obtener mayores ganancias en producción de autos que no sean alta gama, por el contrario, el sector eléctrico está influenciado por los precios de los combustibles, suele tener márgenes competitivos.

Tabla 37. Comparación entre ambos sectores.

	Automotriz	Eléctrico
PIB (2025 T3)	\$7.01B mx	\$525,584 M mx
Exportaciones	US 160, 481 M	US 302 M
Importaciones	US 64, 355 M	US 265 M
Unidades económicas (mayo 2025)	65	2,273
Inversión extranjera Directa	US 7,552 M	US 367 M
Origen de la Inversión Extranjera directa	Estados Unidos	Canadá
Márgenes de ganancia	Los márgenes de ganancia suelen ser mayores en autos de gama alta, y menores en autos promedio, es por ello	Es un sector que está influenciado por los precios de los combustibles, suele tener márgenes competitivos.

	que se requiere grandes volúmenes de producción	
Tendencias globales	Descarbonización y sostenibilidad. Digitalización e inteligencia artificial	Energías limpias y eficiencia energética.

Fuente: Elaboración a partir de diversos documentos.

4.4 EL ENTORNO MEXICANO.

En México existieron estrategias para el desarrollo de la manufactura avanzada (MRT) desarrollado por ProMéxico (2011), el Centro Nacional de Metrología (Cenam), y el Diseño y desarrollo de productos y procesos de alto valor preparado por el Foro Consultivo de Ciencia y Tecnología (Álvarez, 2020). En 2016 se creó el documento “Crafting the future: a road map for industry 4.0 in México” de la SE (2016), con la intención de facilitar la incorporación de estas tecnologías en la industria en México.

Se han propuesto diversas estrategias como: 1) promover la creación de clústeres, para buscar la competitividad en tecnologías como: robots colaborativos, sistemas integrados, modelados y análisis de Big data; 2) Aumentar el uso de TIC y basar las soluciones en procesos digitales y análisis de Big Data; y 3) Consolidar la oferta de personal calificado (Álvarez, 2020).

Si bien se han propuesto estas estrategias y se han creado documentos para avanzar en la adopción de la I4.0, el futuro es incierto en cuanto a la adopción de tecnologías en los sectores automotriz y eléctrico. Esto se relaciona con las políticas públicas, las capacidades de las empresas y el entorno, dado que este juega un papel importante dentro de la toma de decisiones y de los procesos de acumulación de CT (Freeman, 1985; Dutrénit et al., 2024).

El entorno mexicano se ha caracterizado por un Sistema Nacional de Innovación emergente, donde existen contradicciones y heterogeneidades (Cimoli, 2000; Dutrénit *et al.*, 2010). Se ha carecido durante varias décadas de políticas industriales, los recursos financieros son escasos con problema de asignación, y la vinculación entre los diferentes agentes es limitada. Estas características seguramente afectan las estrategias de las empresas respecto al proceso

El entorno mexicano se ha caracterizado por un Sistema Nacional de Innovación emergente,

donde existen contradicciones y heterogeneidades (Cimoli, 2000; Dutrénit *et al.*, 2010). Se ha carecido durante varias décadas de políticas industriales, los recursos financieros son escasos con problema de asignación, y la vinculación entre los diferentes agentes es limitada. Estas características seguramente afectan las estrategias de las empresas respecto al proceso de desarrollo de CT que permitan avanzar hacia la frontera tecnológica. En este sentido, deben afectar las estrategias y capacidades necesarias para la adopción de la I4.0.

Como se revisó en la sección 1.3.6, de acuerdo a Dutrénit *et al.* (2024), existen dimensiones del entorno que modifican el comportamiento tecnológico y económico de las empresas, por ejemplo:

De acuerdo a Dutrénit *et al.* (2024), existen dimensiones del entorno que modifican el comportamiento tecnológico y económico de las empresas, por ejemplo:

- **Económico** se refiere a aquellas organizaciones y subsistemas de la sociedad que se ocupan principalmente de la producción, distribución y consumo de bienes y servicios.
- **Político:** Se refiere a aquellos individuos, organizaciones, entidades públicas y subsistemas de la sociedad que se ocupan principalmente del gobierno (regulación).
- **Ciencia y Tecnología:** Se refiere a las organizaciones, entidades públicas y subsistemas de la sociedad que se ocupan principalmente del avance del conocimiento.
- **Ambiental:** Se refiere al comportamiento de individuos, organizaciones y administraciones públicas respecto a la protección del medio ambiente y la biodiversidad.
- **Social:** Se refiere al grado de desigualdad que hay en la sociedad, en temas como: género, edad, lenguaje, zona geográfica, salarios, entre algunos otros.
- **Cultural:** Se refiere a las ideas, valores, tradiciones, religiones o costumbres que influyen en las normas de la conducta de los individuos y las organizaciones y repercuten en las reglas de la sociedad.

Es importante analizar estas dimensiones dentro del contexto mexicano, para conocer si están incidiendo y cómo en los procesos de acumulación de CT, ya que esto es un prerequisite para las empresas que quieran adoptar con éxito la I4.0.

A manera de resumen, ambos líneas de negocio juegan un papel importante dentro de la economía, ambos son sectores estratégicos. Su estudio es un imperativo ante las nuevas tendencias de producción con la incorporación de las nuevas tecnologías. De no hacerlo pueden frenar y afectar la economía en su conjunto, al ser sectores que impactan a otros sectores, como la aeronáutica en el caso del sector automotriz y en el caso del sector eléctrico a todo el sector energético. El no incorporarse a las nuevas tendencias de producción puede hacer que se pierdan oportunidades de modernización y de creación de energías más limpias, menos contaminantes y perder productividad y eficiencia energética.

CAPÍTULO 5. ESTUDIO DE CASO: GRUPO BETA.

El propósito de este apartado es la descripción del perfil del G. BETA. La descripción se basa en: su historia, estructura de producción, porcentajes de ventas, cobertura geográfica y adquisiciones, número de empleados, plantas, principales productos y clientes. Este capítulo se basa en entrevistas semiestructuradas a diferentes empleados del grupo.

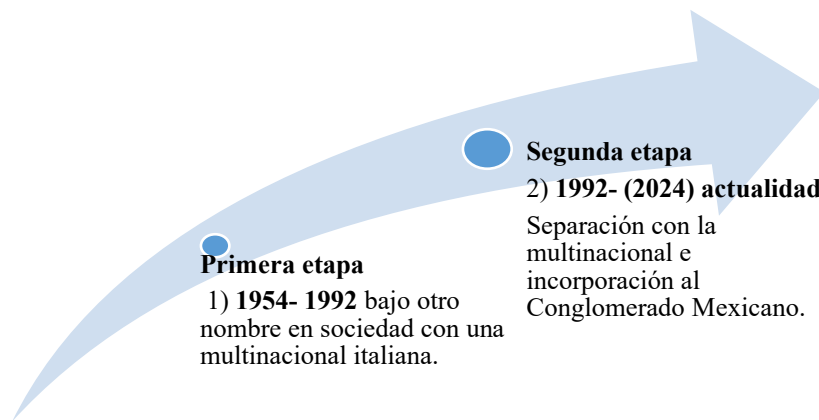
5.1 EL GRUPO BETA.

El G. BETA opera en el sector manufacturero, y tiene dos líneas de negocio que operan en dos sectores industriales -eléctrico y automotriz. Este grupo es de capital mexicano, es familiar, es multilatina, pertenece a CGV en algunos de sus productos, y su sede se encuentra en la CDMX. Tiene plantas en 5 estados de México y 3 plantas en el extranjero (una planta en España y 2 en Brasil) (Entrevistados 2 y 3). Las plantas en el extranjero corresponden a su línea eléctrica, tiene más de 10,000 colaboradores y cuenta con un Centro de I+D, que tiene dos sedes. Es parte de un Conglomerado Mexicano muy grande y diversificado.

5.1.1 La historia de GRUPO BETA.

La historia de G. BETA se divide en dos etapas: (i) desde su creación en 1954 bajo otro nombre en sociedad con una Multinacional Italiana, con capital nacional y extranjero, y (ii) desde su separación de la Multinacional Italiana y su incorporación al Conglomerado Mexicano, con lo cual se convierte en una empresa mexicana con capital nacional únicamente. En la figura 16 se muestra estas dos etapas.

Figura 16. Historia del G. BETA: 2 grandes periodos.



Fuente: Elaboración a partir de informes y entrevistas

El G. BETA inició operaciones en 1954, cuando se creó bajo otro nombre en sociedad con una multinacional italiana. En 1960 como resultado de su crecimiento y de la diversificación de sus productos se crea el G. BETA (G. BETA, 2024). En 1974 deciden expandirse a otro sector e inician operaciones en la línea automotriz. En 1986 se crea el centro de I+D como una integración de sus áreas técnicas (Centro de I+D, 2024). Ese mismo año se crea la primera planta en el extranjero en España, la cual se ha dedicado a la fabricación y comercialización de conductores eléctricos para diversos mercados (BETA España, 2025).

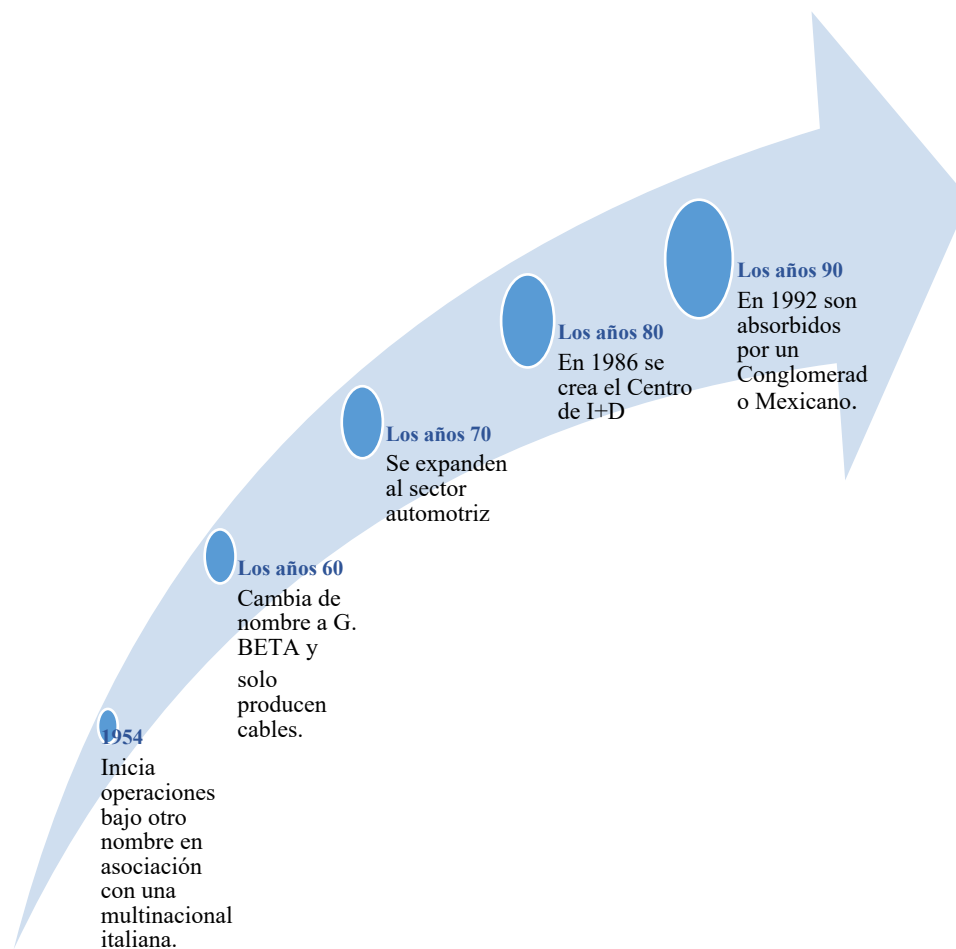
En 1992 la Multinacional Italiana decide vender sus activos que fueron adquiridos por un Conglomerado Mexicano, convirtiendo a G. BETA en una empresa de capital mexicano (Entrevistados 2 y 3).

“El Conglomerado Mexicano compró al G. BETA en 1992. El G. BETA tenía accionistas mexicanos y accionista extranjeros. Cuando el accionista extranjero entra en una situación delicada financieramente decide vender sus activos y el Conglomerado Mexicano los absorbe.” (Entrevistado 2)

En 1992 el G. BETA en 1992 es absorbido por un Conglomerado Mexicano lo que les brindó estabilidad financiera (G. BETA eléctrico, 2024).

“El G. BETA es un negocio sano, muy innovador, ya tenía una cultura industrial muy relevante, muy madura, y en buena parte también es el atractivo que tenía G. BETA para el Conglomerado Mexicano; era una marca bien consolidada en el mercado, una excelente empresa.” (Entrevistado 2)

Figura 17. Historia cronológica de G. BETA de 1954 a 1992.



Fuente: Reportes Conglomerado Mexicano (varios años).

El Conglomerado Mexicano al que pertenece G. BETA es uno de los más grandes, diversificados e importantes de América Latina, mantiene su cartera de negocios en torno a sus sectores estratégicos: Comercial y de consumo, Industrial y manufactura, Infraestructura y Construcción, Energía y materiales para construcción. Sus principales negocios se concentran en esos sectores (Conglomerado, Reporte anual 2023).

El comercial y de consumo cuenta con 451 tiendas y restaurantes, más de 48,000 empleados y 1,234, 254 m2 de venta (Conglomerado, Reporte anual, 2022).

Infraestructura y construcción, participa en cinco sectores: Instalación de Ductos, Fabricación y Servicios para la Industria Química y Petrolera, Proyectos de Infraestructura, Construcción Civil y Vivienda, los cuales se dedican a la construcción de carreteras, túneles y obras de infraestructura en general. Este sector cuenta con más de 100 años de experiencia en construcción civil, han construido más de 640 km de autopista desde 2005 y más de 4000 km de líneas de transporte de hidrocarburos.

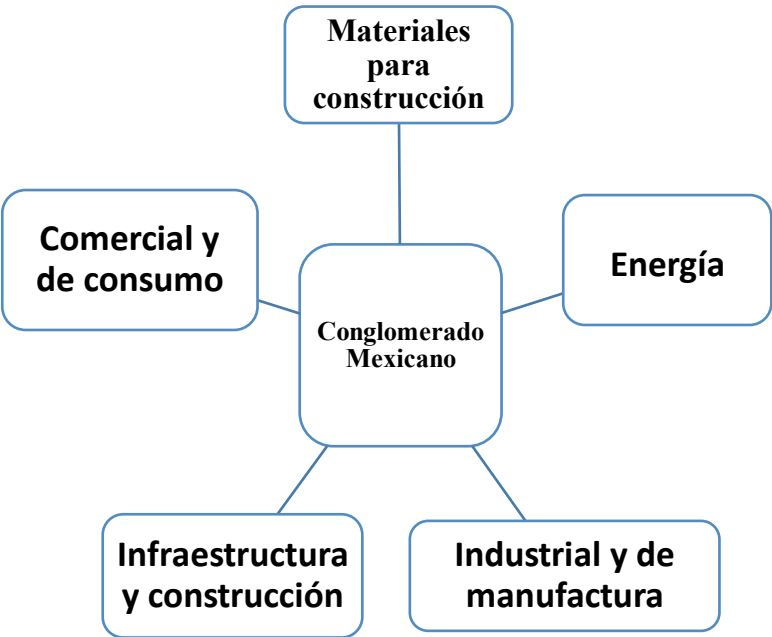
El sector **Industrial y de manufactura** es un segmento de negocios que provee servicios y productos, principalmente: (i) Cables (ii) Arneses eléctricos automotrices, (iii) Tuberías de acero de precisión, y (iv) productos para energías alternas, esto enfocado a satisfacer necesidades de la industria eléctrica, automotriz, minería, de energía de telecomunicaciones y de la construcción. En este sector se encuentra el G. BETA.

En el sector de **Energía** Participan en actividades de la Industria del petróleo, en la exploración, localización, producción, explotación, refinación, transporte de todo tipo de hidrocarburos y minerales, en la prestación de servicios de transportación de gas natural y en la exploración, producción y explotación de energía geotérmica.

Y finalmente en **Materiales para construcción** se enfocan en la construcción ligera y desarrollo de soluciones en todas las etapas de la construcción. Cuenta con más de 5300 colaboradores, 22 plantas y más de 1800 distribuidores en 40 países (Conglomerado, Reporte

anual, 2022). Todos estos sectores estratégicos forman el Conglomerado Mexicano, representados en la figura 18.

Figura 18. Sectores Estratégicos de Conglomerado Mexicano.



Fuente: Elaborado a partir del informe 2023.

En cuanto a sus participaciones en las ventas totales durante el año 2023, la subsidiaria del sector comercial y de consumo que lidera las ventas con una participación del 36.9% en el Conglomerado Mexicano para 2023. El sector Infraestructura y construcción con una participación del 22.7%. Materiales para construcción es una subsidiaria que aportó el 16.3% en 2023. Las divisiones que integran esta subsidiaria están dedicadas principalmente a la producción, comercialización y venta de cemento, así como a la fabricación de productos de construcción ligera y metales. Energy aportó el 1.8%, es la subsidiaria que participa en las actividades de la industria del petróleo, así como en otros hidrocarburos. El G. BETA pertenece al sector industrial y de manufactura, este concentra las más importantes empresas dentro del ramo industrial con una participación del 22.5%.

El G. BETA está incorporado al sector industrial y de manufactura, este sector estratégico cuenta con una variedad de productos que satisfacen las necesidades de industrias como: telecomunicaciones, construcción, eléctrica, de energía, automotriz y minera.

- Cables de energía, de telecomunicaciones, electrónicos, coaxiales, de fibra óptica, para minería y automotrices
- Arneses eléctricos automotrices
- Tuberías de acero de precisión
- Transformadores de potencia

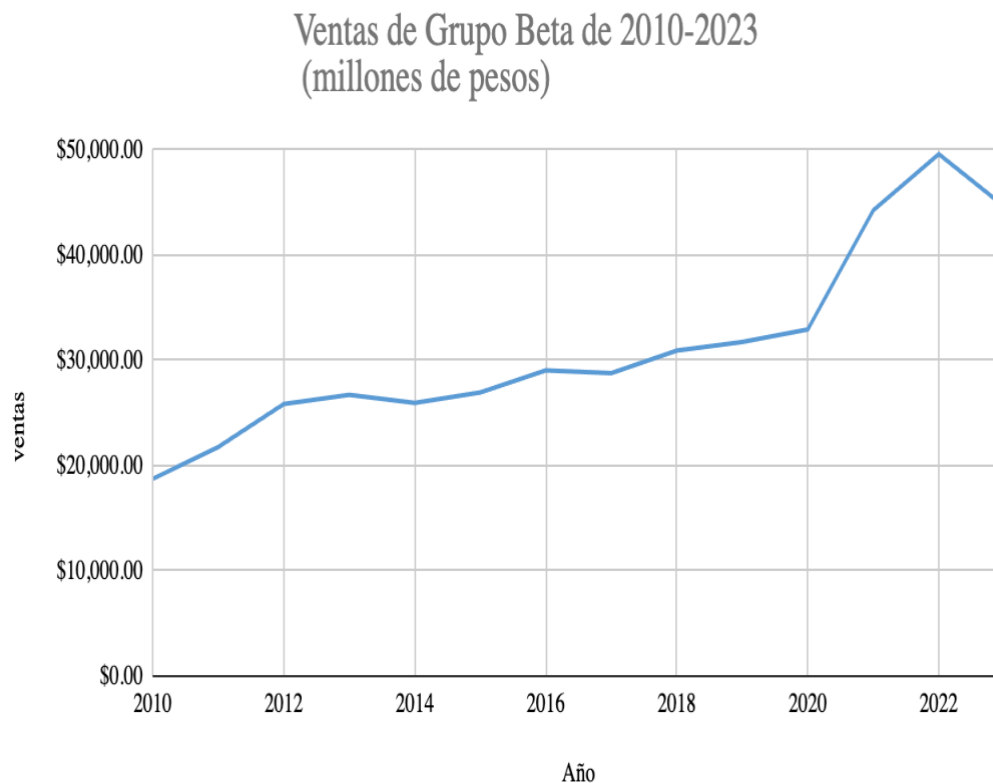
Las ventas anuales que ha tenido el G. BETA durante el periodo 2010-2023, se presentan en la tabla 38 y se representan en la gráfica 1.

Tabla 38. Ventas anuales del G. BETA.

Año	ventas (millones de pesos) constantes 2023=100.
2023	\$44,620.00
2022	\$49,600.00
2021	\$44,259.00
2020	\$32,937.00
2019	\$31,747.00
2018	\$30,930.00
2017	\$28,783.00
2016	\$29,049.00
2015	\$26,951.00
2014	\$25,957.00
2013	\$26,723.00
2012	\$25,852.00
2011	\$21,766.00
2010	\$18,740.00

Fuente: Elaboración a partir de informes del Conglomerado Mexicano (varios años).

Gráfica. 1. Ventas de G. BETA, 2010-2023 (millones de pesos) constantes 2023=100.



Fuente: Elaboración a partir de informes del Conglomerado Mexicano (varios años).

Como se muestra en la gráfica 1, en el 2010 existió un aumento de las ventas en un 35.8% esto debido a los volúmenes de productos manufacturados, por ejemplo, el cable de fibra óptica y cable coaxial los cuales tuvieron un aumento del 176.1% y 99.3% (Conglomerado, Informe, 2010).

En el 2011 las ventas registraron un aumento del 16.1%. Este aumento se explica por el sector de telecomunicaciones en las ventas de fibra óptica y cable de cobre y en el sector automotriz se debió a un aumento en la venta de cables y arneses (Conglomerado, Informe, 2011).

En el caso del 2012, la reactivación de la manufactura de automóviles a nivel mundial se vio reflejada como un aumento en las ventas del sector las cuales crecieron un 10.1% tanto de

arneses como cable automotriz, sin embargo, existió una disminución en las ramas de telecomunicaciones, construcción y energía (Conglomerado, Informe, 2012).

Para 2013 las ventas del sector automotriz crecieron en un 17.8% debido a la demanda de arneses y cables tanto a nivel nacional como internacional principalmente a países como Estados Unidos y Brasil, así como el hecho de que los diseños de los nuevos modelos de automóviles requieren mayor número de componentes lo que aumentó el precio (Conglomerado, Informe, 2013).

En el año 2014 existió una disminución en las ventas de un 2.9% en relación al año anterior debió a una caída en la demanda de proyectos llave en mano y menos licitaciones públicas, así como una disminución de 9.0% en el precio del cobre a nivel internacional (Conglomerado, Informe, 2014).

Durante el año 2015 existió un incremento del 3.38%. Destacaron las ventas del sector automotriz de cables y arneses para Estados Unidos y Sudamérica, así como un incremento de las ventas de cables de cobre y de fibra óptica, aun cuando el precio del cobre disminuyó alrededor de un 20% (Conglomerado, Informe, 2015).

En el año 2016 las ventas aumentaron un 7.8% en relación al 2015, esto debido al incremento en el volumen de exportaciones de cables y arneses para Estados Unidos y Sudamérica. La división de telecomunicaciones incrementó sus ventas, así como en los cables de construcción (Conglomerado, Informe, 2016).

Para el año 2017 las ventas disminuyeron un 0.9% en comparación con el año anterior. Dentro de sus ventas se destacaron las ventas del sector automotriz tanto en el mercado nacional como en el internacional de cables y arneses en el mercado internacional (Conglomerado, Informe, 2017).

En 2018 las ventas aumentaron en un 7.5% con mayor participación de cables en telecomunicaciones y construcción, el sector automotriz mantuvo sus ventas similares a 2017 aún con variaciones en el precio del cobre (Conglomerado, Informe, 2018).

En 2019 las ventas aumentaron en un 2.6% en comparación con el año previo. Se tuvo una mayor demanda de cables de telecomunicaciones y en cable de construcción existió un decremento. La producción del sector automotriz se vio afectada por la huelga en General Motors en Estados Unidos (Conglomerado, Informe, 2019).

En 2020 aumentó sus ventas por el efecto favorable del tipo de cambio y al aumento de ventas de cables de telecomunicaciones en el mercado nacional como internacional, posterior a los cierres por la pandemia (Conglomerado, Informe, 2020).

Para el año 2021 aumentó sus ventas respecto a 2020, en el tipo de cambio promedio combinado con las ventas de cables (Conglomerado, Informe, 2021).

En el año 2022 el G. BETA aumentó sus ventas, debido a mayores volúmenes de cables de telecomunicaciones en el mercado nacional y extranjero, de igual manera el de arneses y cables para la industria automotriz (Conglomerado, Informe, 2022).

Durante el año 2023 el G. BETA, disminuyó sus ventas respecto al año anterior, principalmente debido a las variaciones del tipo de cambio, pero en términos de volúmenes aumentaron sus ventas en cables de construcción, en arneses y cables para la industria automotriz (Conglomerado, Informe, 2023).

En la tabla 39 se presenta la contribución del G. BETA a las ventas totales del Conglomerado Mexicano.

Tabla 39. Contribución del G. BETA a las ventas totales del Conglomerado Mexicano.

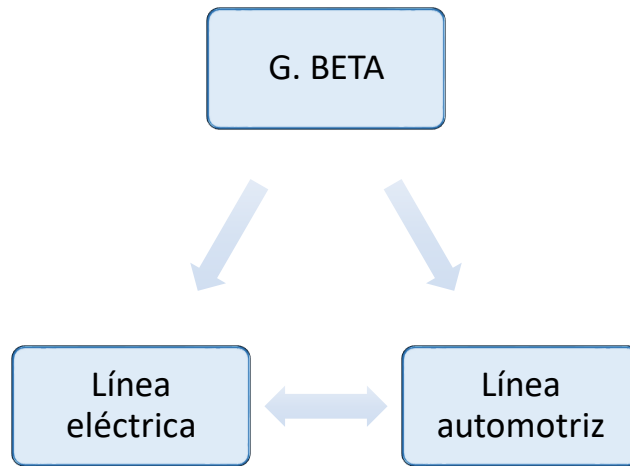
Año	Contribución a ventas totales
2010	29.10%
2011	29.40%
2012	30.70%
2013	31.10%
2014	31.50%
2015	30.50%
2016	30.50%
2017	30.70%
2018	32.00%
2019	31.00%
2020	34.80%
2021	35.50%
2022	25.60%
2023	22.50%

Fuente: Elaboración a partir de informes del Conglomerado Mexicano (varios años)

La contribución del G. BETA a las ventas totales desde el año 2010 a 2023 es relativamente ascendente pasando del 29.10% en 2010 al 35.5% en 2021. Para los dos años siguientes la contribución a las ventas totales ha disminuido de un 35.5% en 2021 a 25.6% en 2022 y 22.5% en 2023.

El G. BETA actualmente opera en el sector manufacturero, cuenta con dos líneas de negocio que opera en dos sectores industriales – eléctrico y automotriz- y es multilatina. Está conectada a OEMs americanos, europeos y asiáticos, y como tal forma parte de CGV para algunos de sus productos como lo indica la figura 19.

Figura 19. Grupo BETA y sus dos líneas de negocio.



Fuente: Elaborado a partir de entrevistas realizadas.

5.1.2 Localización geográfica

La cobertura geográfica de G. BETA se encuentra principalmente en la región del Bajío⁴ en México. El G. BETA se localiza en varios estado, pero un nodo importante es Querétaro. En el estado de Querétaro se encuentran:

- Plantas que pertenecen a la línea eléctrica.
- Plantas que pertenecen a la línea automotriz.
- Los dos sedes del Centros de I+D.

Es un estado con una fuerte base industrial, desde que se descentralizaron actividades industriales ubicadas en la Ciudad de México en los años 1980s. En la tabla 40 se muestra una breve descripción del estado.

⁴ Zona geográfica ubicada al centro-norte-occidente de México, que se compone de los estados: Aguascalientes, Guadalajara, Guanajuato, Querétaro, San Luis Potosí, Michoacán y Zacatecas.

Tabla 40. Breve descripción técnica del estado.

Ciudad/ Estado	Querétaro, se localiza al centro del país.
Capital	Santiago de Querétaro, municipios 18
Extensión	Representa en 0.6% del territorio nacional
Principales exportaciones	Partes y accesorios de vehículos automotores, turbojets, turbopropulsores, refrigeradores, congeladores y otros equipos de refrigeración o congelación, tableros, consolas y otras bases para el control o distribución de electricidad, alambres y cables eléctricos, máquinas para lavar ropa, neumáticos de goma, entre otros.
Principales importaciones	Partes y accesorios de vehículos automotores, turbojets, turbopropulsores, motores y generadores, productos laminados de otro acero laminado, neumáticos de goma, tractores, asientos convertibles.
Principal destino de ventas internacionales	Estados Unidos, Canadá y Panamá
Parques industriales	20 parques industriales
Demografía	Total de habitantes: 2,368,467 Distribución de población: 79% urbana 21% rural
Población ocupada	43.2% mujeres, 56.8% hombres.
Niveles de escolaridad	29% Secundaria, 22.4 % Licenciatura, 21.2% Preparatoria o Bachillerato general, 2.30% Maestría, 0.34% Doctorado.
Campos de formación más demandados	Ingeniería industrial, Derecho, Negocios y Comercio

Estratificación de empresas	4,555, 263 Micro empresas de 0 a 10 empleados 193, 423 Pequeña empresa de 11 a 50 empleados 40, 824 Mediana empresa de 51 a 250 empleados
------------------------------------	---

Fuente: DATA MÉXICO, 2024.

Los datos presentados en la tabla 40 muestran las características del estado de Querétaro, que cuenta con la capacidad para generar, atraer y retener talento e inversión. De acuerdo al Índice de Competitividad Estatal⁵ (ICE), Querétaro se encuentra en un nivel medio alto de competitividad, sólo por debajo de la CDMX que tiene un nivel muy alto, mientras que Baja California Sur, Nuevo León y Jalisco con un nivel alto, Querétaro ocupando la posición 6 de 32.

El G. BETA cuenta con facilidades en otros estados como: Guadalajara, Estado de México, Guanajuato, San Luis Potosí, Puebla, en estos estados también se cuentan con capacidades para producción y cuentan con un ICE medio alto.

5.2 EL G. BETA: LINEA DE NEGOCIO ELÉCTRICA.

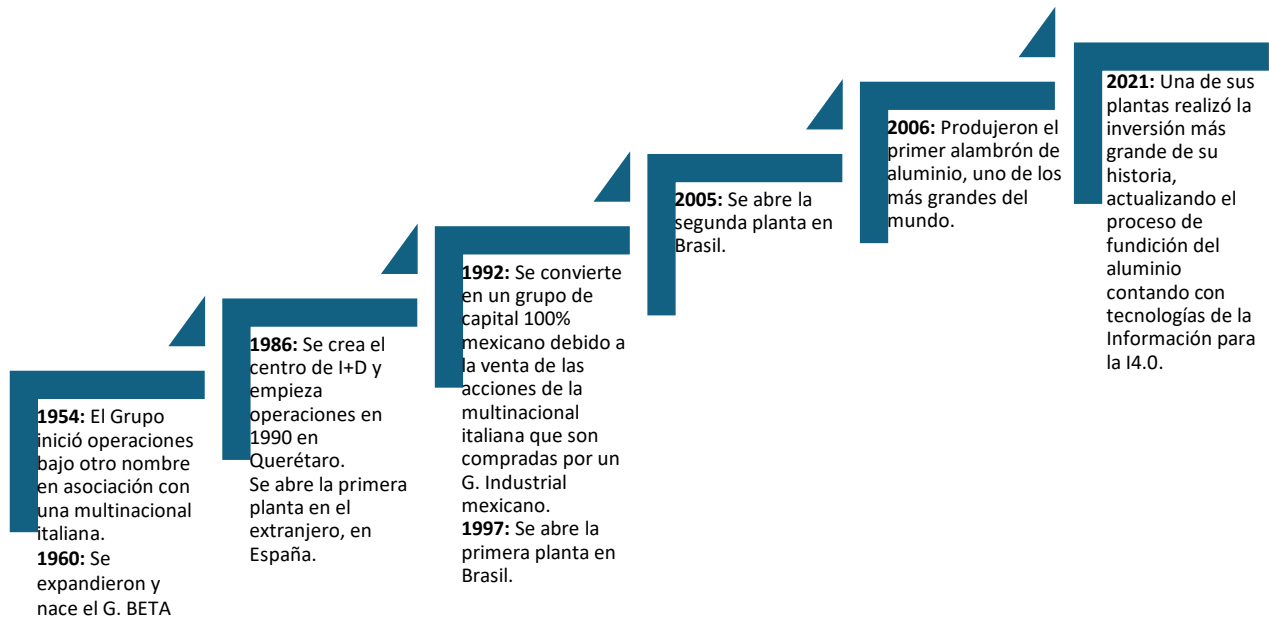
En este apartado se encuentran elementos descriptivos del G. BETA: Línea de negocio, cobertura geográfica, principales productos, clientes, estructura organizacional y su Centro de I+D.

5.2.1 Historia de la línea de negocio eléctrica.

La figura 20 ilustra la línea del tiempo de la evolución de G. BETA desde su creación hasta la actualidad.

⁵ El ICE es un índice que da información para diseñar, priorizar y dar seguimiento a las Políticas Públicas para promover la competitividad de los estados. Permite comparar el desempeño de los diferentes estados en distintos indicadores temas y a nivel general. Este índice no es un modelo de equilibrio general ni parcial, no realiza predicciones ni determina causalidad.

Figura 20. Línea del tiempo de la línea eléctrica de G. BETA.



Fuente: Elaboración a partir de entrevistas e información documental.

- El G. BETA inició operaciones en 1954
- En 1960 como resultado de su crecimiento y de la diversificación de sus productos se crea el G. BETA (G. BETA, 2024).
- En 1986 se crea el centro de I+D (sede 1) como una integración de sus áreas técnicas (Centro de I+D, 2024). Ese mismo año se crea la primera planta en el extranjero en España, la cual se ha dedicado a la fabricación y comercialización de conductores eléctricos para diversos mercados (BETA España, 2025).
- En 1992 la multinacional italiana decide vender sus activos que fueron adquiridos por un grupo industrial mexicano, convirtiendo a G. BETA en una empresa de capital mexicano (Entrevistados 2 y 3).
- Posteriormente en 1997 abre su primera planta en Brasil
- En 2005 se inició la producción de cables para telecomunicaciones en la segunda planta en Brasil (Conglomerado mexicano, 2005).

- En 2006 produjeron el primer alambrón de aluminio, uno de los más grandes del mundo.
- En 2021 una de sus plantas en México realizó la mayor inversión en su historia para la actualización del proceso de fundido del aluminio que contenía ya tecnologías para avanzar hacia la I4.0 (Entrevistado 6).
- Actualmente sus plantas se dedican a la producción y comercialización de cables, entre los que destacan: cables ópticos, cables de construcción, y para uso en automóviles (G. BETA, 2024).

Proyectos emblemáticos de la línea eléctrica

En los años noventa desarrollaron para el metro de la Ciudad de México, la línea de cables Afumel cero Halógenos, también desarrollaron el alambre magneto clase térmica de 200 grados centígrados con propiedades térmicas y químicas, y el cable para construcción THW-LS/ THHW-LS garantizado por toda la vida útil del inmueble donde se coloque.



Fuente: Imagen de referencia, extraídas del sitio web de G. BETA

En la década del dos mil se convierten en el proveedor mexicano de cables OPGW (Optical Ground Wire) para la CFE (Comisión Federal de Electricidad) y fabrican el primer cable para la construcción con la directriz europea RoHS, reafirmando su compromiso con el medio ambiente, ya que se restringe el uso de plomo, metales pesados y compuestos bromados (G. BETA, 2025).



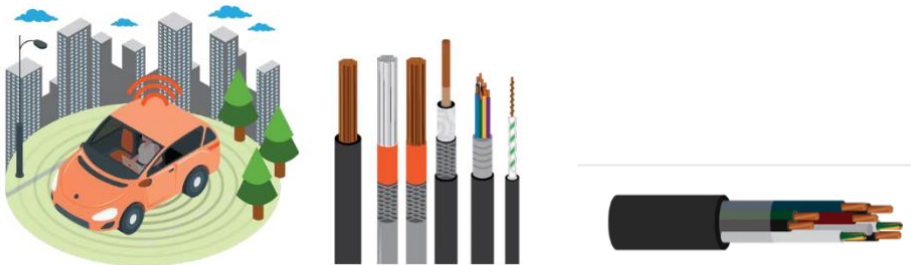
Fuente: Imagen de referencia, extraídas del sitio web de G. BETA

Finalmente, para la década del dos mil diez, desarrollan cables de telecomunicaciones para redes de área local libre de halógenos e introducen al mercado el cable beta ZEROH con aislamiento termoplástico libre de halógenos (G. BETA, 2025).



Fuente: Imagen de referencia, extraídas del sitio web de G. BETA

Actualmente tiene una cartera de cables eléctricos y de construcción, alambre magnético, cables de comunicaciones, sistemas de conectores de red, arneses electrónicos y especializados, soluciones de automoción, soluciones de alta capacidad de corriente y software integrado (G. BETA, 2025).



Fuente: Imagen de referencia, extraídas del sitio web de G. BETA

En sus proyectos emblemáticos dentro y fuera de México, se encuentran:

- Hidroeléctrica la Yesca (CFE)
- Torre de Reforma CDMX
- Museo del Mundo Maya (Mérida)
- Línea III del tren ligero
- Torre Bancomer, entre otros.

En el extranjero han estado presentes en proyectos de transmisión de energías renovables, por ejemplo:

- En Texas, y en la minería de cobre de Chile suministrando cables SHD-GC. (G. BETA, 2023)

La línea eléctrica de negocio de G. BETA fue el primero en América Latina en contar con la capacidad de producción de cables de extra tensión, los cuales se encuentran en el abastecimiento urbano de energía eléctrica.

Una empresa multilatina: cobertura geográfica

Al ser una empresa multilatina, tiene cobertura nacional e internacional. Dentro de la cobertura nacional se localizan plantas en los siguientes estados de México: Ciudad de México, Querétaro, San Luis Potosí, Guanajuato, Puebla y Guajuato, estas se dedican a la producción de productos eléctricos para la línea automotriz, de telecomunicaciones y electrónica, se enlistan en la tabla 41.

Cobertura geográfica nacional

Tabla 41. Cobertura geográfica de las plantas del G. BETA sector eléctrico en México.

Planta o centro	Actividad económica
Ciudad de México 1	Producción de productos eléctricos de aluminio y cobre.
Ciudad de México 2	Producción de alambres de aluminio y magneto
Querétaro	Productos eléctricos para telecomunicaciones y electrónica
San Luis Potosí 1	Productos eléctricos para la industria médica, telecomunicaciones, electrodomésticos.
San Luis Potosí 2	Productos eléctricos para construcción, para energía de baja, media y alta tensión y para comunicaciones.
Guanajuato 1	Producción de conductores eléctricos
Guanajuato 2	Producción de soluciones eléctricas y de telecomunicaciones
Puebla	Productos eléctricos y automotrices a base de aluminio

Guanajuato	Productos eléctricos
Guadalajara	Productos eléctricos de baja tensión

Fuente: Información obtenida de entrevistas realizadas y del sitio web de G. BETA

Cobertura geográfica en el exterior

Como parte de la cobertura geográfica en el exterior, G. BETA línea eléctrica cuenta con tres plantas en el extranjero: Una en España e inició operaciones en 1986 y dos plantas en Brasil que iniciaron operaciones en 1997 y 2005, estas plantas se dedican a la producción de conductores eléctricos para mercados como el automotriz, construcción, industrial y doméstico. En la tabla 42 se lista estas tres plantas y las describe brevemente.

Tabla 42. Cobertura geográfica de las plantas del G. BETA línea eléctrica en el extranjero.

País	Actividad económica	Año de inicio de operación
España	Producción de conductores eléctricos para mercados como: automotriz, construcción, industrial y doméstico, principalmente para línea blanca.	1986
Brasil	Producción eléctrica para el sector automotriz y cables de alimentación en Brasil.	1997
Brasil	Producción de conductores eléctricos, ópticos, automotrices y de energía.	2005

Fuente: Elaborado a partir de entrevistas realizadas.

En las plantas de Brasil se desarrollaron, probaron y aprobaron cables automotrices, cables de alimentación y cables ópticos. Los cables automotrices fueron aprobados por los principales fabricantes de automóviles del mundo. Los cables de alimentación cuentan con la aprobación de INmetro, lo que brinda a los hogares seguridad completa. Los cables ópticos

fueron diseñados y optimizados para el servicio, proporcionando fibra óptica de última generación (G. BETA Brasil, 2025). Producen cables ópticos, cables automotrices y cables de alimentación, donde la calidad y el respeto al medio ambiente es integral (G. BETA Brasil, 2025).

Cuentan con una planta en Europa, se localiza en España e inició operaciones en 1986. Mediante la planta en España atiende los requerimientos del mercado europeo. Se ha dedicado principalmente a la fabricación y comercialización de conductores eléctricos para mercados de automoción, construcción e instalaciones de uso industrial y doméstico. Una de sus principales fortalezas es el desarrollo de nuevas tecnologías a través del Centro de I+D (sede 1) (G. BETA España, 2025).

Dentro de sus objetivos es apegarse a los más elevados estándares de calidad como parte de su estrategia, buscando la mejora continua de los mercados en los que opera. Cuenta con un sistema de gestión integrado 360 grados y fue una de las primeras empresas españolas en obtener la certificación ISO 9001 y el 1992 fue la primera del sector (G. BETA España, 2025).

Principales productos, clientes y competidores

A continuación, en la tabla 43 se presentan algunos datos, como la variedad de productos, sus principales clientes que incluyen importantes compañías de generación y distribución de energía y telefónicas, y su principal competidor.

Tabla 43. Principales productos, clientes y competidores.

Principales productos	Alambre magneto desnudo de cobre suave, cable Armanel S8000, cable de aluminio con núcleo de acero y recubrimiento de aluminio soldado, cable de cobre suave, neutranel ACC-ACSR para distribución aérea, cable plano para alimentación de bombas sumergibles, portaelectrodos y cable vinanel.
------------------------------	---

Principales clientes	CFE, TELMEX, America Movil, Ica, CFE e integradores, Telmex, (RNUM) América Móvil, ICA, Fluor, SEDENA, constructoras, Aptiv, TE Connectivity, otras empresas telefónicas, minería, distribuidores, etc.
-----------------------------	---

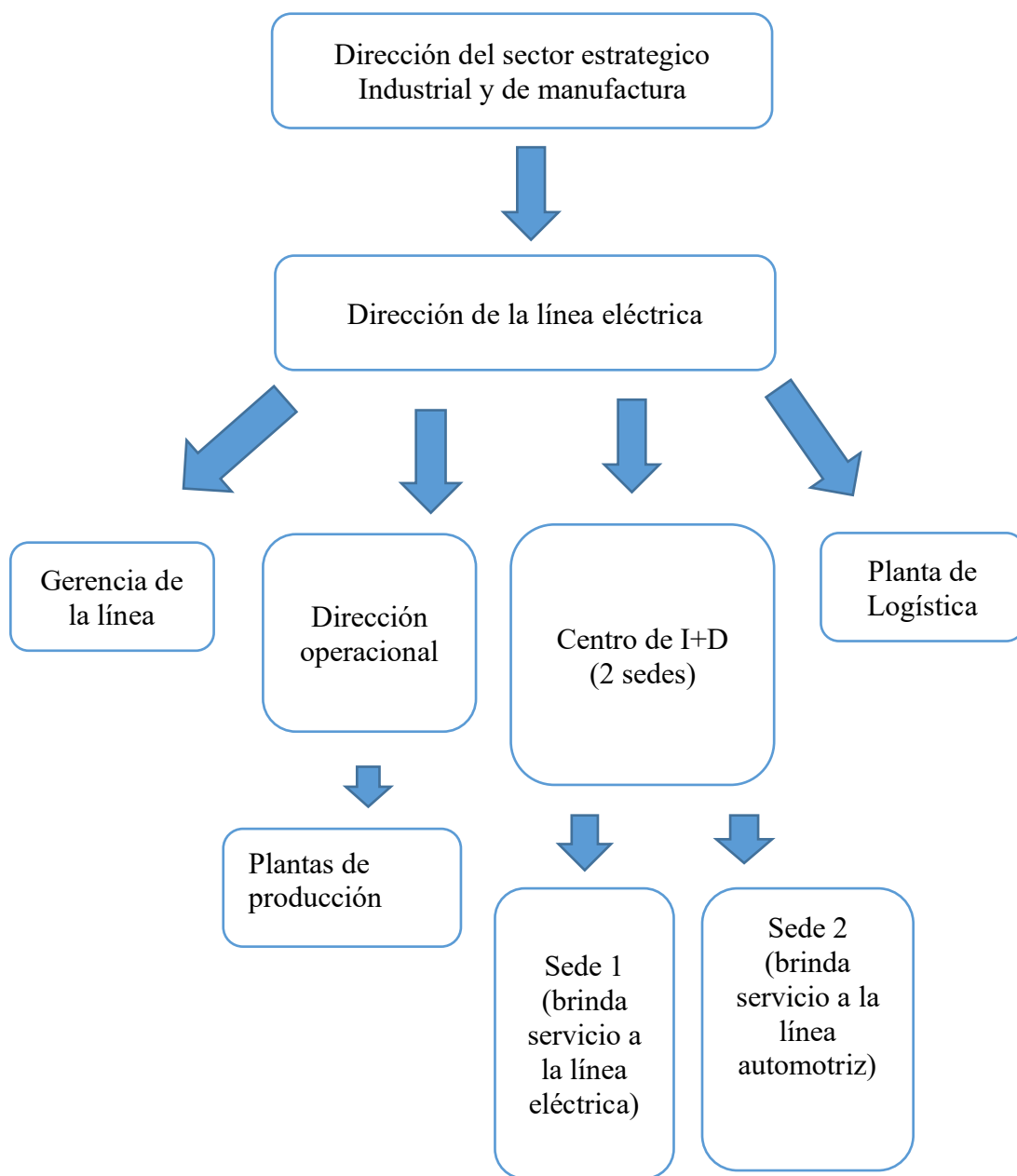
Fuente: Elaborado a partir de entrevistas realizadas y el sitio web de G. BETA.

5.2.2 Estructura organizacional de GRUPO BETA: línea eléctrica

Esta línea tiene en primer lugar la dirección de la línea eléctrica; a esta dirección le reportan: la Gerencia de Sistema eléctrico, la Dirección de Operaciones de la línea eléctrica, el Centro de I+D y la planta de logística (Entrevistado 3). Las plantas mencionadas en el cuadro 48, le reportan directamente a la Dirección de Operaciones de esta línea (Entrevistado 3).

Dentro del Centro de I+D se encuentran dos unidades: (i) Sede 1 que da servicio principalmente a la eléctrica, y (ii) Sede 2 que da servicio a la línea automotriz principalmente. Ambos le reportan a la dirección de la línea eléctrica y esta le reporta a la Dirección del Sector Estratégico Industrial y de manufactura del Conglomerado Mexicano como lo muestra la figura 21.

Figura 21. Estructura organizacional de la línea eléctrica.



Fuente: Elaboración a partir de entrevistas realizadas

Premios, reconocimientos y certificaciones

Como parte del reconocimiento que ha tenido el G. BETA línea eléctrica, a lo largo de su historia, como parte de su compromiso ambiental, social y de calidad, este grupo cuenta con premios, reconocimientos y certificaciones en diferentes rubros que avalan sus productos y procesos, otorgadas por los fabricantes de equipo original (OEM's) internacional, así como por entidades gubernamentales, por ejemplo, el Premio al Compromiso Ambiental a su planta en Guadalajara. El Premio Estatal de calidad y plus de Calidad , el Distintivo de Empresa Socialmente Responsable desde 2012 a varias de sus plantas, así como diversos reconocimientos y certificaciones, como lo muestra la tabla 44.

Tabla 44. Premios, reconocimientos y certificaciones. Línea eléctrica.

Certificaciones	Institución que lo otorga	Categoría
Premio	Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo territorial de Jalisco	Compromiso Ambiental (planta Guadalajara)
Premio	Sello Potosino de Calidad México	Premio estatal de calidad y el premio plus de calidad
Distintivo	Centro Mexicano para la Filantropía (CEMEFI)	Empresa Socialmente Responsable (Desde 2012 en sus plantas de Guadalajara, CDMX, San Luis Potosí, Querétaro y Celaya)
Reconocimiento	Programa de Autogestión en Seguridad y Salud. Secretaría del Trabajo (PASST) y Previsión Social (STPS)	Salud y seguridad en el trabajo Planta de San Luis Potosí y Guadalajara
Reconocimiento	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA)	Desempeño ambiental y productivo (planta en Guadalajara)
Certificación	Asociación de normalización y certificación .A.C. (ANCE)	Calidad y seguridad en productos y servicios
Certificación	Underwrite Laboratories Inc. (UL)	Desempeño de producto y seguridad en el uso
Certificación	Canadian Standards Association (CSA)	Seguridad y Calidad
Certificación	Mine Safety & Health Administration (MSHA)	Seguridad y Salud

Certificación	Telcordia	
Certificación	Sistemas de Calidad ISO 9001	Sistema de Calidad
Certificación	DQS de México ISO 14001	Medio ambiente
Certificación	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente	Industria limpia (planta CDMX y San Luis Potosí)
Constancia	CFE-LAPEM	Proveedor autorizado de CFE-LAPEM
Constancia	Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)	Proveedor oficial del IMSS

Fuente: Elaboración con datos extraídos del sitio web de G. BETA línea eléctrica.

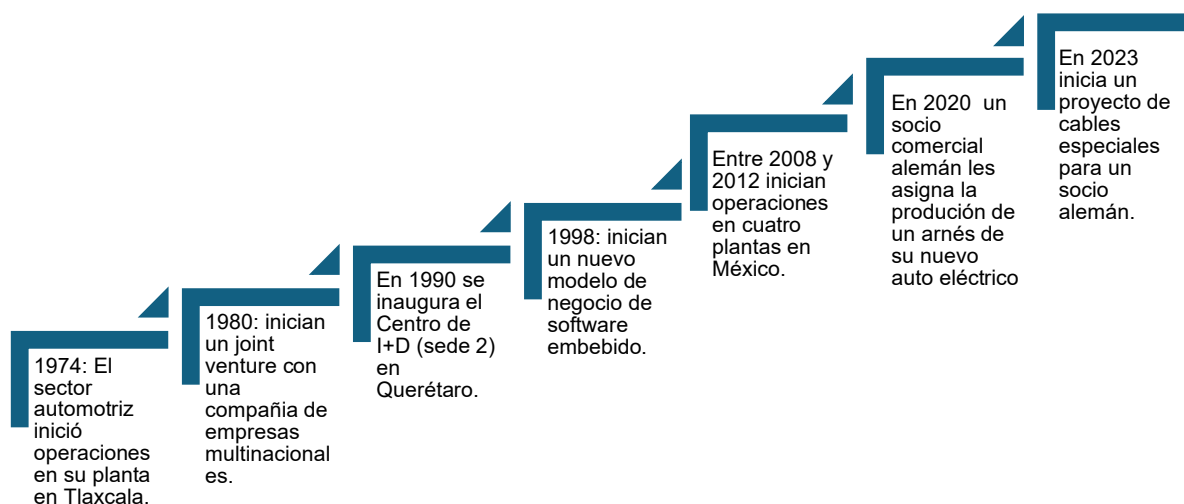
5.3 EL G. BETA: LÍNEA DE NEGOCIO AUTOMOTRIZ.

La línea automotriz inició operaciones en 1974 en su planta en Tlaxcala. Esta línea desarrolla soluciones tecnológicas en conectividad y seguridad a clientes de la industria automotriz. Tiene 17 plantas, 46 clientes, pertenece a CGV como Tier 1 en algunos de sus productos, y cuenta con un Centro de I+D (Sede 2) (Entrevistado 4; G. BETA, 2024).

5.3.1 Historia del GRUPO BETA: principales hitos.

En la figura 22 se ilustra la línea del tiempo de la evolución de G. BETA de la línea automotriz desde su creación hasta la actualidad.

Figura 22. Línea de vida de la línea automotriz de G. BETA.



Fuente: Elaboración con datos proporcionados por personal de BETA y por el sitio web.

En 1974 la línea automotriz inicia operaciones en su planta en Tlaxcala. En 1980 inician un Joint Venture con una empresa tecnológica global. En 1990 se inaugura el Centro de +D sede 2 , que es una unidad del Centro de I+D, y brinda servicio principalmente a la línea automotriz de G. BETA (Entrevistado 1). En 1998 como parte de su nuevo modelo de negocio inician la producción de software embebido. Entre los años 2008 y 2012 comienzan operaciones en 4 nuevas plantas. Para 2020 un socio alemán les pide la elaboración de un arnés para su nuevo auto eléctrico y finalmente en 2023 la línea automotriz inicia un proyecto de cables especiales para otro socio alemán.

Hitos importantes de la línea automotriz

- En la década de los ochenta la línea automotriz y una empresa tecnológica global inician un joint venture⁶.
- Una década más tarde en 1990 se inaugura el Centro de I+D (sede 2) en Querétaro e inician operaciones en su Planta de Apaseo.
- En 1992 es comprado por un Conglomerado Mexicano.

⁶ El Joint venture es una asociación estratégica temporal entre dos o más empresas para llevar a cabo una operación comercial determinada. Recuperado el 5 de febrero de 2025 de <https://bbva.es/finanzas>.

- En 1994 inician operaciones en su planta de Ixtacuixtlan.
- En 1996 inician operaciones en su planta de Silao 1.
- En 1998 como parte de su nuevo modelo de negocio, desarrollan el software embebido automotriz.
- En 1999 inician operaciones en su planta de Silao 11.
- En 2007 se inician operaciones en su planta de Jerécuaro.
- En 2008 en San Felipe
- En 2012 en Jaral de Berrios y Planta Ocampo.
- En la década de los 2020 una ensambladora alemana les asigna el arnés de batería del nuevo auto eléctrico que se producirá en Chattanooga.
- En 2023 inicia el proyecto de cables especiales para una ensambladora alemana y la fabricación de arneses con Ethernet a 1 Gbps.
- En 2023 inicia un proyecto de cables especiales para BMW.
- En 2024 se apertura la planta Victoria de Guanajuato, así como la planta de San Felipe III (G.Beta, 2024).

Cobertura Geográfica de la línea Automotriz.

La cobertura geográfica de G. BETA tanto de la línea automotriz, al igual que la de la línea eléctrica, se encuentra principalmente en la región del Bajío en México. Dentro de la cobertura geográfica de la automotriz en México, se encuentran tres clústeres (tabla 45). Este línea no cuenta con plantas en el extranjero.

El Clúster 1, en Guanajuato, fue fundado en 1996 y es un clúster de manufactura para clientes de OEM americanos. Los productos que fabrica esta planta son automotrices para OEM del NAFTA y proceso de secuenciado.

El clúster de 2 fue fundado en 1991 en el estado de Guanajuato. Es un clúster de manufactura para sistemas eléctricos de clientes TIER 1. Sus principales productos son cable bujía, cable

batería, manufactura de arneses automotrices para clientes TIER 1 que producen: motor, body, panel instrumental, cajuelas y lámparas.

El Clúster 3 fue fundado en 1994 en Ixtacuixtla en el Estado de Tlaxcala. Los productos que fabrica esta planta son arneses automotrices para OEM europeos, manufactura modular, arneses automotrices: Motor, alternador, puertas, fascias, espejos laterales y quemacocos.

Tabla 45. Cobertura geográfica de las plantas de la línea automotriz.

Estado	Clúster	Plantas
Guanajuato	Clúster 1	– Planta 1 – Planta 2 – Planta 3 – Planta 4 – Planta 5 – Planta 6
Guanajuato	Clúster 2	– Planta 1 – Planta 2 – Planta 3 – Planta 4 – Planta 5 – Planta 6 – Planta 7
Tlaxcala	Clúster 3	– Planta 1 – Planta 2 – Planta 3 – Planta 4
Querétaro	Clúster 4	No hay plantas satélites

Fuente: Elaborado a partir de entrevistas realizadas y sitio web.

Principales Clientes

Los clientes de la línea automotriz son OEM y TIER 1 como se muestra en la tabla 46.

Tabla 46. Principales clientes OEM Y TIER 1

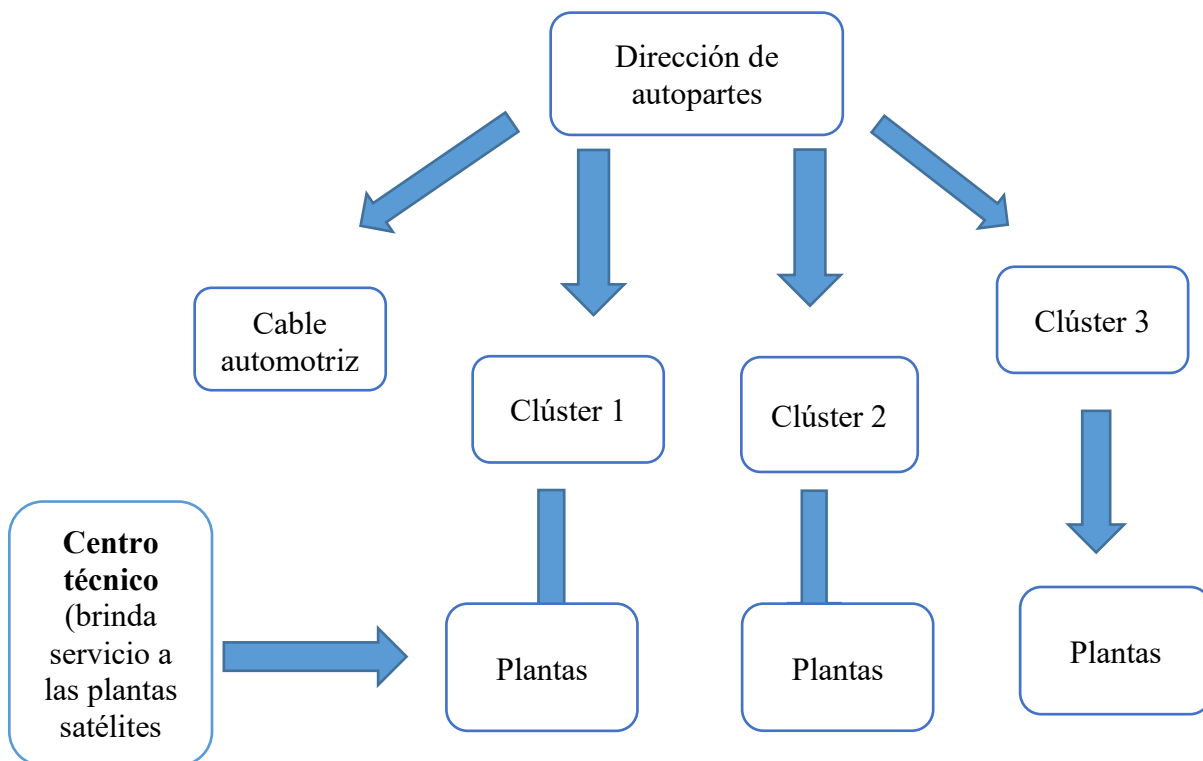
Clientes OEM	Clientes TIERS
Audi BMW General Motors Isuzu Navistar Volkswagen	ABC Inoac, ACPS, AGS, American Expedition, Aptiv, Batz,BorgWarner, Brose, CIE Golde, Flex-N-Gate, Flotamex, Forvia, FRS, Grupo Antolin, Grammer, HBPO, Hella, IGB, Inalfa, Johnson Controls, KASAI ,Kautex, Kem Krest, Lear, Magna, Mahle, Martinrea, MERIT, Montaplast, Plasma, Plastic Omnium, SAS, SMR, U-Shin, Valeo, Vehicle, Ventra, Vuteq, Webasto, Yangfeng, ZKW.

Fuente: Elaborado a partir del sitio web.

5.3.2 Estructura organizacional de la línea automotriz.

La línea automotriz tiene una dirección del sector, a la que le reportan los 4 clústeres: y a cada Clúster le reportan sus plantas satélites. El Centro técnico brinda servicio a las plantas de autopartes, como lo muestra la figura 23.

Figura 23. Estructura organizacional de la línea automotriz.



Fuente: Elaborado a partir de entrevistas realizadas.

La línea de negocio automotriz ha sido reconocido con varios premios, reconocimientos y certificaciones que fueron resultado de innovaciones, ya sea para reducción de costos, aumentar productividad y calidad (tabla 47).

Tabla 47. Premios, reconocimientos y certificaciones. Línea automotriz.

Premio/Reconocimiento /Certificación	Institución que lo otorga	Categoría
Premio (2014)	General Motors	Calidad en sus plantas de Apaseo y San Felipe
Premio (2015)	General Motors	Entrega de partes de Servicio
		Proveedor estratégico (SSP) en conjunto con Delphi
		Supplier Quality Excellence
		Pinnacle Award por desempeño de calidad y entregas de Delphi
		Customer Care and Aftersales On-Time Shipping Awards
Premio (2016)	General Motors	Best Project Management en Troy Michigan de Valeo
		Supplier Quality Excellence para San Felipe, Apaseo El Grande y San Diego de la Union
		Certificate Excellence Gold-Customer Care and Aftermarket
Premio (2017)	Daimler autobuses	Daimler Masters of Quality
	General Motors	Supplier Quality para Jaral del Progreso, Ocampo y San Felipe
Premio (2019)	General Motors	Supplier Quality Excellence para Apaseo el Grande, Jaral de Progreso y San Felipe
Premio (2020)	General Motors	Supplier Quality Excellence para Arcomex
Premio (2021)	General Motors	Supplier Quality Excellence para Apaseo el Grande y Jaral del Progreso
Reconocimiento		Supplier Quality Excellence

2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 y 2023.	General Motors	
Reconocimiento		Supplier CQSTP
Reconocimiento 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018		Supplier Quality
Galardón		Socio de GM por más de 50 años en sus 85 años en México.
Reconocimiento	VW	VW Group Award VW Formel “Q”
Reconocimiento 2015 y 2017	DAIMLER	Masters of Quality
Reconocimiento 2015	DELPHI	Pinnacle Award for Supplier Excellence
Reconocimiento	HONDA	Productivity: 2010 Best Suppler: 2006 Quality & Delivery: 2006
Reconocimiento	FORD	Ford “Q1”: 2003
Reconocimiento	NISSAN	Quality Master RCO CTRL Production Central
Reconocimiento	VALEO	Best Project Management: 2015
Certificaciones	ISO	ISO 14001 Arneses Apaseo ISO 14001 Arneses Silao ISO 14001 Arcomex
Certificaciones	IATF	IATF 16949 Arneses Apaseo IATF 16949 Arneses Silao IATF 16949 Arcomex
Distintivo	(Cemefi)	Empresa Socialmente Responsable. Durante 10 años consecutivos

Fuente: Elaboración con datos extraídos de su sitio web.

5.4 EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO.

5.4.1 Principales características.

El G. BETA cuenta con un Centro de I+D que se creó en 1986 y empieza operación en 1990 en Querétaro. En él se desarrollan competencias de creatividad e innovación para la creación de tecnologías de proceso, producto y sistemas requeridos para ambas líneas de negocio y para el conglomerado mexicano.

“Desde que G. BETA se incorporó al Conglomerado mexicano en 1992, el interés fue dar servicio a todos los sectores del conglomerado. Sus principales clientes son las empresas de G. BETA, también presta servicios a los otros sectores del Grupo en la parte de gestión e implantación de sistemas de gestión.” (Entrevistado 2)

El Centro de I+D cuenta con dos unidades o sedes: (Entrevistado 1) La sede 1 que da servicio principalmente a la línea eléctrica y la sede 2 a la línea automotriz de G. BETA (Entrevistado 2). El Centro de I +D da servicio a todas las plantas de la línea eléctrica del G. BETA, incluidas las plantas del extranjero.

“Tenemos nuestro propio Centro de I+D que es una referencia en América Latina; está ubicado en la ciudad de Querétaro-México y cuenta con profesionales altamente especializados y su propia tecnología, lo que les permite a las empresas del grupo desarrollar productos a la medida de las necesidades de sus clientes. Hoy tenemos 67 patentes en México, 107 internacionales y 149 más presentadas.” (G. BETA Brasil, 2025)

Dentro de las actividades de I+D, el foco principal está en procesos, productos, pruebas de validación y sistemas de gestión. La sede 1 está organizado en 5 laboratorios, los que se describen a continuación (Entrevistados 1 y 3).

- El primer laboratorio se denomina “*de cables*”, ahí diseñan los cables de energía y automotrices que vende el G. BETA.

- El segundo laboratorio se denomina “*de materiales compuestos y ensayos*”. En el área de compuestos se desarrollan los compuestos plásticos y elastómeros que son requeridos para los productos que se fabrican en el Grupo orientados a cables eléctricos y de telecomunicaciones. El área de ensayos, por su parte, cuenta con la acreditación ante la Entidad Mexicana de Acreditamiento, lo que les permite que sus reportes tengan valor oficial.
- El tercer laboratorio se denomina “*modernización y metalurgia*”. En el área de modernización se desarrolla todo lo relacionado con diseño de equipo, maquinaria y equipo de pruebas. En metalurgia tienen dos materiales fundamentales: cobre y aluminio, por lo que aquí laboran especialistas en estos materiales.
- El cuarto laboratorio denominado “*telecomunicaciones*” está orientado al desarrollo de cables, especialmente de fibra óptica.
- En el quinto laboratorio llamado “*tecnologías de la información*” se desarrolla todo lo relacionado a software de uso específico, de lenguaje de programación para aplicaciones especiales (similar al software de office).

Toma de decisiones y actividades de I+D

Para G. BETA las decisiones de I+D son una decisión del negocio. Cuando se requiere crecimiento o incursionar en otro mercado, la I+D marca las directrices de lo que se requiere y de las necesidades del negocio (Entrevistado 1).

“Participamos cuando hay una disrupción del mercado, también en la expansión o diversificación del producto. Participamos en otra estrategia que pudiera ser asociaciones estratégicas ya sean tecnológicas o de capacidad, por ejemplo, si creció el negocio, me asocio para crecer en capacidad o me asocio para transferir o adquirir tecnología. En adquisiciones podemos participar si nos llaman.”
(Entrevistado 2)

Las actividades de I+D son principalmente el desarrollo de competencias de innovación en sus tres vertientes:

- 1) creación de tecnologías de proceso

- 2) desarrollo de productos
- 3) sistemas requeridos para todo el grupo

SEDE 1

En esta sede se enfocan a proyectos de I+D. Cuentan con laboratorios y plantas piloto que permiten la fabricación de prototipos y la implementación de tecnologías que posteriormente serán escaladas y transferidas al Conglomerado Mexicano (Entrevistado 1).

SEDE 2

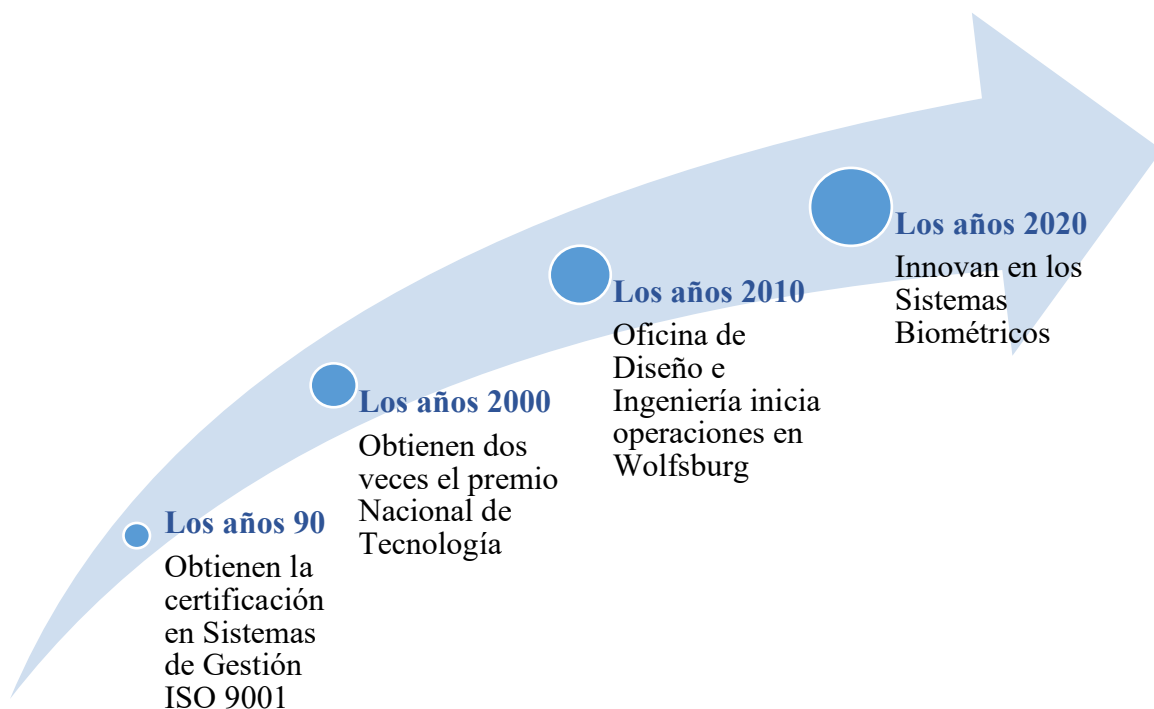
Aquí se desarrolla la ingeniería en soluciones de movilidad que incluyen sistemas eléctricos y electrónicos requeridos por fabricantes de automóviles (Centro de I+D, 2023) (Entrevistado 1).

Hay productos donde son líderes, pero hay otros donde son seguidores cercanos (Entrevistado 1). En ambas sedes el 60% de sus proyectos de innovación están enfocados a ambas líneas del G. BETA, y el 40% restante es para dar servicios a otras empresas.

La figura 24 ilustra los principales hitos del Centro de I+D.

- Destaca que en la década de los noventa obtienen la certificación en Sistemas de Gestión ISO 9001.
- En la década de los 2000 obtienen dos veces el premio Nacional de Tecnología (2002 y 2004), así como el reconocimiento a la cultura tecnológica.
- Para la década de los dos mil diez la Oficina de Diseño e Ingeniería inicia operaciones en Wolfsburg (Alemania) y también obtienen el distintivo de Empresa Socialmente Responsable.
- Para el 2021 han desarrollado e innovado en los Sistemas Biométricos (Centro de I+D, 2023).

Figura 24. Hitos importantes del Centro de I+D.



Fuente: Reportes de página web diversos años.

5.4.2 Patentes del Centro de Investigación y Desarrollo.

Las patentes otorgadas, principalmente en temas relacionados a tecnologías, reducción de costos, productividad y calidad, así como programas de cómputo. Están a título de mejoras en cables ópticos para telecomunicaciones, sistemas de control e iluminación, sistemas de detección y eliminación de burbujas, sistemas de medición, cables de fibra óptica, sistema de manufactura flexible, modelo industrial de soporte para arnés automotriz, sistemas de control de normas e información, sistemas de inspección a distancia y programas de cómputo, entre otros (Conglomerado Mexicano, 2023). Estas son algunas patentes concedidas a este Centro de I+D en ambas sedes.

Las patentes, los premios y las certificaciones son un resultado de los diversos proyectos de innovación que han tenido a lo largo de su historia y gracias también a la vinculación que han tenido tanto a nivel nacional como internacional.

SECCIÓN IV ANÁLISIS EMPÍRICO Y RESULTADOS.

En esta última sección se presenta el caso a analizar. En el Capítulo 6 se presenta la matriz de CT con procesos de transformación digital de Dutrénit *et al.* 2024. Esta matriz sirve de referencia para analizar el proceso de acumulación de CT y el entorno y sirve para analizar las CT de acuerdo a autores clásicos, ya que se utiliza una definición de CT general, elemento importante para conocer qué CT tiene el grupo.

En el Capítulo 7 se presenta la matriz de Motivaciones, estrategias y capacidades tecnológicas para la adopción de la I4.0, propuesta en el marco analítico, de la sección 2.1.2 del capítulo 2. En este capítulo se analizan las motivaciones, las estrategias de acuerdo a un nivel de digitalización en la empresa asociada a un nivel de CT para la adoptar la I4.0.

Finalmente, en el Capítulo 8 se presentan las conclusiones, las contribuciones y las recomendaciones.

CAPÍTULO 6. MATRIZ DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS CON PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL.

Este capítulo describe y analiza las CT que ha construido el G. BETA a través de la matriz de CT propuesta por Dutrénit et al. (2024), que se presenta en la tabla 15 de la sección 1.3.4.3. También analiza el papel del entorno en la acumulación de CT. Este capítulo se basa en entrevistas y documentos públicos, siguiendo la metodología de estudio de caso descrita en el Capítulo 3.

Los conceptos más importantes usados en este capítulo son: CT y entorno y se describieron en el Capítulo 2. La información sobre cómo se construyeron sus CT se obtuvo con información de entrevistas semiestructuradas a ex gerentes y gerentes del Centro de I+D, gerentes de ambas líneas de negocio, gerentes de producción, de calidad y de análisis de procesos. Una parte de las entrevistas se llevaron a cabo de manera que los entrevistados contarán su historia en el grupo y los hitos más importantes que ellos identificaban en ese periodo. Los relatos fueron la base para la descripción y el análisis de la construcción de las CT en el grupo y se enfoca en las CT acumuladas, para identificarlas se agruparon en las 5 funciones que propone Dutrénit et al. (2024) presentadas en la sección 1.3.4.3.

6.1 LA MATRIZ DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS CON PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL.

La matriz que se presenta a continuación es propuesta por Dutrénit et al. (2024), y tiene como base la propuesta de Bell y Pavitt (1995), pero incorpora elementos que permiten repensar las funciones técnicas en un contexto actual de transformación digital. Como se ilustra en la tabla 15 de la sección 1.3.4.3 esta matriz incluye 5 funciones y 4 niveles de CT:

- 1) las capacidades de toma de decisiones para la adopción y desarrollo de tecnologías,
- 2) las capacidades para adoptar, adaptar y desarrollar tecnologías de proceso;
- 3) las capacidades para desarrollar nuevos productos;
- 4) las capacidades de vinculación con otros actores;

5) las capacidades para la integración de tecnologías exponenciales.

Para determinar cuál es el nivel de CT en el G. BETA y cómo está incorporando el proceso de transformación digital, se realizó una guía de entrevistas con preguntas semiestructuradas a diferentes empleados del Grupo, desde gerentes de operación de plantas, un gerente de clúster, gerentes del área de manufactura de la línea eléctrica y automotriz, ex y directores del Centro de I+D del Grupo. Esta información obtenida sirvió para identificar los niveles de CT en el Grupo, los temas abordados en las entrevistas se mencionaron en las tablas 23 y 24 del capítulo 3.

A continuación, se presenta la matriz de CT con procesos de transformación digital para ambas líneas de negocio, en la sección 6.1.1 se presenta la matriz para la línea eléctrica y en la 6.1.2 se presenta la línea automotriz.

6.1.1 Matriz de CT con procesos de transformación digital: línea eléctrica.

Para construir la matriz de CT con procesos de transformación digital en la línea eléctrica, se describen las funciones y niveles de cada función técnica alcanzados por G. BETA.

6.1.1.1. La acumulación por función técnica.

1) Función 1: Toma de decisiones para la adopción y desarrollo de tecnologías.

Desde sus orígenes en 1954 en la línea eléctrica, el G. BETA tuvo la sensibilidad de tomar decisiones para adoptar nuevas tecnologías, lo que llevó a tomar la decisión de fabricar los primeros cables de baja tensión con aislamiento de PVC. Posteriormente el grupo decidió transferir su tecnología de cables hacia la línea automotriz y abrió una planta en Tlaxcala en 1974. Este hito definió las responsabilidades para la toma de decisiones en cuanto a la innovación, ya que se diferenciaron claramente las dos líneas de negocio (eléctrico y automotriz) y por tanto los productos y los mercados de cada sector. Asimismo, se definieron las responsabilidades de la toma de decisiones, por ejemplo, todas las plantas de esta línea le comenzaron a reportar a la dirección operacional y esta le reporta directamente a la Dirección

de esta línea (Entrevistado 3). El G. BETA avanzó muy rápidamente de tener CT rutinarias hacia CT innovativas básicas.

Una década más tarde, con la instalación de su planta en España en 1986 y la creación de su Centro de I+D en Querétaro, el alcance de las operaciones y el desarrollo de tecnologías se amplió al mercado europeo, y más tarde al mercado latinoamericano con la instalación de sus dos plantas en Brasil en 1997 y 2005 (Conglomerado Mexicano, 2005). Este posicionamiento alcanzado en los mercados nacionales e internacionales, siendo líder en algunos productos y seguidor en algunos otros, hace que la cercanía a los cambios en las tendencias de los mercados sea parte fundamental de su toma de decisiones dentro de su planeación estratégica (Entrevistados 1 y 2).

La integración entre todas sus plantas nacionales e internacionales y la definición en cuanto a una estrategia tecnológica de adopción de la I4.0 en su Sistema de Manufactura (recuadro 1 descrito en la sección 7.1.4) han permitido que avancen hacia un nivel intermedio de CT innovativas.

“Cuando llegamos precisamente a ver cómo incorporábamos los conceptos de I4.0 dentro del sector, ahí se volvió ventaja el tener una planta en el extranjero... eso nos da ventaja sobre lo que ya se está viviendo allá, y que aún no se vive de este lado.”
(Entrevistado 3)

Actualmente, el G. BETA cuenta con una estrategia empresarial, la cual se plasma en su modelo de negocio, en ella se busca un posicionamiento frente al mercado nacional como internacional. Los encargados del diseño y de la ejecución son las áreas: comercial, financiera y operativa. EL Centro de I+D participa en la ejecución del modelo de negocio.

Dentro de la línea de negocio eléctrica ya se cuenta con una estrategia tecnológica de adopción de I4.0 bien definida, ya que cuenta con un documento rector de especificaciones en el área de fabricación para homogenizar sus procesos e identificar puntos críticos en su producción. Ellos cuentan con: (Entrevistado 3).

- Reuniones regulares y herramientas para la toma de decisiones, por ejemplo, la encuesta de identificación de madurez tecnológica en las plantas, que les sirve para identificar tanto las capacidades tecnológicas como las organizacionales e identificar la dirección hacia donde tienen que moverse para avanzar en la adopción de TD (Tecnologías Digitales).
- El uso de algunos habilitadores digitales como: comunicación máquina a máquina, impresoras 3D, Big Data e internet de las cosas, que dotan a los equipos con funcionalidades que les permiten capturar información y tomar mejores decisiones

El tener plantas en el extranjero les permite actualmente diseñar estrategias experimentales para anticiparse a las necesidades de los mercados nacionales como internacionales. Todas estas actividades y el uso de algunas TD hicieron posible avanzar primero hacia un nivel intermedio de CT innovativas, y actualmente hacia un nivel avanzando en la función de Toma de decisiones para la adopción y desarrollo de tecnologías.

2) Función 2: Adoptar, adaptar y desarrollar tecnologías de proceso.

En sus inicios, el G. BETA se manejaba con CT de producción rutinarias en esta función. Realizaban el mantenimiento básico de sus instalaciones de producción de cables. A medida que fueron aprendiendo, avanzaron hacia realizar el estiramiento de maquinaria mediante actualizaciones en hardware y software, y adaptaciones menores de equipos y procesos para incrementar la eficiencia. Gradualmente construyeron CT innovativas básicas.

Posteriormente desarrollaron y adquirieron maquinaria para el manejo de algunos insumos e incorporaron sensores en algunos equipos para obtener información de fallas y llevar un registro digital de su proceso de producción (Entrevistado 3). También comenzaron a usar TD para el monitoreo de las etapas en los procesos de producción, por ejemplo, en el área de logística, para la entrega de sus productos (Entrevistado 4).

El desarrollo de actividades de I+D ha sido central para mejorar sus procesos, ellos cuentan con proyectos de manufactura para avanzar en la digitalización, incorporando conceptos de

lean manufacturing en su proceso productivo, así como la incorporación de habilitadores digitales para el monitoreo continuo de sus operaciones y evitar paros en la producción debido a fallas. Pueden generar una integración para crear, compartir y analizar datos a lo largo de su cadena de valor (Entrevistado 3).

Han desarrollado maquinaria que permite borrar la memoria de la forma original de los cables, la cual fue patentada (Entrevistado 1). En la línea eléctrica, el G. BETA ha automatizado algunos de sus procesos productivos y actualizado con herramientas digitales algunos de sus equipos. Se ha apoyado de las implementaciones que están haciendo en sus plantas en España en cuanto a I4.0, esto debido a que instrumentaron de manera definitiva la automatización en algunos equipos para monitorear las variables que para ellos eran de su interés.

“España hace eso... aquí entonces empezamos a incorporar aplicaciones de ese tipo a los equipos, para empezar a monitorear de forma continua las variables críticas que nos interesan.” (Entrevistado 3)

Con este proceso de automatización ellos quieren lograr mejorar la trazabilidad de sus productos, mediante la automatización en sus procesos y operaciones, así como la digitalización de sus actividades para minimizar su dependencia del uso del papel.

“La trazabilidad digital es otro de los beneficios que puedes dar, demostrando que el producto que le estás entregando al cliente puede mostrar toda la fabricación que se siguió, desde la trazabilidad hacia la materia prima, hacia la mano de obra, hacia los equipos, hacia los insumos, hacia los usos de energía, hacia todo lo que sea de interés del cliente o de tu interés de acuerdo a los indicadores con los que te estas conduciendo. La información en tiempo real es la que le permite dar una clara y certera información de lo que está ocurriendo en todo el proceso de fabricación.”
(Entrevistado 3)

Dentro de su cuarto de control han implementado algunos sistemas de información para obtener ciertos beneficios de la I4.0. Cuentan con sensores actuando a lo largo de su línea, con PCL que es su nivel de control, con SCADA que es su nivel de visualización, con MES

que es su nivel de operación y con SAC que es su nivel de información. La relación que tienen todos estos niveles, MES/SCADA, PCL y SAC, es lo que proporciona una adquisición, manejo y control de datos, generando trazabilidad en tiempo real (Entrevistado 8).

Estas actividades sugieren un avance hacia no solo CT innovativas intermedias, sino incluso hasta un nivel intermedio-avanzado de CT innovativas. Han fortalecido las actividades de I+D para mejorar sus procesos. Pero no se observa un uso sistemático de TD en todos los equipos y procesos, ni de robots y digitalización de la información generada, por lo que no han alcanzado aun el nivel avanzado de CT innovativas de Adoptar, adaptar y desarrollar tecnologías de proceso.

3) Función 3: Desarrollar nuevos productos.

En su creación, el G. BETA comenzó reproduciendo diseños fijos y buscando el control de la calidad de estos en el proceso productivo como parte de sus CT de producción rutinarias.

En los años noventa se comenzaron a desarrollar mejoras incrementales a los productos, por ejemplo, el cable Afumel cero halógenos y el alambre magneto clase térmica 200°C (G. BETA, 2024), alcanzando un nivel de CT innovativas básicas. Rápidamente avanzaron hacia introducir mejoras a sus diseños a partir de actividades de I+D, con la creación del Centro de I+D, y diseñaron cables para la construcción para su uso en edificios, centros comerciales y hospitales, el cual mejora su condición para hacerlos mucho más seguros (Gradualmente fueron avanzando hacia un nivel intermedio de CT innovativas).

Actualmente cuenta con una diversidad tecnológica tan amplia que, con la misma tecnología, pueden incorporarse a otros mercados (Entrevistado 2). Esto ha sido una ventaja competitiva para el Conglomerado Mexicano en general y para G. BETA en particular.

“La diversificación de los productos ... te lo demanda el mercado porque se desarrollan nuevas aplicaciones... entonces tecnológicamente los productos se van haciendo cada vez más complejos, entonces no necesariamente es una iniciativa de

la empresa sino es una iniciativa de diversificación provocada por el mercado: la diversificación del producto con base en las nuevas necesidades del mercado.”
(Entrevistado 2)

Como parte de esta diversificación de productos, el Centro de I+D en conjunto con las plantas De la línea eléctrica desarrollaron nuevas propiedades de productos existentes o apoyaron en la evaluación de los productos. Por ejemplo, en la planta de España apoyan en la evaluación para la comercialización a las armadoras europeas. Algunos avances en el desarrollo de nuevos productos son:

- Diseños experimentales en sus plantas (Entrevistado 3).
- Desarrollo del cable batería de aluminio para la línea automotriz en 2011 (Entrevistados 2, 3 y 4).
- Desarrollo de cables para construcción en hospitales, centros comerciales y edificios haciéndolos más seguros (Entrevistado 1).
- Desarrollo de una cubierta de material polimérico para cables (Entrevistado 3).

El G. BETA ha implementado TD en el desarrollo de productos de la línea eléctrica, por ejemplo, ya cuenta con uso de algunas tecnologías como: comunicación máquina – máquina, impresoras 3D, big data e internet de las cosas. Asimismo, en el desarrollo de ingeniería y materiales cuentan con un ERP⁷, también para la fundición del aluminio ya cuentan con tecnologías de la información para avanzar hacia la I4.0.

De acuerdo con todos estos desarrollos de productos y el uso de algunas TD, el G. BETA ha avanzado hacia un nivel intermedio- avanzado de CT innovativas. Aún no se observa un uso sistemático de TD en el diseño de productos, lo que no hace posible alcanzar el nivel de CT innovativas avanzadas en la función de Desarrollar nuevos productos.

⁷ Software de Gestión Empresarial.

4) Función 4: Vinculación con otros actores.

Desde sus inicios en 1954, la empresa estableció relaciones de vinculación con socios internacionales, ya que era socio de una multinacional italiana. Buscó proveedores de sus materias primas y clientes, y amplió sus mercados, como parte de sus CT de producción rutinarias, y rápidamente avanzó de un nivel rutinario a un nivel básico de CT innovativas.

Dada su trayectoria de interacción con sus socios internacionales, G. BETA estableció gradualmente una fuerte vinculación con diversos actores como: universidades, centros de investigación, gobierno y clientes (Entrevistado 3), con quienes ha desarrollado diversos proyectos, por ejemplo, el desarrollo del cable batería, cables de construcción mejorados y un Diplomado. A lo largo del tiempo desarrolló varias actividades, que muestran CT innovativas intermedias y algunas avanzadas, tales como:

- Estancias de investigación de universidades públicas en el Centro de I+D (Entrevistado 4).
- Colaboraciones con centros públicos y centros tecnológicos (Entrevistado 4).
- Acceso a apoyos públicos para la innovación, como proyectos con el Programa de Estímulos a la Innovación (PEI) y el programa de estímulos fiscales a la I+D (Entrevistado 4).
- Colaboraciones con clientes internacionales (Entrevistado 1).
- Proyectos binacionales (Entrevistado 3).
- Fuerte integración con sus plantas en el extranjero, tanto de Brasil como en España.

Como resultado de la vinculación con clientes internacionales, desarrollaron un diplomado en software embebido con la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), donde los mentores eran ingenieros del Centro de I+D. Todas estas actividades sugieren que actualmente tiene CT innovativas avanzadas en esta función técnica.

5) Función 5: integración de tecnologías exponenciales.

El proceso de integración de nuevas tecnologías inició en el año 2000 con la incorporación de los conceptos *lean manufacturing*. El objetivo fue estandarizar los procesos para identificar los que se pueden automatizar y optimizar e iniciar un proceso de sensibilización sobre el uso e implementación de TD como parte de sus CT rutinarias en esta función.

Con la llegada de una nueva dirección, lo primero que se solicitó fue la adopción de estos conceptos y este proceso comenzó de manera muy informal de 2000 hasta 2019 (Entrevistado 3); con estas actividades el grupo avanzó hacia un nivel básico de CT innovativas.

“Comienza de manera, digamos, muy relajada, muy informal y sin establecer las reglas del juego, digamos que cada planta lo adopta según el nivel de convicción que tuvo el gerente de la planta en ese momento.” (Entrevistado 3)

En este proceso de adopción e implementación de TD, algunas otras iniciativas que han tenido se enlistan a continuación:

- Integración de procesos digitales para eliminar 100% el uso de papel para crear una industria libre de papel.

“Se acabó el papel, todo lo que se genere y se registre lo vamos a manejar por medios electrónicos, si eso implica que a los técnicos de prueba se les tenga que entregar una tableta, y que en esa tableta tomen la fotografía, descarguen el dato, descarguen la información y después la transfieran a su reporte final.” (Entrevistado 3)

- Integración de habilitadores digitales que permitan avanzar hacia la adopción de la I4.0.
- Uso de ciberseguridad, esto les brinda seguridad en la información en los sistemas de gestión que garantice al cliente confidencialidad y disponibilidad de la información.
- Uso de sensores en el equipo para identificar paros en la producción y solucionarlos en tiempo real.

A través de sus equipos de telecomunicaciones esta línea de negocio está implementando internet de las cosas, incorporando sensores y desarrollando aplicaciones para un monitoreo continuo de sus variables críticas como parte de la adopción de las nuevas tecnologías.

“Hoy, por ejemplo, ¿qué estamos haciendo? a través del equipo de telecomunicaciones y algunas implementaciones de Internet de las cosas, estamos adquiriendo sensores o buscándo desarrollar aplicaciones que hagan posible el monitoreo continuo de las variables importantes de cada uno de los equipos críticos, eso, por ejemplo, es algo que aprendimos de España.” (Entrevistado 3)

Para esta función, el G. BETA se encuentra en un nivel aún intermedio de CT innovativas, si bien ya ha avanzado en la adopción de TD y tiene todo un proceso de sensibilización en la organización para la adopción de nuevas tecnologías, el proceso de digitalización aún es lento. Cuentan con la adopción de nuevas tecnologías como el SAP, ciberseguridad, sensores en su cadena de valor y software que les habilita el proceso de digitalización, sin embargo, este uso no está integrado en todos sus procesos. La interacción que se da con la planta de España impactó de manera positiva en cuanto a la adopción de nuevas tecnologías.

6.1.1.2 La matriz de CT de la línea eléctrica.

En resumen, la tabla 48 presenta la matriz de CT con procesos de transformación digital del G. BETA en su línea eléctrica. El G. BETA ha alcanzado diferentes niveles de CT en sus funciones en este sector. En la función de toma de decisiones para la adopción y desarrollo de tecnologías, la empresa adquirió los elementos tecnológicos necesarios de sus socios tecnológicos, así como del Conglomerado Mexicano donde se encuentra integrado, y ha construido CT avanzadas.

El G. BETA ha evolucionado en sus funciones, a partir de sus actividades de I+D y de la creación del Centro de I+D en el año en 1986 el cual jugó un papel central en la construcción de sus CT innovativas. Esta línea de negocio ha alcanzado un nivel intermedio en la función de integración de tecnologías exponenciales ya que están más atrasados relativamente, ya cuentan con un proceso de sensibilización, con una estrategia bien definida de adopción de

I4.0, se han digitalizado algunos procesos que consideran prioritarios, pero el uso de tecnologías exponenciales no ha sido sistemático o generalizado en todos sus procesos de producción.

En el nivel intermedio/avanzado se encuentran las funciones de adoptar, adaptar y desarrollar tecnologías de proceso y en la función de desarrollo de productos y en niveles avanzados se encuentran las funciones de toma de decisiones para la adopción y desarrollo de tecnologías y vinculación con otros actores.

La vinculación con actores ha sido una fortaleza del G. BETA porque al iniciar actividades con un socio extranjero aprendió a establecer relaciones con otros actores. La interacción con sus plantas en el extranjero ha tenido un impacto positivo, tanto al acceso a mercados europeos como a la identificación de sus niveles de madurez en sus plantas en México para determinar el nivel en que se encuentran para la adopción de la I4.0. Asimismo, construyó fuertes vínculos con universidades y centros de investigación.

Tabla 48. Matriz de CT con procesos de transformación digital del G. BETA en su línea eléctrica.

Nivel de CT	Toma de decisiones para la adopción y desarrollo de tecnologías	Adoptar, adaptar y desarrollar tecnologías de proceso.	Desarrollo de nuevos productos.	Vinculación con otros actores.	Integración de tecnologías exponenciales.
Rutinario					
Básico					
Intermedio					
Intermedio/avanzado					
Avanzado					

Fuente: Elaboración propia con información de entrevistas y documentos oficiales.

6.1.1.3 Importancia del contexto en la ACT en la línea eléctrica.

Para el análisis de las esferas respecto a la influencia del contexto en la acumulación CT, las esferas: económica, y científico-tecnológica y ambiental han sido las de mayor importancia debido a los grandes esfuerzos de I+D de G. BETA, que están encaminados al desarrollo de nuevos materiales, diseños y productos que sean menos contaminantes y más duraderos. En

la esfera económica: la infraestructura eléctrica nacional, los cambios en las necesidades de los clientes nacionales y extranjeros y las crisis económicas, tienen un impacto positivo en las actividades de innovación de la línea eléctrica.

“Yo diría que uno de los motores principales para definir nuestra participación suele ser las crisis económicas, o sea, cada vez que el mercado sufre, o la economía sufre un golpe severo, se compromete la continuidad del negocio, es donde participa el centro de I+D.” (Entrevistado 3)

El desarrollo de proyectos de I+D en cuanto a la adopción de las nuevas tecnologías se ve afectado porque existe mucha incertidumbre y es costosa, sobre todo ahora que los apoyos públicos a la innovación, como lo fue el programa de estímulos a la innovación (PEI), han desaparecido. Los proyectos de innovación se enfocan en la demanda que está orientada por las normativas ambientales. El desarrollo de nuevos productos como cables recubiertos por polímeros menos contaminantes, durables a costos no excesivos, es el resultado de estas nuevas demandas.

Para G. BETA las esferas político-social y cultural tienen un impacto negativo en la ACT ya que la inseguridad territorial, la fuga de talento y el conflicto que puede generarse en el personal por la introducción de la digitalización o la introducción de nuevas tecnologías impactan de manera negativa frenando la innovación. La tabla 49 contiene las variables del contexto más relevantes en cuanto a su influencia en las decisiones sobre el proceso de ACT del G. BETA, una breve descripción de su influencia en la acumulación de CT y una valoración subjetiva de su importancia relativa que emerge de las entrevistas. Estas variables se presentaron en la sección 1.3.6 en la tabla 17.

Tabla 49. Resumen de la influencia de las esferas del contexto sobre la ACT en la línea eléctrica.

Esfera	Variable	Impacto sobre la ACT	Acción y/o resultado sobre su ACT	Importancia
Económica	Infraestructura eléctrica nacional	Positivo	Las limitaciones en cuanto a la infraestructura eléctrica nacional han estimulado al sector al desarrollo de productos adaptados al contexto mexicano.	5
		Positivo	El mercado y los clientes demandan nuevos productos como los autos eléctricos, eso requiere nuevos materiales, adaptaciones en plantas, etc.	5
	Apertura económica	Positivo	Permitió la búsqueda de socios tecnológicos con los cuales se generaron proyectos en conjunto, por ejemplo, a través de un <i>joint venture</i> .	4
	Crisis económicas	Positivo	Una oportunidad para poder generar disrupción en los mercados en los que opera, por ejemplo, sustitución del cobre por fibra óptica en sus cables.	4
Científico-Tecnológica	Vinculación con universidades nacionales	Positivo	Desarrollo de robots y creación de un diplomado de software embebido.	5
	Vinculación con clientes extranjeros	Positivo	<i>Joint venture</i> con una empresa americana desde 1986, que influyó en de que forma en la ACT _G ???	5
	Estímulos fiscales a la I+D y PEI	Positivo	Favorecen el desarrollo de proyectos y actividades de innovación en G. BETA.	4
Ambiental	Requerimientos de normas ambientales	Positivo	Estimulan al desarrollo de productos como el cable recubierto de polímeros menos contaminantes y durables.	5
Político- social	Inseguridad territorial	Negativo	El estado de derecho de la región (inseguridad) afecta las decisiones de abrir una planta o no en una zona. Esto puede generar el desaprovechamiento del talento del personal de la región.	3
Cultural	Fuga de talento	Negativo	Afecta negativamente porque los talentos se van. Ante esto generaron una identidad del Grupo incentivando el trabajo colaborativo y evitando despidos mediante la creación de nuevos puestos de trabajo.	3
	Dificultades para entender el trabajo colaborativo hombre-máquina.	Negativo	La digitalización puede entrar en conflicto con los trabajadores, es por ello que iniciaron un proceso de sensibilización para evitar que se sientan desplazados y mostrar el trabajo en conjunto hombre-máquina.	3

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de las entrevistas realizadas a personal de G. BETA e información documental.

6.1.2 Matriz de CT con procesos de transformación digital: línea automotriz.

De acuerdo con la matriz de CT con procesos de transformación digital de Dutrénit *et al.* (2024), presentada en la tabla 15 de la sección 1.3.4.3 en este apartado se describen las funciones y niveles para la línea automotriz de G. BETA.

6.1.2.1 La acumulación por función técnica.

1) Función 1: Toma de decisiones para la adopción y desarrollo de tecnologías.

El G. BETA desarrolló un proceso de sensibilización sobre la necesidad del uso y adopción de nuevas tecnologías en la empresa, como parte de sus CT rutinarias. Su incorporación al Conglomerado Mexicano (1992) dio una evolución en cuanto a las responsabilidades para la toma de decisiones en la adopción y desarrollo de tecnologías, y así construyó sus CT innovativas básicas.

Más recientemente incorporaron algunas TD, como la habilitación digital, para la toma de decisiones.

“Habilitación digital... el adecuado uso de herramientas que nos ayuden a mejorar la productividad, la calidad de información y sobre todo contribuyan en nuestro caso con la parte de innovación en el grupo, entonces por innovación me refiero a que no solo usemos las herramientas de manera interna, también que nos ayuden a mejorar la comunicación con los clientes automotrices.” (Entrevistado 4)

Al estar integrados a CGV las directrices sobre las decisiones de adopción y desarrollo de tecnologías también las marca las OEMs.

“Cada quien desarrollaba su herramienta en función de sus necesidades, sin necesariamente pensar en la estandarización, lo cual es un error... que cada quien pensaba que estaba haciendo lo correcto dentro de un grupo grande, entonces el

desarrollo de prototipos virtuales en Norteamérica creció mucho por parte de las OEMs, entonces nosotros nos subimos, fuimos más reactivos, empezamos adquirir las licencias y empezamos a desarrollar.” (Entrevistado 4)

Esto sugiere que han alcanzado un nivel intermedio de CT innovativas.

2) Función 2: Adoptar, adaptar y desarrollar tecnologías de proceso.

La línea de negocio automotriz de G. BETA ha tenido como parte de sus actividades el mantenimiento y actualización de su maquinaria para mejorar su eficiencia como parte de sus CT rutinarias. Debido a la necesidad de actualizar la maquinaria y equipo, se deben realizar adaptaciones necesarias como parte del estiramiento de la vida útil del equipo, evolucionaron hacia la construcción de CT innovativas básicas tanto para adoptar, como para adaptar y desarrollar tecnologías de proceso. Esto ha hecho que gradualmente se automaticen algunos de sus equipos y que se realicen inversiones graduales y se incorporen funciones de digitalización en su maquinaria.

Han implementado automatización en procesos principalmente en donde se requiere alta precisión, por ejemplo, en el proceso de corte (Entrevistados 3 y 7). Tienen automatizados ciertos procesos que son repetitivos y manuales, ya que se encuentran con una limitante, resulta muy costoso automatizar todo el proceso, y se requeriría producir grandes volúmenes, es por ello que resulta menos flexible para hacer cambios y adoptar tecnologías exponenciales (Entrevistado 4). También han desarrollado maquinaria para cambiar la forma de los cables, que cuando se soltaban no debían regresar a su forma. Esta máquina fue patentada (Entrevistado 1). También tienen implementadas distintas tecnologías de procesos para obtener beneficios de la I4.0, principalmente en generar trazabilidad en tiempo real, tanto de sus variables como de sus productos terminados.

“En cada uno de los negocios, tienes necesidades de tecnologías y desde el punto de vista de manufactura tienes necesidad de ser productivos ¿basados en qué? Basados en todas las tendencias de manufactura. Yo te diría en el caso de los arneses, excepto

en los conectores, el resto de los procesos tienen muchas cosas interesantes relacionadas a la Cuarta Revolución Industrial. “(Entrevistado 1)

“Tenemos dos con MES y dos con SCADA. Nosotros podemos tener una vista general de la planta... La importancia también que nos da este sistema son nuestros indicadores diarios que se van actualizando cada cinco minutos. En esos indicadores diarios nosotros manejamos disponibilidad, rendimiento, calidad. Y de esta manera estamos trabajando con el OEM, ... podemos ver el estado de la línea, la velocidad, qué es lo que se está fabricando, qué orden estamos realizando, para qué cliente, cuánto requerimos, tanto en rollos como en toneladas.” (Entrevistado 9)

“La gestión de materiales ya se realiza mediante el ERP, que es el sistema de materiales de las plantas. La fabricación es un proceso muy manual, es interesante determinar la evolución digital ya que se ha dado de manera más natural en el sector por las necesidades del medio, por las necesidades de mega tendencias de productos que se hacen en la industria, o sea, los OEMS jalan mucho, aceleran mucho el desarrollo tecnológico por las necesidades del mercado... pero en cierto sentido es una contradicción técnica por el tipo de producto, a cualquier parte del mundo, donde hay una planta, vas a ver que los últimos procesos de ensambles son muy manuales y se ha tratado de robotizar sin mucho éxito, por el costo y lo que implica.”(Entrevistado 4)

Esta incorporación de tecnologías les permite obtener información de sus procesos mediante MES (nivel de operación) y SCADA (nivel de visualización), manteniendo un manejo y control de sus procesos.

Asimismo, las OEMs les exigen una reducción global de costos de los productos, lo que estimula a G. BETA a innovar en sus procesos, para cumplir con las exigencias de sus clientes y permanecer como proveedores dentro de la CGV (Entrevistado 1).

Todas estas actividades hacen que, en esta función técnica de adoptar, adaptar y desarrollar tecnologías de proceso, se ubique en un nivel intermedio de CT.

3) Función 3: Desarrollo de nuevos productos.

La línea de negocio automotriz de G. BETA comenzó realizando especificaciones y diseños fijos, manteniendo un control de calidad para asegurar los estándares ya existentes que exige el mercado internacional de la industria automotriz, esto como parte de la construcción de CT de producción rutinarias. Gradualmente construyeron CT innovativas básicas, en la medida en que comenzaron a realizar adaptaciones a sus productos como parte de las necesidades del mercado. Evolucionaron a construir CT innovativas intermedias, como lo reflejan una serie de actividades que desarrollan:

- Desarrollaron el cable plano para la línea automotriz (Entrevistados 1 y 4).
- Desarrollaron el arnés batería para los automóviles de Gama Premium para clientes internacionales.
- Generaron el cable de batería de aluminio para la industria automotriz (Entrevistado 3).
- En cuanto a la generación de información de desarrollo de producto y diseño, están completamente integrados con sus clientes.

“Es decir, ellos nos entregan su map data o sus modelos y nosotros de ahí continuamos el proceso sin necesidad de hacer operaciones manuales. Esto lo vamos procesando de manera automática y son muy puntuales algunas de las partes que tenemos que hacer. ¿A qué me refiero? Recibimos información y nosotros, a través de otros programas que tenemos actualmente o plataformas, completamos la información con nuestras propias bases de datos y generamos ya la información de manufactura para las plantas.” (Entrevistado 4)

- Cuentan con patrimonio tecnológico, con secretos industriales y patentes concedidas, por ejemplo, tienen secretos industriales que se derivaron de proyectos con clientes internacionales (Entrevistado 1).

Por otra parte, la reducción global de costos de los productos que les piden las armadoras OEMs a G. BETA los impulsa a innovar en sus productos, ya sea generando mejoras o creando nuevos productos para cumplir con las exigencias de sus clientes y permanecer como proveedores dentro de la CGV (Entrevistado 1). Sin embargo, las mejoras no pueden ser radicales, no pueden cambiar la naturaleza del producto, porque la CGV exige que se cumplan sus normas y estándares. Por ejemplo, año con año uno de sus socios comerciales extranjeros les pide un programa de innovación orientado a la reducción de costos, es decir, una cartera de innovación, así el producto que ya venden iría con una mejora adicional (Entrevistado 1).

El pertenecer a CGV podría parecer una limitante en las actividades de innovación ya que las innovaciones son de mejora continua, y no radicales, porque las proveedoras tienen que ajustarse a las especificaciones de las OEMs permitiéndoles crear innovaciones incrementales.

“Los rollos eléctricos de subir y bajar los seguros eléctricos de las puertas, cuando prendes y apagas, subes o bajas el volumen del auto, si aceleras o frenas, los sensores de la presión de las llantas, todos estos han salido de las solicitudes de las armadoras a los proveedores de proyectos de innovación.” (Entrevistado 1)

“Cuando tú desarrollas, liberas y comienzas a fabricar, creces, maduras y bajas (la famosa curva S) si tú eres una empresa desarrolladora, no necesariamente innovadora, tienes que poner el foco en poder ser una empresa innovadora y comienzas a trabajar si tienes un área como en G. BETA o como el Conglomerado mexicano, y entonces tú trabajas en la curva S. Una vez que tú terminaste el desarrollo y lo estás introduciendo al mercado, para ti en el área de desarrollo eso ya murió, entonces tienes que empezar con algo que le de más vida a ese producto y

eso puede ser a través de proyectos de mejora continua que te ayude a tener un costo mejor.” (Entrevistado 1)

Finalmente, el desarrollo del cable plano muestra un interesante desarrollo de producto en colaboración entre ambas líneas de negocio de G. BETA y una fuerte vinculación con sus socios internacionales. La incorporación de estas innovaciones para el desarrollo algunos productos para sus socios comerciales nacionales como extranjeros, los colocan en un nivel intermedio de CT innovativas.

4) Función 4: Vinculación con otros actores.

En la función técnica de vinculación con otros actores, esta línea de negocio de G. BETA comenzó con la búsqueda de insumos y de proveedores de tecnologías existentes como parte de sus capacidades de producción rutinaria, avanzaron rápidamente hacia un nivel básico de CT innovativas en la cual comenzaron a interactuar con proveedores, clientes e instituciones locales e internacionales, así como búsqueda de nuevos nichos de mercado debido a la integración con la línea eléctrica.

Muy pronto evolucionaron hacia un nivel de CT innovativas intermedias, pues establecieron relaciones con universidades, centros de investigación, gobierno y clientes, por ejemplo: colaboración con universidades nacionales y extranjeras para el desarrollo de proyectos en conjunto (Entrevistado 3), proyectos binacionales (Entrevistado 3), colaboraciones con clientes internacionales (Entrevistado 1), y acceso a apoyos públicos para la innovación, como los PEI desarrollados en interacción con universidades y centros de investigación (Entrevistado 4).

El desarrollo del cable plano es un ejemplo de vinculación exitosa que tuvo como resultado el desarrollo de este producto, así como un incremento en su patrimonio tecnológico. Adicionalmente, BETA ha colaborado con armadoras y ha desarrollado proyectos con el CIDESI y el CIATEQ y con plantas de otras empresas proveedoras en proyectos que los colocan en un nivel avanzado en la función de vinculación con otros actores.

“El Conglomerado Mexicano cuenta con socios estratégicos de primer nivel, con empresas globales y de alto reconocimiento en su rama, que participan en el grupo en sectores como el automotriz de G. BETA.” (Reporte anual, 2024:11)

5) Función 5: Integración de tecnologías exponenciales

Inicialmente, desarrolló sus capacidades rutinarias y he identificó tecnologías para propósitos de la empresa, así como comenzó la sensibilización sobre el uso de nuevas tecnologías. Posteriormente evolucionó hacia un nivel de CT innovativas básicas en esta función, ya que a nivel grupo ya contaban con una estrategia de adopción de nuevas tecnologías específicamente de la I4.0. Sin embargo, esta estrategia estaba aún en una etapa temprana y su implementación ha sido lenta (Entrevistado 1).

Se fue evolucionando, y comenzaron a implementar algunas TD, ya que si bien, las OEMs le han exigido a la línea automotriz dar un paso hacia la automatización, los márgenes de utilidad en ese negocio no son tan altos, se necesita muchísimo volumen para realmente lograr amortizar esa inversión (Entrevistado 3).

“El discurso de las ensambladoras es que sí exigen la automatización, pero cuando les quieres reflejar en el precio la recuperación del dinero que le invertiste, es cuando ya acaba por no ser tan atractivo para ellos, entonces por eso, la línea automotriz avanza a un ritmo más lento y avanza básicamente más que nada en la renovación de sus activos mediante la adquisición de equipos que ya incorporan funcionalidades 4.0.” (Entrevistado 3)

“Las cosas han sucedido un poco a la inversa en las plantas de la línea eléctrica y las plantas de la automotriz, en estas últimas se han hecho inversiones fuertes de forma paulatina en equipamiento que ya incorporan características más propicias para la digitalización que exige la industria 4.0.” (Entrevistado 3)

Por estos argumentos, en la función técnica de Integración de tecnologías exponenciales en la línea automotriz de G. BETA se ubica en un nivel de CT innovativas intermedias, si bien algunas de las actividades se realizan mediante inversiones graduales y se van incorporando funciones de digitalización en su maquinaria. No parten de cero, pues tienen equipo automatizado y el equipo está actualizado, el proceso de producción es intensivo en mano de obra (Entrevistado 4). Las características de esta línea de negocio y de los productos elaborados y la integración a CGV hacen que la adopción sea un proceso lento y muy costoso (Entrevistados 3 y 4).

6.1.2.2 La matriz de CT de la línea automotriz.

La línea de negocio automotriz de BETA ha construido su trayectoria tecnológica a partir de las interacciones que se han dado en el grupo, así como con sus clientes nacionales como extranjeros. Es interesante que en la función técnica de tecnologías exponenciales este proceso se haya dado a través de la adquisición de maquinaria que ya incluya funcionalidades de las tecnologías exponenciales, y con la actualización de maquinaria con la que ya contaban. En esta función el nivel identificado de CT fue intermedio, debido a que ya existe la identificación de TD para uso en la empresa y un proceso de sensibilización, así como el diseño de estrategias de adopción de TD que comparten con la línea eléctrica, tienen implementación de algunas tecnologías como habilitadores digitales. Sin embargo, aún no cuentan con una integración de TD en todos sus procesos.

En las funciones que se identificó un nivel intermedio: Toma de decisiones para la adopción y desarrollo de tecnologías, Adaptar, adoptar y desarrollar tecnologías de proceso, y Desarrollar nuevos productos. Esto puede ser explicado debido a la integración con CGV que les estimula a generar innovaciones de mejora continua en sus productos como parte de los requisitos de las armadoras, esto con el fin de reducir costos y aumentar su productividad. Los avances en la adopción de I4.0 se han llevado con cautela debido a que se ha tenido dificultades en el momento de automatizar algunos procesos.

En la función de vinculación con otros actores se identificó un nivel de CT avanzadas, ya que cuentan con una fuerte vinculación con proveedores, con universidades nacionales, tienen interacción entre academia y gobierno, con sus competidores y con otras industrias. Han tenido accesos a apoyos públicos para la innovación. Tienen vinculación para el monitoreo de las tendencias tecnológicas, de los mercados y de regulación. Colaboración en desarrollos tecnológicos con proveedores, clientes y socios comerciales tanto a nivel nacional como internacional. La tabla 50 muestra los niveles de CT innovativas que ha construido BETA en su línea automotriz, desde CT innovativas básicas hasta avanzadas.

Tabla 50. Matriz de ACT de G. BETA en la línea automotriz.

	Nivel de CT	Toma de decisiones para la adopción y desarrollo de tecnologías	Adaptar, adoptar y desarrollar tecnologías de proceso	Desarrollar nuevos productos	Vinculación con otros actores	Integración de tecnologías exponenciales
CT de producción	Rutinario					
CT innovativas	Básico					
	Intermedio					
	Avanzado					

Fuente: Elaboración propia con información de entrevistas realizadas y documentos oficiales.

6.1.2.3 Importancia del contexto en la ACT en la línea automotriz.

La tabla 51 contiene las variables del contexto más relevantes en cuanto a su influencia en las decisiones de acumulación de CT de G. BETA. Las calificaciones del 1 al 5 reflejan la importancia de menos a más importante de acuerdo con el impacto de las esferas del contexto en esta acumulación. Esta valoración subjetiva se basa en la evidencia recogida en las entrevistas realizadas.

Dentro de las esferas del contexto destacan: Económica Ciencia y Tecnología y la Ambiental debido a que G. BETA está dedicando grandes esfuerzos de I+D al desarrollo de diseños y productos menos contaminantes y duraderos como los polímeros que cubren a los cables

automotrices. Estos desarrollos han ido acompañados de socios tecnológicos con empresas líderes en su ramo y universidades y centros de investigación (CIATEQ, UAQ y CIDESI), y co-financiados con programas públicos de apoyo a la I+D, como los estímulos fiscales a la I+D y el PEI. En contraste, hay efectos negativos de variables de la esfera Cultural y la Político-Social, tales como la sensibilización del personal sobre el uso de tecnologías digitales o la inseguridad del territorio, pero su impacto es menor.

Tabla 51. Influencia de las esferas del contexto sobre la ACT en la línea automotriz.

Esfera	Variable	Impacto sobre la ACT	Acción y/o resultado sobre su ACT	Importancia
Económica	Cambios en las necesidades de los clientes	Positivo	El mercado y los clientes demandan nuevos productos como los autos eléctricos: nuevos materiales, adaptaciones en plantas, etc. y por tanto, las decisiones de I+D se enfocan a los requerimientos de los clientes.	5
	Reducción de costos por parte de las exigencias de los clientes y socios comerciales.	Positivo	Genera incentivos para que innoven en sus portafolios de productos y en sus procesos.	5
Ciencia y Tecnología	Vinculación con universidades y centros de investigación (UAQ, CIDESI y CIATEQ)	Positivo	Desarrollo de proyectos de innovación para el desarrollo de productos y procesos, los ejemplos del software embebido y el cable plano son resultado de su fuerte vinculación.	5
	Acceso a PEI	Positivo	El amplio acceso a estos apoyos le permitió realizar varios proyectos de I+D.	5
	Vinculación con socios extranjeros	Positivo	Desarrollo de productos y un Joint venture	5
Ambiental	Regulación ambiental	Positivo	Desarrollo de productos como el cable cubierto de polímeros, menos contaminantes y durables.	5
	Requerimientos de clientes	Positivo	Presionan para atender las nuevas regulaciones y reducir la huella de carbono.	5
Político- social	Inseguridad territorial	Negativo	El estado de derecho de la región (inseguridad) afecta en las decisiones de abrir una planta o no en la zona. Esto puede generar el desaprovechamiento del talento del personal de la región.	3
Cultural	Sensibilización sobre el trabajo colaborativo hombre- máquina	Negativo	Durante la implementación de automatizaciones, se debe considerar al operador para que no se sienta reemplazado. Esto puede desacelerar el desarrollo de tecnología.	3

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de las entrevistas realizadas a personal de G. BETA e información documental.

6.2 COMPARACION DE LA ACT EN AMBAS LÍNEAS DE NEGOCIO.

En esta sección se realiza la comparación de ambas líneas del G. BETA en cuanto a la ACT, con base en la matriz de CT con transformación digital de Dutrénit et al. (2024), presentados en las tablas 48 y 50. También se hace una comparación en cuanto a las esferas más importantes que impactan a la ACT en el G. BETA. Este análisis se lleva a cabo seleccionando las esferas y variables más importantes identificadas en las tablas 49 y 51 de la sección 6.1.

6.2.1 Las matrices de CT con procesos de transformación digital de ambas líneas.

En esta matriz se presentan los niveles de CT identificadas en ambas líneas, esto con la finalidad de hacer una comparación entre ellos. La tabla 52 presenta las cinco funciones para la línea eléctrica y para la línea automotriz y en cada celda se coloca el nivel identificado de CT.

En la tabla 52 podemos observar los niveles alcanzados en cada línea. Para comenzar con el análisis, identificamos las cinco funciones y los tres niveles para cada una. En general, la línea eléctrica tiene mayores CT que la automotriz. Se observan diferencias en varias funciones técnicas. En la función de toma de decisiones para la adopción y desarrollo de tecnologías el nivel alcanzado en la línea eléctrica fue avanzado, mientras que en la línea automotriz fue intermedio. En cuanto a la toma de decisiones, la línea eléctrica tiene una mayor flexibilidad en esta función en comparación con la línea automotriz que no presenta esta misma flexibilidad, debido a su integración con CGV.

En la función de adaptar, adoptar y desarrollar tecnologías de proceso en la línea eléctrica alcanzó un nivel intermedio/avanzado, mientras que en la automotriz un nivel intermedio. En ambas líneas el desarrollo de procesos tiene un amplio margen ya que una de las características que se asocian a sectores que pertenecen a CGV o que son multilatinas es que hacen un esfuerzo significativo en el desarrollo de procesos para aumentar productividad y reducir costos, por las exigencias de los socios comerciales. En este sentido el que las OEM's o el mercado europeo exijan una reducción de costo en un periodo dado.

En la función de desarrollo de productos la línea eléctrica tiene un nivel de CT innovativas, intermedio/avanzado, mientras que la automotriz tiene un nivel intermedio. De acuerdo a lo analizado en la matriz de cada línea, el hecho de pertenecer a CGV en el caso de la automotriz limita el desarrollo de innovaciones radicales en sus productos ya que tienen que seguir las exigencias que les marcan las grandes OEM's, en contraste, en el caso de la eléctrica al tener un perfil de empresa multilatina tiene una mayor flexibilidad en realizar mejoras en los productos ya que su toma de decisiones está principalmente dentro de su grupo o conglomerado al que pertenece.

En cuanto a la función de vinculación con otros actores, ambas alcanzaron un nivel de CT innovativas avanzadas, y esto tiene que ver con la amplia colaboración que han tenido ambas entre ellas y con sus socios comerciales nacionales y extranjeros, así como con diversos centros tecnológicos y universidades. El resultado de esta fuerte vinculación es el desarrollo de proyectos de innovación que se ven reflejados, por ejemplo, en el caso del eléctrico, en el desarrollo de maquinaria que cambia la forma original de los cables y no regresa a su forma original y en el caso de la automotriz, en el de desarrollo de cable para arnés automotriz. En esta función, el pertenecer o no a CGV o ser multilatina representa un elemento importante que puede llegar a determinar el nivel de vinculación a nivel nacional, pero sobre todo a nivel internacional.

Finalmente, en el caso de la última función Integración de tecnologías exponenciales, ambas líneas alcanzaron un nivel intermedio. En el caso de la línea eléctrica ya cuenta con un documento formal que les permite avanzar hacia la adopción de la I4.0 así como el uso de algunas tecnologías, como parte del interés y del nivel de involucramiento de la dirección, ya que es una línea que opera como empresa multilatina y tiene plantas en el extranjero y está muy cercano a las nuevas tendencias del mercado. En el caso de la línea automotriz, esta cuenta principalmente con equipos actualizados que les permite digitalizar y automatizar algunos procesos. Como pertenece a CGV, la integración de nuevas TD es limitada ya que las OEM's determinan el tipo de tecnologías utilizadas.

Tabla 52. Niveles de CT identificados en cada línea.

Función línea de negocio	Toma de decisiones para la adopción y desarrollo de tecnologías	Adaptar, adoptar y desarrollar tecnologías de proceso	Desarrollar nuevos productos	Vinculación con otros actores	Integración de tecnologías exponenciales
Eléctrica	Avanzado	Intermedio/avanzado	Intermedio/avanzado	Avanzado	Intermedio
Automotriz	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Avanzado	Intermedio

Fuente: Elaboración a partir de entrevistas realizadas.

6.2.2 El impacto del contexto en la ACT.

En esta sección se presentan las diferentes esferas que impactan el proceso de ACT en ambas líneas, se tomaron las esferas y las variables más importantes que se identificaron en cada una. En la tabla 53 se presentan las esferas de manera integrada de ambas y su impacto en la ACT en el G. BETA.

Las esferas que se estudian son cinco en las dos líneas, se tomaron variables de las esferas para cada una. Partimos de la esfera Económica que en ambas líneas tiene un impacto positivo para la acumulación de CT, por ejemplo, variables como: las exigencias del mercado y de los clientes y la infraestructura nacional los impulsa a generar innovaciones que se adecuen a estas exigencias. En cuanto a la esfera de Ciencia y Tecnología igualmente tiene un impacto positivo, ya que, la vinculación con sus socios nacionales y extranjeros, así como al acceso a programas de estímulo a la innovación, como el PEI o los incentivos fiscales a la I+D, genera múltiples proyectos de innovación, ya sea de proceso y producto.

En la esfera ambiental, en ambas líneas tuvo un impacto positivo, ya que los requerimientos ambientales en regulación y los requerimientos de los clientes han sido factores que promueven la innovación en el grupo.

En la esfera Político-Social, esta tiene los mismos impactos en ambas, ya que, la seguridad territorial es crucial para identificar el abrir una nueva planta o no, afecta directamente a su toma de decisiones. La esfera Cultural para ambas tiene un impacto negativo, ya que la fuga de talento por la rotación del personal hacia otros grupos industriales representa un impacto negativo, así como el proceso de sensibilización para transitar a una cultura de digitalización en el cual, los trabajadores no entren en conflicto con la utilización de nuevas tecnologías.

Tabla 53. Influencia de las esferas del contexto sobre la ACT en ambas líneas de negocio.

	Eléctrico	Impacto	Automotriz	Impacto
Económica	1. Infraestructura eléctrica nacional. 2. Cambios en las necesidades de los clientes nacionales y extranjeros. 3. Apertura económica. 4. Crisis económicas.	5	1. Cambios en las necesidades de los clientes. 2. Reducción de costos por parte de las exigencias de los clientes y socios comerciales.	5
Ciencia y Tecnología	1. Vinculación con universidades nacionales. 2. Vinculación con clientes extranjeros. 3. Estímulos fiscales a la I+D y PEI.	5	1. Vinculación con universidades y centros de investigación (UAQ, CIDESI y CIATEQ). 2. Acceso a PEI. 3. Vinculación con socios extranjeros.	5
Ambiental	1. Requerimientos de normas ambientales.	5	1. Regulación ambiental. 2. Requerimientos de clientes.	5
Político-social	1. Inseguridad territorial	3	1. Inseguridad territorial	3
Cultural	1. Fuga de talento. 2. Dificultades para entender el trabajo	3	1. Sensibilización sobre el trabajo colaborativo hombre- máquina.	3

	colaborativo hombre- máquina.			
--	----------------------------------	--	--	--

Fuente: Elaboración a partir de entrevistas realizadas.

El análisis del entorno se dio mediante la propuesta de Dutrénit *et al.* (2024), que sirvió para identificar las variables de las cinco esferas que más impactan a la ACT, tanto de manera positiva como negativa y que resultaron relevantes. En la literatura normalmente se habla del impacto del entorno, el cual se refiere principalmente al económico, sin embargo, en esta propuesta, se desarrollan las otras esferas y sus variables del contexto que también impactan a las CT, no dejando solo la variable económica. Resultaron relevantes todas las esferas, sin embargo, dentro de cada esfera hay variables, y la cantidad de variables fue diferente en cada sector, por ejemplo, en la esfera económica, para la línea eléctrica resultaron relevantes cuatro variables: Infraestructura eléctrica nacional, cambios en las necesidades de los clientes nacionales y extranjeros, apertura económica y crisis económicas, mientras que en la línea automotriz, dos: Cambios en las necesidades de los clientes y reducción de costos por parte de las exigencias de los clientes y socios comerciales. Esto está relacionado principalmente por el entorno (multilativo o CGV) en que operan cada una.

En la esfera de Ciencia y Tecnología para la línea eléctrica se identificaron tres variables: vinculación con universidades nacionales, vinculación con clientes extranjeros y estímulos fiscales a la I+D y PEI. En el caso de la automotriz se identificaron 3 variables: vinculación con universidades y centros de investigación (UAQ, CIDESI y CIATEQ), acceso a PEI y vinculación con socios extranjeros. En esta esfera las variables resultaron ser prácticamente las mismas y esto se explica por la fuerte integración entre ambas líneas y su fuerte vinculación con otros actores.

En la esfera ambiental en la línea eléctrica la variable identificada fue: requerimientos de normas ambientales. Mientras que en la línea automotriz fueron: regulación ambiental y requerimientos de clientes. Ambas variables están relacionadas ya que, por un lado, se exige que el desarrollo de productos vaya encaminado hacia las nuevas tendencias ambientales y en cumplir con la regulación ambiental.

En la esfera Político Social la variable fue la misma: Inseguridad territorial, está relacionada con la seguridad con la que cuenta los estados para tomar la decisión de abrir nuevas plantas, o en decidir los horarios en que operan para evitar robos o algún otro inconveniente.

En esfera cultural, las variables identificadas en la línea eléctrica fueron: fuga de talento y dificultades para entender el trabajo colaborativo hombre- máquina. Para la línea automotriz fue: sensibilización sobre el trabajo colaborativo hombre- máquina. La fuga de talento debido a la alta rotación del personal entre empresas en ambas líneas y en el caso de la línea automotriz el proceso de sensibilización sobre el trabajo colaborativo entre hombre-máquina para reducir las dificultades para la adopción de nuevas tecnologías y evitar el rechazo por parte de los trabajadores.

Como parte de las conclusiones de este capítulo se describieron y analizaron las CT de G. BETA en ambas líneas. El uso de la matriz de CT con procesos de transformación digital propuesta por Dutrénit et al. (2024) sirvió para identificar las CT de G. BETA en cuanto a funciones como: Toma de decisiones para la adopción y desarrollo de tecnologías, Adaptar, adoptar y desarrollar tecnologías de proceso, Desarrollar nuevos productos, Vinculación con otros actores y Integración de tecnologías exponenciales, que sirven como complemento a la matriz propuesta en el siguiente capítulo. El análisis de cada línea de negocio permitió identificar las actividades que se incluyen en cada función de acuerdo a su grado de complejidad. También fue un elemento importante para analizar cómo es el impacto de ser multilatina o pertenecer a CGV en su ACT. Si bien hay funciones que claramente se diferencian entre multilatinas y ser de CGV como la Toma de decisiones para la adopción y desarrollo de tecnologías y el Desarrollar nuevos productos, también hay funciones donde ser multilatina o ser de CGV no genera una marcada diferencia entre ambas líneas, como el de Vinculación con otros actores, donde ambas tienen el mismo nivel identificado, esto puede ser explicado también por su grado de integración.

CAPÍTULO 7. HACIA UNA MATRIZ DE MOTIVACIONES, ESTRATEGIAS Y CT PARA LA ADOPCIÓN DE LA I4.0.

En este capítulo se aborda una propuesta para la adopción de la I4.0, partiendo de las motivaciones, las estrategias y las CT requeridas para su adopción en el G. BETA para ambas líneas de negocio, así como la interacción que se da entre ellas, sus diferencias y complementariedades, así como los determinantes y limitaciones en su adopción. Este capítulo se enfoca en presentar la evidencia de acuerdo al Marco analítico propuesto en esta tesis, y a la Matriz de Motivaciones, estrategias y ct para la adopción de la I4.0 que emerge y se sintetiza en la tabla 19 de la sección 2.1.2. Esta matriz tiene sus raíces en un conjunto de trabajos que se han realizado acerca de los procesos de acumulación de CT en un contexto de transformación digital y de la adopción de la I4.0 en empresas de países en desarrollo (Santiago *et al.*, 2021; Peerelly *et al.*, 2022; Dutrénit *et al.*, 2024), que se revisan en la sección 1.3.4.1 del Capítulo 1. La evidencia empírica fue recopilada a través de entrevistas semiestructuradas al personal de la empresa, así como de fuentes secundarias.

El trabajo de Santiago *et al.* (2021) se ha enfocado en la construcción de CT para la 4RI, organizado en un conjunto de actividades humanas y organizativas, que se asocian a cuatro niveles de capacidades tecnológicas, que van desde un nivel básico de readaptación y preparación hasta un nivel avanzado de capacidades inteligentes. En este último nivel se encuentran integradas todas estas actividades de extremo a extremo, que permite una gestión de datos a escala y una personalización de productos de manera masiva, y se desarrolla una gestión inteligente de los productos y de su ciclo de vida. El trabajo de Santiago *et al.* (2021) es una antesala para el trabajo de Peerally *et al.* (2022). Estos trabajos se revisan en la sección 1.3.4.1 y 1.3.4.2 del capítulo 1 en las tablas 11 y 12.

En el trabajo de Peerally *et al.* (2022) se describen y analizan a profundidad 6 funciones tecnológicas y organizativas y se desglosan de manera detallada. Argumentan que las empresas necesitan identificar, documentar y diseñar sistemáticamente estrategias para construir y acumular las CT industriales esenciales para la adopción de tecnologías y procesos cada vez más complejos a lo largo de la preparación para la 4RI hasta su madurez,

e identifican y clasifican CT industriales a nivel de empresa. Los autores también proponen una definición de las CT a nivel empresarial para la 4RI:

“El conjunto de actividades, habilidades, experiencias, conocimientos y recursos humanos y organizativos que las empresas necesitan para generar y gestionar la digitalización mediante la adopción de tecnologías y procesos más complejos de la 4RI, así como para utilizarlos con el fin de generar nuevas tecnologías y desarrollar nuevos productos y procesos.” (Peerally et al., 2022:2)

En el trabajo de Dutrénit *et al.* (2024) la matriz de CT con procesos de transformación digital consta de cinco funciones técnicas asociadas a un nivel de producción rutinario y tres niveles de CT innovativas; este trabajo permite pensar sobre la acumulación de CT en un contexto que va desde la inexistencia de transformación digital hasta su proceso de integración en las empresas. Incorpora una función de integración de tecnologías exponenciales, en la cual ya se integra el uso de tecnologías que se asocian a la I4.0. Esta matriz tiene como base la propuesta de Bell y Pavitt (1995), pero incorporando elementos que permiten repensar las funciones técnicas en un contexto actual de transformación digital. Partiendo de la idea de que, para que una empresa innove y pueda avanzar en la adopción de nuevas tecnologías requiere de un proceso de acumulación de CT (Dutrénit *et al.*, 2024).

Las matrices que sintetizan estas propuestas se presentan en la tabla 11 (propuesta de Santiago *et al.*, 2021), en la tabla 12 (propuesta de Peerally *et al.*, 2022) y en la tabla 15 (la propuesta de Dutrénit *et al.*, 2024) de la sección 1.3.4 del capítulo 1.

Como se discutió en el capítulo 4 (marco conceptual), esta tesis parte de la idea de que el proceso de adopción de la I4.0 está motivado por elementos tanto internos como externos (entorno) que impactan directamente sobre la estrategia empresarial, ésta a su vez a su estrategia tecnológica de adopción, y esta impulsa la creación de CT que complementan a las CT acumuladas en la empresa. Esto da como resultado un avance en el proceso de adopción de la I4.0 en la empresa. La propuesta de esta tesis es la Matriz de motivaciones, estrategias y CT para la adopción de la I4.0 y se presentó en la tabla 19 de la sección 2.1.2 del marco

conceptual, que tiene como raíz los trabajos citados en los párrafos anteriores y extrae elementos de estos trabajos que se complementan entre sí.

A diferencia de las matrices propuestas por Santiago *et al.* (2021) *Desarrollo de un marco de creación de CT de la 4RI*, Peerelly *et al.* (2022) *Marco analítico de CT de la 4RI* y Dutrénit *et al.* (2024) *Matriz de capacidades tecnológicas con procesos de transformación digital*, esta matriz propuesta “*Matriz de motivaciones, estrategias y ct para la adopción de la I4.0*” analiza el proceso de adopción de I4.0, aportando elementos como: las motivaciones, estrategias y CT requeridas en este proceso. A diferencia de Santiago *et al.* (2021) y Peerelly *et al.* (2022), y de igual manera que Dutrénit *et al.* (2024) esta matriz se construye a partir de evidencia recolectada con entrevistas presenciales a nivel de la empresa. Cabe mencionar que esta *Matriz de motivaciones, estrategias y ct para la adopción de la I4.0* está enfocada principalmente en aspectos relacionados con la producción, y no a aspectos relacionados con habilidades o cuestiones organizacionales.

La tabla 19 presentada en la sección 2.1.2 del capítulo 2, contiene el Marco analítico para adoptar la I4.0. El concepto de motivaciones se definió en la sección 2.1.1 (marco conceptual) como el conjunto de razones por las que las personas u organizaciones se comportan de la forma en que lo hacen. El comportamiento es motivado, vigoroso, dirigido y sostenido (Naranjo, 2009). En este sentido, las motivaciones serían las razones por las cuales la empresa está dispuesta a adoptar la I4.0.

Las estrategias se definieron en la sección 2.1.1 como: políticas, planes y procedimientos para adquirir, gestionar y explotar conocimientos, saberes y habilidades, de origen interno y externo, en beneficio de la empresa; además, se deriva de la estrategia empresarial, con la cual debe estar en consonancia (Velásquez y Medellín, 2005).

Las CT se definieron en la sección 2.1.1 como: las habilidades para hacer cosas, para hacer un uso efectivo del conocimiento tecnológico y el dominio que se tiene sobre él, este concepto se refiere a dos dimensiones: un conjunto de conocimientos y el uso de ese conocimiento (Dutrénit, 2004). Las CT difieren por el grado de complejidad de las actividades realizadas en la empresa respecto a su nivel de digitalización.

Este capítulo está integrado de la siguiente manera: en la sección 7.1 se presenta la matriz que emerge de la aplicación del Marco analítico “*Matriz de motivaciones, estrategias y ct para la adopción de la I4.0*” para adoptar la I4.0 a la línea de negocio eléctrica de G. BETA, esta sintetiza las CT para la adopción de la I4.0 en esta línea, que emergen de la evidencia. Este análisis se dividió en dos periodos, uno que va del 2000 al 2019 cuando se inicia el proceso de digitalización en el G. BETA y el segundo del 2019 a 2024 cuando alcanzan el nivel de CT intermedias identificadas en la adopción de la I4.0. En la sección 7.2 se presenta la *Matriz de motivaciones, estrategias y ct para la adopción de la I4.0* para la línea automotriz, se analizará en un sólo periodo ya que en esta línea aún no alcanza un nivel intermedio de CT para la adopción de la I4.0. En la sección 7.3 se presenta la Interacción entre ambas líneas.

7.1 MATRIZ DE MOTIVACIONES, ESTRATEGIAS Y CT PARA LA ADOPCIÓN DE LA I4.0. EN LA LÍNEA ELÉCTRICA: EVOLUCIÓN.

A continuación, se construye empíricamente la matriz propuesta para el caso de la línea eléctrica, con las motivaciones, las estrategias y CT construidas, dividida en dos periodos 1) el periodo de 2000 a 2019 como parte de un nivel de CT básicas para adoptar la I4.0, y el 2) de 2019 a 2024 como parte de un nivel intermedio de CT para adoptar la I4.0.

7.1.1 La construcción de un nivel de CT básicas para adoptar la I4.0: 2000 a 2019.

En esta sección se presenta la evolución de las CT básicas para adoptar la I4.0 en la línea eléctrica, este periodo inicia en el 2000 y el análisis termina en 2024. En esta sección se presentan las motivaciones, las estrategias y las CT para la I4.0. Se describe y analiza como se han dado esta construcción y acumulación de CT y su evolución.

7.1.2 Motivaciones en la adopción de la I4.0 asociadas a un nivel básico de CT.

Siguiendo la definición de motivaciones en referencia al proceso de adopción de la I4.0, las motivaciones serían las razones que llevan a la línea eléctrica a querer adoptar la I4.0. Estas motivaciones surgen del contexto en el que se desenvuelve la empresa, tanto a nivel interno

como externo y estas serían inherentes a la estrategia tecnológica, dado que éstas darían dirección y objetivo a la estrategia.

Para identificar cuáles son esos objetivos asociados a la adopción de la I4.0, se identificaron un conjunto de motivaciones que muestran como esta línea está iniciando ese proceso de adopción de la I4.0, con motivaciones que permiten en un primer momento indagar sobre este nuevo paradigma, estas motivaciones se identificaron de acuerdo al cuadro de operacionalización que se explicó en la sección 4. La decisión de querer adoptar la I4.0 en esta línea viene dada por la dirección de la empresa, que ya tenía antecedentes de haber iniciado este proceso y en este primer momento estas motivaciones estuvieron relacionadas con el mercado en que operan y sus clientes, ya que estas serían relacionadas con el cambio tecnológico que ocurría en la industria así como el cambio en las necesidades de sus clientes debido a la incorporación de nuevas tecnologías en la industria tanto a nivel internacional como nacional. Estas son las motivaciones identificadas en este primer periodo.

- Mantenerse actualizado para seguir siendo competitivos.
- Mantener las relaciones con los socios comerciales.
- Seguir a las CGV en el sector.
- Ver a la I4.0 como un proceso natural dado el avance tecnológico para aprovechar las tecnologías y así optimizar la producción, la logística y las actividades organizativas.
- Reducir la mano de obra, debido a la alta rotación del personal
- Adquirir algunas tecnologías I4.0
- Diversificación de los productos

Estas motivaciones surgen debido a como respuesta al exterior ya que son inherentes a la estrategia tecnológica como se mencionó en la sección del 1.2.1 del marco teórico ya que, son respuesta a su entorno, que tienen impactos dentro y fuera de la empresa, por ejemplo, este un caso en el cual se puede ver claramente el impacto que tienen las esferas del entorno en el proceso de su acumulación de CT, es decir, la diversificación de los productos, los demanda el mercado donde se desarrollan nuevas aplicaciones, porque tecnológicamente los productos en ambas líneas de negocio se van haciendo cada vez más complejas, por lo tanto,

no todas las innovaciones que se desarrollan en el grupo tienen origen dentro de la empresa, sino es más bien resultado de variables del contexto que inciden directamente en la diversificación de sus productos mediante innovaciones que son inducidas por el mercado y sus nuevas necesidades ante la incorporación de nuevas tecnologías.

En general estas motivaciones han servido como un motor o un impulsor en un primer momento del avance de la adopción de la I4.0 en esta línea de negocio, y tienen impacto en la estrategia y en la creación de CT, lo que ha llevado a la empresa a contar con cierto nivel de digitalización que le permitió avanzar en la adopción de la I4.0, y tener una fase preliminar de digitalización ya que de acuerdo a la literatura la digitalización es un impulsor de la I4.0.



Fase preliminar: Digitalización

Esta fase se asocia con el origen de la concientización o sensibilización de la empresa en cuanto a la adopción de la I4.0. Esto como parte de la acumulación de CT para avanzar en el proceso de la I4.0. Este proceso se dio, en un primer momento el grupo cuando se empezó a estudiar ¿qué es la I4.0? ¿qué implica? y ¿qué tiene la organización para realmente adoptar el concepto de I4.0? Una de las primeras acciones fue reducir el uso de papel, y realizar todos sus procesos de manera digital, es decir, todo lo que iban a generar a partir de ese momento se tenía que registrar en medios electrónicos, lo que implicaba a que sus técnicos de prueba, se les debí entregar una tableta y en esa tableta se tome la fotografía del proceso, lo que llevaba a tener la información disponible para descargarla y después transferirla a su reporte final (Entrevistado 3)

Esta evidencia empírica nos lleva a corroborar una de las premisas acerca de que la I4.0 es un proceso costoso y no es lineal, ya que observamos en la evidencia, que no todas empresas tendrían el capital para dotar de equipos (tabletas) a su personal, y esto se convierte en una limitación para empresas con menor capital.

Con estas motivaciones y la fase preliminar construidas en un primer momento como parte de un proceso de acumulación de CT para adoptar la I4.0 y dar paso a la estrategia tecnológica seguida en ese momento, podemos afirmar que el contexto tiene un papel importante dentro de la adopción de la I4.0 como impulsor.

7.1.3 Estrategias tecnológicas en la adopción de la I4.0 asociadas a un nivel básico de CT.

En la sección 2.1 del marco teórico se describió como la estrategia empresarial y la tecnológica debían estar alineadas para garantizar éxito en la adopción de la I4.0. Es por ello, que para determinar si existe esa alineación planteada en la literatura, partimos por identificar su estrategia empresarial.

La estrategia empresarial se denomina estrategia corporativa en el G. BETA, la cual busca posicionamiento frente al mercado nacional como internacional, como lo describe el Conglomerado Mexicano.

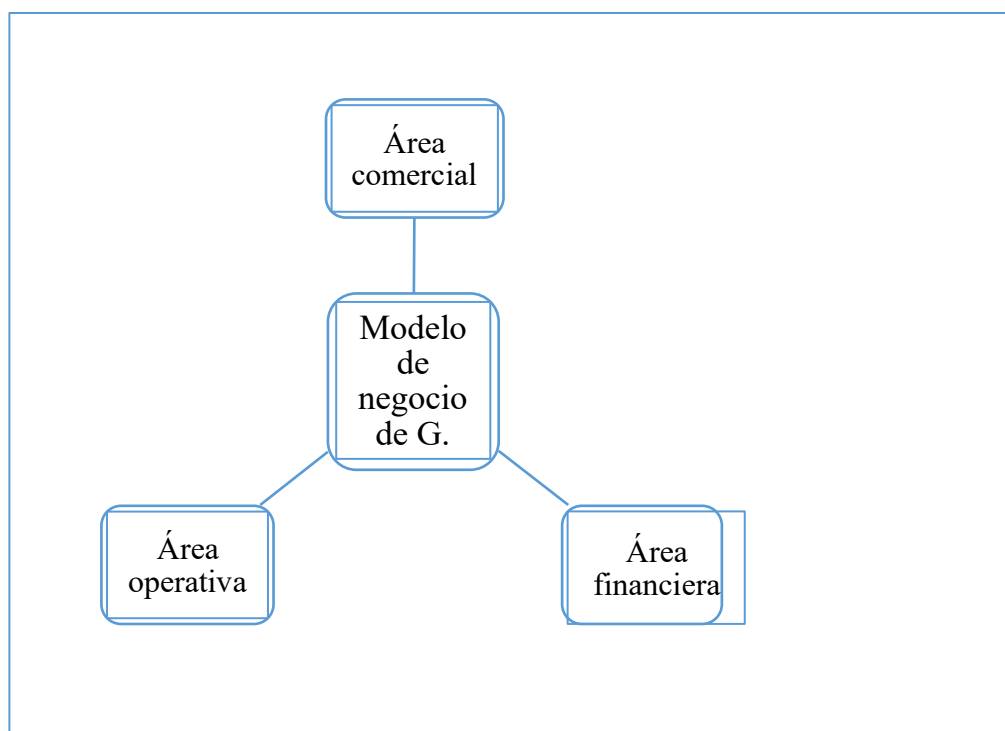
“La estrategia corporativa del G. BETA contempla consolidar la posición de mercado de sus tres divisiones: Telecomunicaciones, Construcción y Automotriz. Esperamos crecer conforme a la economía y seguir surtiendo productos líderes en tecnología como son nuestros cables de energía, transformadores de potencia y proyectos integrales. En la línea automotriz incrementar el surtido de piezas al mercado nacional y extranjero a través de nuestras alianzas comerciales con una compañía Tier 1 en la industria automotriz, quienes nos han otorgado reconocimientos en años recientes por el compromiso con la calidad, el valor y el desempeño en costos.” (Conglomerado Mexicano, 2024)

Si observamos esta estrategia corporativa, el G. BETA busca consolidarse en el mercado eléctrico donde opera en sus tres divisiones, creciendo en conjunto con la economía y generando productos líderes y el caso de la línea automotriz incrementar el surtido de piezas tanto a nivel nacional como internacional. Esta estrategia corporativa se ajusta a las preguntas que se plantearon en el marco teórico de la sección 1.2 dónde se define a la estrategia empresarial y se plantean las preguntas ¿dónde compite la empresa? y ¿cómo compite? Esta

estrategia está bien definida, formalizada y responde a las preguntas planteadas en la literatura. Esta estrategia corporativa opera en ambas líneas de negocio del G. BETA.

Para entender de donde surge su estrategia empresarial, se presenta su modelo de negocio, en cuya elaboración y diseño participan varias áreas que están encargadas de esta actividad. Para definir ese modelo de negocio primero se establecen algunas estrategias, relacionadas a elementos que les permitan el crecimiento en el mercado, así como generar una identidad de grupo, conocer sus fortalezas y la diferenciación que tienen frente a sus competidores, así como tener un amplio conocimiento del mercado en el cual opera y las tecnologías disponibles (Entrevistado 2). El modelo de negocio (figura 25) es su base estratégica que articula sus propuestas de valor y en la cual intervienen diferentes áreas de la empresa.

Figura 25. Áreas encargadas del diseño del modelo de negocio.



Fuente: Elaboración propia a partir de entrevistas realizadas.

Las áreas encargadas de la elaboración del modelo de negocio son: el área comercial, el área operativa y el área financiera. La participación del Centro de I+D es principalmente en la

ejecución del modelo de negocio (Entrevistado 2). Para llegar a ese modelo de negocio se establecen algunas estrategias o elementos base de los cuales parten para generar ese modelo (Entrevistado 2):

- Definir la identidad y el ADN de la marca.
- Conocer las fortalezas y el posicionamiento y diferenciación del negocio en el mercado.
- Crecimiento que proviene del enfoque, es decir, lo que ya saben hacer se mantiene como distintivo en el mercado (entrevistado 2).
- Generar lealtad del cliente mediante el servicio que se le ofrece frente a sus competidores.
- Mercadotecnia (atender al cliente, darle un buen servicio).

Este modelo de negocio es una estructura que define y sostiene su viabilidad. En este punto sólo las áreas encargadas de elaboración del modelo de negocio participan y en la ejecución entra el Centro de I+D si la empresa desea crecer se genera una estrategia de crecimiento (Entrevistado 2).

7.1.3.1 Estrategia de crecimiento como parte del modelo de negocio de G. BETA.

La estrategia de crecimiento del G. BETA parte de que se conozca así mismo y que este conocimiento le permita ampliar su participación en el mercado y llegar a más clientes, pero para esto se requiere un amplio conocimiento del mercado donde opera. Esta estrategia va a depender también de la vida útil de los productos, si van de salida, si van empezando o si son productos orientado a las masas u orientados a un segmento muy especializado del mercado (Entrevistado 2), esto es útil para:

- Conocer el mercado (vida útil del producto, si va de salida o va empezando).
- Conocer si es un producto orientado a las masas o a un público especializado.

- Conocer tecnologías, en particular identificar que otras opciones tecnológicas hay para atender esa necesidad, se requiere hacer vigilancia tecnológica para esto (Entrevistado 2).

Todos estos elementos toman en cuenta en el G. BETA para definir una estrategia de crecimiento, además de la participación del Centro de I+D y el área de mercadotecnia, ya que es fundamental identificar que elementos ya están desarrollados, cuales están dominando y si el mercado ya está saturado, así como brindar y mejorar el servicio al cliente. Para llegar a esto es importante conocer el entorno en el que se desenvuelve la empresa. El entorno tiene un papel muy importante dentro de la generación de la estrategia, ya que hay dimensiones que son decisivas para su diseño.

7.1.3.2 El papel del entorno en la estrategia de crecimiento de G. BETA.

El análisis del entorno en las diferentes etapas de la acumulación de las CT se analizó con más detalle en las secciones 6.1.1.3. del capítulo 6. En esta sección se presenta el papel del entorno como parte de la estrategia de crecimiento específicamente.

La definición de una estrategia no se genera en el vacío sino como una respuesta a su entorno, porque la organización no funciona sola (Entrevistado 4). El Centro de I+D juega un papel muy importante en cuanto a la vigilancia tecnológica y a la creación de mapas tecnológicos que les permiten generar análisis de lo que ocurre en el mercado nacional como internacional, así como de sus competidores (Entrevistado 4). La toma de decisiones no se puede concentrar en un solo lugar, sino que tiene que existir una integración entre el Grupo, los clientes y el Centro de I+D para decidir qué estrategia seguir ante cambios en el entorno (Entrevistado 2).

Una de las dimensiones del entorno es la económica que definen la participación del Centro de I+D en la estrategia ante cambios en el entorno donde las crisis económicas han tenido impacto, porque el mercado sufre cambios y se compromete la continuidad del negocio, y se debe asegurar que sean más competitivos en costos como respuesta a estos cambios (Entrevistado 3). Esto muestra una actitud reactiva del Grupo ante estos cambios del entorno,

y se modifica la estrategia dependiendo de las circunstancias (Entrevistado 2). En este sentido, se puede decir que es el mismo entorno lo que hace cambiar las estrategias. Por ejemplo, la crisis del 2000 generó cambios en los sistemas operativos, en las políticas de licenciamiento y la ciberseguridad, la electromovilidad, y cambios en las regulaciones por temas ambientales (Entrevistado 4).

Ante todos estos cambios y la incorporación de nuevas tecnologías han tenido que hacer modificaciones ante posibles despidos, lo que ha llevado a G. BETA a buscar diversificarse para ser más flexibles, ágiles y lograr sostenerse en diferentes mercados. Como el entorno es cambiante lo cual puede generar que el negocio suba o baje, generan diferentes líneas de negocio y desarrollan personal multifuncional que pueda estar en diferentes áreas y pueda fabricar diferentes productos, lo que permita su movilidad en el G. BETA (Entrevistados 2, 4 y 6). Es decir, señalan que debe existir movilidad, agilidad y flexibilidad para hacer frente a los cambios en el entorno. Debe existir también un proceso de aprendizaje tecnológico por parte de los trabajadores para generar esa multifuncionalidad, así como actualización en la maquinaria para que pueda producir diferentes productos (Entrevistado 2). El conocimiento que adquieren los trabajadores es local y es interno para cada línea de negocio por temas sindicales, no se pueden mezclar trabajadores de diferentes sindicatos ya que puede afectar el ambiente laboral (Entrevistado 2).

Otra dimensión, es la social, por ejemplo, la pandemia, hizo que se generara una política de mantener a todo el personal, con apoyo de una buena relación sindical (Entrevistado 4). La rotación de personal se debe más a la migración del personal hacia otros lugares, más que a despidos (Entrevistado 3). Cuando ellos necesitan un relevo por alguna jubilación, por ejemplo, preparan a un trabajador por cierto tiempo para cubrir esa plaza y así no sufrir un desequilibrio, pero antes de pensar en traer alguien de fuera lanzan una convocatoria interna y si no existe alguien que cubra con el perfil entonces se abre la convocatoria al exterior (Entrevistado 2).

En resumen, los elementos más relevantes del entorno son los que determinan qué estrategia seguir: económicas: las crisis económicas ya que impulsan las innovaciones, las ambientales,

por ejemplo, cambios en la regulación o ante procesos de economía circular, tecnológicos, si la tecnología es nueva o madura, si el producto es rentable y que tenga un impacto en el mercado (esto depende de área de mercadotecnia para vender un producto o un servicio), social, por ejemplo, relaciones sindicales y la madurez tecnológica con la que cuenta el Grupo (Entrevistado 2 y 4).

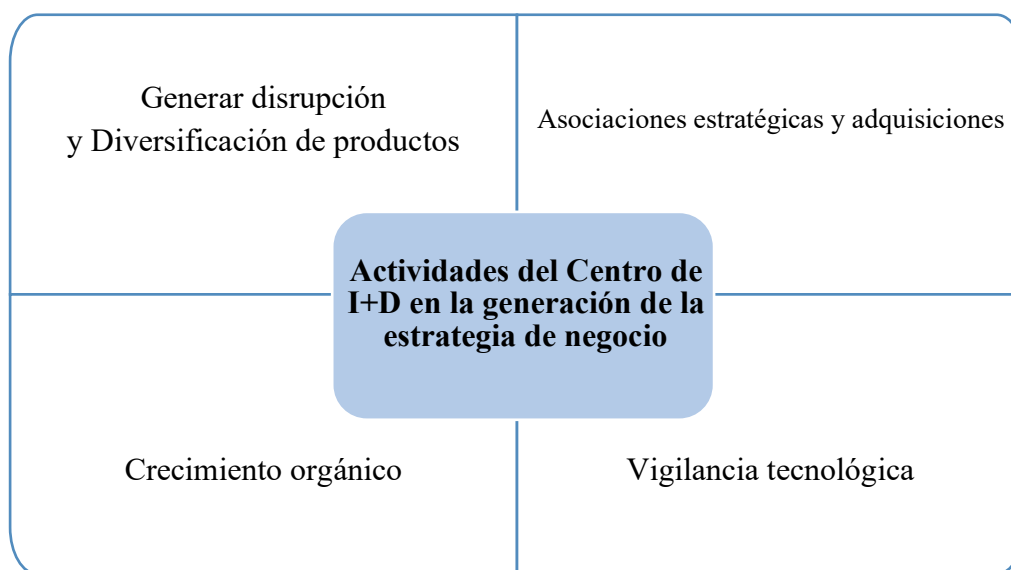
7.1.3.3 La participación del Centro de I+D en la estrategia del G. BETA.

Si bien el Centro de I+D no tiene un papel dentro del diseño de la estrategia empresarial, como se muestra en la figura 26, si tiene una participación dentro de la ejecución de esta, generando disrupción o diversificación de los productos mediante la innovación. También participa en la evaluación de tecnologías cuando se hace transferencia tecnológica, o en asociaciones estratégicas y de exploración (Entrevistado 2).

Las principales actividades donde el Centro de I+D tiene participación en la implementación de la estrategia son:

- Generando disrupción como parte de la estrategia ante cambios en el mercado
- Diversificación de productos
- Asociaciones estratégicas ya sean tecnológicas o de capacidad (se asocian porque creció la empresa y necesita mayor capacidad o asociación para transferir tecnología)
- Adquisiciones, ocasional y principalmente para evaluaciones
- Crecimiento orgánico (qué tecnologías hay en el mercado que les permite hacer el proceso más eficiente)
- Vigilancia tecnológica

Figura 26. Elementos del entorno en la estrategia de crecimiento.



Fuente: Elaboración propia a partir de entrevistas realizadas

En resumen, la estrategia tecnologica que está siguiendo la línea de negocio eléctrica para adoptar la I4.0 es de transición, actualización y concientización, evaluando los siguientes ejes que determinan el nivel de adopción de la I4.0 (Entrevistado 3).

- Estrategia de mercado y de negocio
- Procesos
- Organización y personas
- Productos y servicios
- Infraestructura

7.1.4 El proceso de acumulación de CT a través de su sistema de manufactura para la adopción de la I4.0 (2000-2019). Nivel básico.

Como se mencionó en la sección 5 el G. BETA inició en 1954, teniendo únicamente operaciones en la línea eléctrica. Esta línea de negocio se ha mantenido a lo largo de la historia del Grupo y fue hasta la década de los 2000 que se inició el proceso de digitalización y comenzó su proceso de acumulación de CT para avanzar en la digitalización y más adelante

con la I4.0. Este proceso comenzó aproximadamente en el 2000, con la introducción del *lean manufacturing*, ante la incorporación de los conceptos *lean*, a través de su sistema de manufactura, que fue una aportación de uno de sus socios comerciales, para que estos conceptos se promovieran dentro de las plantas de la línea eléctrica. Con la llegada de una nueva dirección, lo primero que se comienza a solicitar es la adopción de esos conceptos *lean*, que comienza de manera muy informal y no sistemática. Comenzaron de manera muy relajada, muy informal y sin establecer las reglas, es decir, cada planta lo adoptaba de acuerdo al nivel de convicción del gerente en turno. Esto generó que cada planta tuviese diferentes niveles de adopción y sin una utilidad práctica hacia las operaciones diarias (Entrevistado 3).

Los problemas provocados por la falta de formalidad en la adopción de los conceptos *lean*, e incluso una competencia entre plantas, y la falta de colaboración entre ellas, cambió con la llegada de una nueva dirección entre 2014 y 2015. Esta nueva dirección cambió la cultura del G. BETA, cambió la mentalidad, el rumbo y la forma de operar de las plantas (Entrevistado 3)

“Comienza un proceso de integración muy interesante. Empieza a haber intercambios entre las plantas y se empieza a promover que las gentes de una planta visiten a la otra planta. Empieza a promoverse que quien tiene un equipo con una planta lo preste a la otra planta, cosas que antes era algo inimaginable, y llega al grado de que máquinas completas que están en una línea estén en función del mercado para el cual trabaja otra planta, se mueve una máquina para otra planta y se hace una reubicación de equipo. Con todo esto se comienza a promover un clima más propicio para el intercambio de información y de trabajo entre las plantas, y eso viene a consolidarse cuando desde el Centro de I+D se decide impulsar al Sistema de Manufactura a través de crear una especificación.” (Entrevistado 3)

Con la llegada de la nueva dirección en 2014 se consolidó el trabajo colaborativo entre las plantas y se comenzó a homogeneizar la adopción de los conceptos *lean* a través del Sistema de Manufactura, el cual generó colaboración, trabajo en equipo y dejaron de lado la competencia interna que había entre las plantas, comenzando un proceso de integración. (Entrevistado 3).

A continuación, los recuadros 1 y 2 describen algunos proyectos relevantes del periodo 2000-2019 que permitió construir capacidades básicas.

Recuadro 1. El proyecto de Sistema de Manufactura.

Recuadro 1. El proyecto de Sistema de Manufactura

Con la llegada de una nueva dirección, en 2015 se le pide al Centro de Investigación y Desarrollo que comiencen a darle formalidad y fortalecimiento al Sistema de Manufactura, para homogeneizar los procesos y la toma de decisiones dentro de las plantas (Entrevistado 3).

Se crean las Especificaciones del Sistema de Manufactura del G. BETA, que contienen seis elementos interdependientes que definen: qué debe medirse, cómo debe medirse, y el impacto en sus operaciones (Entrevistado 3). Estos seis elementos son:

1. Manufactura de flujo
2. Ambiente
3. Involucramiento del personal
4. Calidad
5. Disponibilidad del equipo y
6. Manejo de materiales

Para evaluar estos seis elementos se crearon las auditorías, como mecanismo de evaluación de Especificaciones del Sistema de Manufactura del G. BETA, determinando el nivel de madurez de las plantas, en cuatro niveles:

Niveles de Madurez

- **Concientización** (saber qué es)
- **Implementación** (empezar con un área piloto)
- **Mejora** (que existan buenos resultados)
- **Mejora continua** (lograr revertir tendencias)

Este documento de Especificaciones del Sistema de Manufactura del G. BETA sirvió como directriz para establecer los lineamientos de ¿cómo medir? y ¿qué medir?, y para que todas las plantas reporten de la misma manera. Esto ha servido como una fuente de aprendizaje interno, dado que cada planta comparte experiencias, tanto de obstáculos como de fortalezas, que permite una movilización del conocimiento entre diversas plantas mejorando el funcionamiento de cada uno de ellas, o como ellos lo denominan “*Buenas prácticas operativas.*” (Entrevistado 3)

Fuente: Elaboración propia a partir de entrevistas realizadas

Con la integración del documento de Especificaciones del Sistema de Manufactura del G. BETA a partir de 2015 y hasta 2019, se inició un periodo de concientización y capacitación a todas plantas y se les dio seguimiento mediante sus auditorías. Esto sentó las bases para incorporar los conceptos de I4.0, pues ya contaban con la herramienta adecuada para introducir estos conceptos en las plantas, lo que llevó un periodo de aproximadamente 19 años en formalizarse y homogeneizarse.

“Cuando se decide en 2019, más o menos, que el Grupo debería de incorporar los conceptos de I4.0, justamente la herramienta más adecuada con la cual se decide introducir los conceptos de 4.0 es en el documento de Especificaciones del Sistema de Manufactura del G.” (Entrevistado 3)

Para comenzar a incorporar los conceptos de I4.0, generaron un proyecto llamado Proyecto DIGICX 4.0, como antecedente a la adopción de la 14.0 en la línea eléctrica (Recuadro 2).

Recuadro 2. El proyecto de DIGICX 4.0.

Recuadro 2. Proyecto DIGICX 4.0

Fue un pequeño proyecto donde se comenzó a estudiar ¿qué era la I4.0? ¿qué implicaba? y ¿cómo medirían el nivel de madurez tecnológica? A la par surgió el concepto de Laboratorio 4.0, en el cual se hacían pruebas o ensayos nuevos y se necesitaba que a los equipos se les incorporaran funcionalidades que fuesen orientadas a la I4.0, ya que se incorporó en el Centro de Investigación y Desarrollo y ellos se dedican hacer pruebas y como parte de esas pruebas la confiabilidad es un tema importante en la obtención de los registros de los datos que se obtiene de cada ensayo de prueba, como lo describe el Entrevistado 3.

“Hay una prueba y hay un punto de fallo. En el pasado digamos, a lo mejor metías un sistema de alarma y cuando ocurría la falla se rompía el circuito, cambiaba el estado y se activaba una alarma. Si ese equipo, por ejemplo, hacía mucho ruido o despedía vapores o requería de condiciones climáticas específicas que no las tienes en el ambiente laboral pero, sí que las logras a lo mejor dentro de una cámara, lo significaba, a lo mejor que el técnico tenía que estar al tanto de ver en qué momento realmente ocurría el fallo del elemento bajo prueba, tan solo un concepto muy básico de 4.0, es de laboratorio 4.0 está en implementar lo necesario para que el historial de esa prueba quede registrado en algún medio electrónico. Y justo cuando ocurra la falla, se sepa en qué ciclo fue, a qué hora fue, y tengas la fotografía completa de lo que estaba ocurriendo cuando la pieza falló, eso te permite ya empezar a identificar con una implementación con una instrumentación adecuada que sepas tú realmente cuando falló, eso digamos que le va dando más soporte a tus resultados, por ejemplo, si generaste un dato y este era 1958 y el técnico escribió 1590 por el hecho de tener que transcribir el dato, entonces un concepto de 4.0 te da la información exacta de cuando falló el espécimen y genera un archivo electrónico, para que el técnico ya no tuviera que hacer esa transcripción, sino que los datos que se guardaron cuando ocurrió la falla, esos datos, ahora van y se usa para incluirlos directamente en el reporte, Y el técnico ya no transfiere nada. El dato, tal como se generó se va hacia la bitácora o hacia el reporte de prueba. Y de esa manera, mediante la instrumentación, digamos eliminas los factores de error que podrías estar expuesto a cometer cuando hace las cosas de forma manual.”

Fuente: Elaboración propia a partir de entrevistas realizadas

La incorporación de los conceptos lean y el desarrollo de los proyectos descritos en el recuadro 1 y 2 podemos identificar la incorporación de la I4.0 en el proceso de producción que facilita la obtención de datos en tiempo real y con mayor confiabilidad que si se realiza de manera manual, evitando riesgo de errores de medición, identificado fallos y mejorando la toma de decisiones.

Estas actividades y los proyectos descritos a lo largo de este capítulo, se puede identificar el nivel de CT para la adopción de la I4.0 durante el periodo 2000-2019. Este es claramente un periodo de construcción de sus capacidades iniciales de digitalización en la línea para avanzar en la adopción de la I4.0. Se construyeron inicialmente CT básicas para la adopción de la I4.0. Para la identificación de este primer periodo de construcción de CT para adoptar la I4.0 se tomó como base la definición de Santiago *et al.* (2021), en este nivel que es el más bajo de complejidad tecnológica, se inicia con una readaptación y preparación para integrar operaciones, tecnologías y sistemas de producción de la Tercera Revolución Industrial, como serían las TICs, en dónde se readaptan y se desarrollan habilidades, conocimientos y experiencias.

Nivel de CT identificadas

Básicas: Capacidades de reacondicionamiento y preparación

- Concientización y capacitación a todas plantas. Preparación de todas las plantas para comenzar a estudiar ¿qué es la I4.0 y cómo puede ayudarlos en la organización?
- Integración de las operaciones y de algunas tecnologías, principalmente las TICs. Uso de tabletas para recabar información
- Desarrollo de actividades centradas en la consolidación de sus capacidades iniciales de digitalización. Disminución del uso de papel y transitar hacia procesos digitales.

Estas primeras CT para adoptar la I4.0 sentaron las bases para continuar con un segundo periodo de nivel de CT que se describen y analizan a continuación identificadas como intermedias en la línea de negocio eléctrica que va de 2019 a 2024.

7.2 LA CONSTRUCCIÓN DE UN NIVEL DE CT INTERMEDIO PARA ADOPTAR LA I4.0 EN LA LÍNEA ELÉCTRICA: 2019-2024.

En esta sección se presenta la evolución de las CT intermedias para adoptar la I4.0 en la línea de negocio eléctrica, este periodo inicia en el 2019 y el análisis termina en 2024. En esta sección se presentan las motivaciones, las estrategias y las CT para la I4.0. Se describe y analiza cómo se han dado esta construcción de CT y su evolución.

7.2.1 Motivaciones en la adopción de la I4.0 asociadas a un nivel intermedio de CT.

Las motivaciones identificadas en este nivel difieren a las señaladas en el nivel básico, las cuales se encontraban en un proceso de sensibilización o preparación para adoptar la I4.0 en esta línea de negocio eléctrica. Sin embargo, durante el 2019, que es el año en que comienzan a introducir la I4.0, estas motivaciones cambian dado que ya se cuenta con una herramienta que permite su incorporación y ya contaban con un proyecto que se puso en marcha para incorporarla como se analizó en los Recuadros 1 y 2. Las motivaciones que se identificaron están asociadas a un nivel intermedio de CT las cuales están enfocadas principalmente a aumentar la calidad de los productos e implementar algunas tecnologías de la I4.0.

Nivel identificado: Intermedio

- Aumentar la calidad de los productos, generando mayor valor añadido, gracias a la implantación de algunas tecnologías.
- Implantar algunas tecnologías en procesos específicos y en determinadas áreas de producto.
- Implementar I4.0 de acuerdo a las necesidades de los clientes, adopción por presión del mercado nacional e internacional.
- Implementar I4.0 para ser más eficientes y eficaces tanto en los procesos productivos como en los organizativos.

Estas motivaciones ya están enfocadas en implementar la I4.0 en sus productos, en determinadas áreas que sean susceptibles de incorporarla, así como en su cadena de valor desde el diseño hasta el análisis financiero a diferencia del nivel básico que buscaban principalmente mantenerse en el mercado y conocer ¿qué es la I4.0? y como puede ayudarlos

en la empresa, como observamos en la evidencia, estas han seguido un proceso evolutivo y acumulativo que va de acuerdo al nivel de digitalización en la empresa. Si bien en la primera fase se tenía que iniciar un proceso de digitalización en sus procesos y dejar de lado el uso de papel, ahora se trabaja con la información que obtienen de esa digitalización esto con ayuda de lo que ellos llaman habilitadores digitales, para dar paso a la segunda fase de digitalización que es generación, sistematización y análisis de la información. Los habilitadores digitales apoyan a la I4.0 ya que puede interactuar con su cadena de valor, que inicia desde el pedido del cliente hasta los elementos referidos a su contabilidad.

**Fase: 1 y 2 Generación, sistematización/integración
análisis de la información.**

En esta fase identificada se hace uso de herramientas de computación que permiten la obtención de datos, así como al uso de esta información en la toma de decisiones.

“Ese equipo que hicimos, por ejemplo, como requería ajustes por cada modelo de circuito que se va a procesar, y para nosotros ir hacia a Guanajuato no es una cosa sencilla, la seguridad cuenta, la carretera se encuentra en poblados donde a veces digamos vas por carreteras solas. ¿Entonces, qué funcionalidades agregamos? pues que desde el Centro de Investigación y Desarrollo que se pudiera leer las condiciones del proceso de la máquina y de esa manera nosotros ya no tener que ir, sino simplemente si requeriáramos saber cuál había sido el grado de uso de la máquina, cuántos circuitos se habían procesado, quién había sido la operadora, cuáles fueron las horas de producción, cuánto se tardó entre cada pieza fabricada o agregar un nuevo modelo porque resulta que algún cliente había pedido un nuevo circuito y había que programar la máquina a ese equipo que físicamente está en otro lugar, se le otorgaron funcionalidades para hacer posibles desde el Centro de Investigación y

Desarrollo, obtener esa información o cargar información nueva al equipo y eso ya es de I4.0.” (Entrevistado 3)

Como vemos con el apoyo de los habilitadores digitales en esta fase de digitalización asociada a un nivel de CT intermedias ya se utilizan herramientas de I4.0, ya se incorporan elementos de I4.0 que da un valor agregado al equipo, ya se pueden monitorear a distancia y recabar datos en tiempo real y esta relacionada a la estrategia tecnológica de adopción de la I4.0, que va en la dirección de cumplir con las motivaciones, y que corresponde a una fase de digitalización, se generan las herramientas y se integran al análisis para la toma de decisiones. Es importante recalcar que esto se logra debido a que ya cuentan con elementos y actividades que permiten el uso de la 4.0.

7.2.2 Estrategia tecnológica en la adopción de la I4.0 asociadas a un nivel intermedio de CT en la línea de negocio eléctrica (2019-2024).

La estrategia tecnológica identificada está relacionada con el establecimiento de un modelo de adopción para avanzar en la adopción de la Industria 4.0 y con la creación de un documento rector de especificaciones en el área de fabricación para homogeneizar procesos a partir de la medición de los OEE (Overall Equipment Efficiency), para identificar puntos críticos en la producción. Esta estrategia de adopción de la I4.0 es para todas las plantas (Entrevistado 3). Cuenta con un departamento de Sistema Centralizado que toma la batuta de la I4.0 y existe un responsable al que denominan “Champion 4.0” (Entrevistado 2).

“La I4.0 es vista como un proceso natural dado por el avance tecnológico, aprovechando las tecnologías que les permiten optimizar las operaciones, las actividades, no solo las productivas sino también las organizativas y administrativas, en el cual todos los especialistas participan, por ejemplo, el Centro de Investigación y Desarrollo, las plantas y hasta el nivel corporativo más alto.” (Entrevistado 2)

La estrategia que definió la línea eléctrica para avanzar hacia la I4.0 es una estrategia que tenía que incluirse en su visión, en sus objetivos y que determinará su alcance. Es decir, si se deseaba para un área en específico o para toda la organización, para mejorar algunos de sus

indicadores claves en sus procesos, en su infraestructura, en sus productos, en sus servicios y centrarse en monitorear que tengan un impacto positivo (Entrevistado 3).

Dentro de esta línea de negocio eléctrica en algunas plantas se parte del Benchmarking como estrategia para saber cómo están y compararse sobre sus inversiones, su innovación tecnológica, sostenibilidad, debido a que es una empresa circular (Entrevistado 6).

“Somos una empresa circular, o sea nuestra economía es circular, en la parte del aluminio, porque nosotros recibimos un lingote, lo fundimos, lo transformamos en un alambrón, este alambrón se va a los clientes, pero por el otro lado nosotros los residuos que sacamos la volvemos a vender, no la tiramos, la vendemos para reciclar y volver a obtener aluminio, porque los que obtienen el aluminio de nuestros residuos lo pueden utilizar para este tipo de procesos, porque estos aluminios sí pueden ser reciclados, el aluminio que nosotros usamos la fabricación es aluminio primario, es aluminio puro.” (Entrevistado 6)

7.2.2.1 Generación de la estrategia de adopción de la industria 4.0 en la línea de negocio eléctrica.

Como parte del proceso de acumulación de CT para avanzar en la adopción de la I4.0 el proceso de generación de la estrategia para avanzar en la adopción de la I4.0 es fundamental, para establecer un modelo de adopción de avance a la Industria 4.0, para esto se, la línea de negocio eléctrica creó un documento rector de especificaciones en el área de fabricación para homogeneizar procesos a partir de la medición de la OEE (Overall Equipment Efficiency), e identificar puntos críticos en la producción y ¿Cómo llevaron a cabo esta medición? Primero realizan la colocación de sensores en la maquinaria, esto con la finalidad de obtener datos, que posteriormente se sistematizan y analizan para conseguir una toma de decisiones informada de los fallos o puntos críticos que tienen en la producción.

Después de identificar puntos críticos en la producción y las áreas prioritarias de adopción, generaron un proceso de análisis para identificar los datos que mostraban algún punto crítico

o paro de la producción, es decir, un análisis en tiempo real (Entrevistado 3). En el recuadro 3 y en la figura 27 se describen como se llevo a cabo de manera más específica la elaboración de su estrategia tecnológica de adopción que incluyen 5 etapas.

Recuadro 3. Proceso de generación de la estrategia tecnológica de adopción de la I4.0.

1. Generar una estrategia que se incluya en su visión y objetivos y determine su alcance.

- Definir si es sólo para un área o para toda la organización
- Generar/ usar herramientas de autoanálisis en algunos de estos elementos: Procesos, Organización y personal, Productos y servicios, Estrategia de mercado, Infraestructura
- Identificar el nivel de madurez tecnológica
- Definir áreas específicas de implementación y centrarse en monitorear que tengan un impacto positivo

2. Comenzar a invertir en áreas prioritarias de adopción.

3. Analizar el proceso para identificar los datos que muestren algún punto crítico o paro de la producción (análisis en tiempo real) en los siguientes elementos a monitorear:

- Dirección, Manufactura de Flujo (Cadena de Valor), Administración visual, Manejo de materiales, Disponibilidad, Calidad, Involucramiento del personal

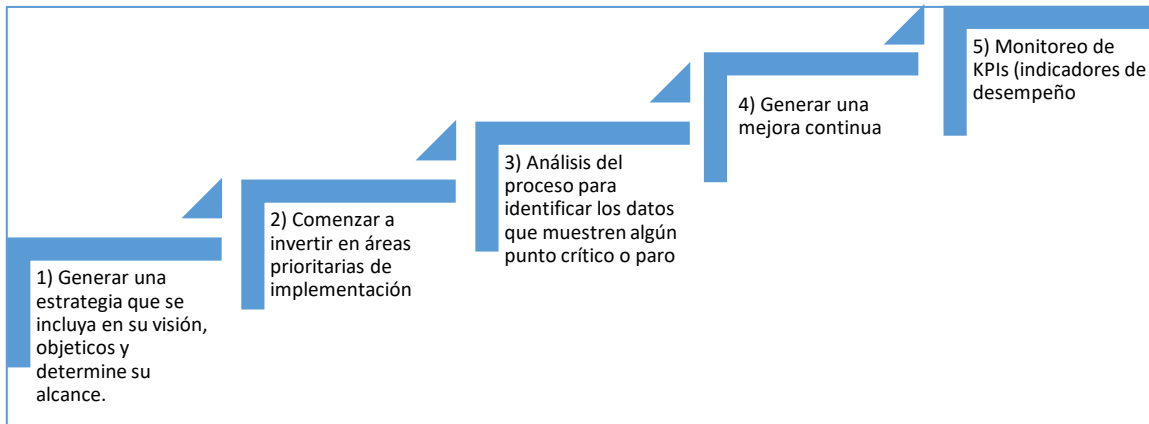
4. Generar una mejora continua (en su sistema de manufactura)

5. Monitoreo de indicadores de desempeño (Key Performance Indicators):

- Ventas, Aspectos financieros, Costos de producción, Costos de calidad, Mantenimiento, Personal, Desperdicios, Productividad, Servicios, Producción.

Fuente: Elaboración a partir de entrevistas realizadas.

Figura 27. Proceso de generación de la estrategia tecnológica de adopción de la I4.0.



Fuente: Elaboración propia a partir de entrevistas realizadas

Este proceso permitió trazar un camino hacia su adopción en áreas que representen una ventaja competitiva (Entrevistado 3). Esta estrategia tecnológica de adopción está en función de medir sus OEE (eficiencia general de su equipo), los cuales son: disponibilidad, rendimiento y calidad, para mejorar algunos de sus indicadores claves de procesos como: calidad, productividad, desperdicio, personal, mantenimiento y medio ambiente. El objetivo de la generación de esta estrategia tecnológica era mostrar visibilidad al cliente de manera que se pudiese mostrar la eficiencia, la flexibilidad de la empresa que final generar trazabilidad en sus productos.

Un elemento importante fue el identificar del nivel de madurez tecnológica de todas sus plantas, mediante una herramienta de autodiagnóstico que retomaron de su Planta en el extranjero (Entrevistado 3). Para poder hacer uso de esa herramienta de diagnóstico, el Grupo tuvo que adaptarla a las condiciones de la empresa en México, y así poder identificar el nivel de madurez tecnológica para adoptar la Industria 4.0 y que funcionara de manera exitosa en el Grupo, para posteriormente trazar una ruta de avance hacia la adopción de la I4.0 (Entrevistado 3). A continuación, se presentan las CT de adopción de la I4.0 en un periodo de 2019 a 2024, este periodo se identificó como una segunda etapa en la cual se construyeron las CT intermedias.

7.2.3 El proceso de acumulación de CT intermedias en la adopción de la I4.0 (2019-2024).

El proceso de adopción de la I4.0 en el Grupo ha sido una situación compleja, dado que en realidad es difícil saber en qué punto se está preparado para adoptar un modelo como el de I4.0 y qué camino debían seguir (Entrevistado 3). El punto inicial era identificar como ellos entienden o definen a la I4.0, la definición dada por el entrevistado 4 es:

“el adecuado uso de herramientas que nos ayuden a mejorar la productividad, la calidad de información y sobre todo contribuyan a nuestro caso con la parte de innovación en grupo, entonces por innovación me refiero a que no solo usemos las herramientas pues de manera interna los procesos, también que nos ayuden a mejorar la comunicación con los clientes” (Entrevistado 4).

El proceso inició cuando por parte de la dirección se les pide seguir tres ejes: **digitalización, automatización y trazabilidad**, como camino hacia la I4.0, tendiendo como base la cultura del paperless, de tal manera que se agoten todas las posibilidades del uso de papel, digitalizando prácticamente todos sus proyectos, apoyados en que son un sector intensivo en capital, esto como parte del primer eje, digitalización.

Para el segundo eje, automatización, se requería volver automático todo lo que sea susceptible a ello, lo que no se podía automatizar, no se tomaba en cuenta por los altos costos que eso implicaba.

A diferencia de la línea automotriz que cuenta con maquinaria más actualizada que permite una mayor automatización, la línea eléctrica encuentra dificultades para automatizar su maquinaria existente, entonces cuando renuevan buscan adquirir maquinaria que ya cuente con esas funcionalidades que hagan posible la recolección de datos. (Entrevistado 3)

“Y cuando hay digamos renovación del equipo, los equipos que se adquieren ya traen funcionalidades que hacen posible la recolección de datos y, pues, empezar a migrar después hacia los otros problemas de la industria 4.0 que no basta con que tú generes

los datos, el reto principal está en que uso das a esos datos. Qué usos le das a los datos que manejas para hacer una minería de datos, para obtener información útil y que eso te permita tomar decisiones.” (Entrevistado 3)

Para el tercer eje, trazabilidad, a medida que digitalizas tus procesos, pueden ofrecer mayor trazabilidad de los productos. Una de las ventajas que ofrece la trazabilidad es la visibilidad a sus clientes, para que por medio de plataformas solo ingresen el número de su orden y el sistema puede generar todos los datos de la orden.

7.2.3.1 Habilitadores digitales como facilitadores en la adopción de la I4.0.

Como parte de este proceso de acumulación de CT para adoptar la I4.0 entre los años 2020 y 2021 se realizaron una autoevaluación para identificar el nivel de madurez digital con el que contaba esta línea de negocio, primero tenían que reconocer el nivel de madurez para realmente adoptarla de manera exitosa, y esta adopción iba acompañada de lo que denominan habilitadores digitales.

“Los habilitadores digitales son todas las herramientas disponibles hoy para una integración adecuada de la I4.0, todo lo que hoy conocemos como el internet de las cosas, el big data, la inteligencia artificial, la ciberseguridad.” (Entrevistado 3)

Estos habilitadores digitales permitieron hacer la transición de procesos manuales a procesos digitales. Uno de los factores que detonó el uso de los habilitadores digitales en el G. BETA fue la pandemia trajo como respuesta un aumento en la cultura de los medios electrónicos como forma de trabajo, si bien ya utilizaban algunas herramientas como *teams* desde 2019 ya que preferían las reuniones presenciales, pero cuando llega la pandemia, ellos ya tenían la ventaja de contar con esa herramienta que les permitió trabajar a distancia, en ese momento se dieron cuenta del potencial de esa herramienta y eso también los movió a trabajar en la nube lo que generó mucho intercambio de información entre los trabajadores y se refuerzó el trabajo colaborativo (Entrevistado 3).

Dentro de estos habilitadores en esta línea de negocio cuenta con algunos casos de comunicación máquina – máquina, impresoras 3D, big data e internet de las cosas que son habilitadores convenientes para crear casos de aplicación que sumen hacia la adopción de la I4.0. La aplicación de estos habilitadores a través de sus equipos de telecomunicaciones y de la implementación del internet de las cosas buscan desarrollar programas que hagan posible el monitoreo continuo de variables que son importantes dentro de sus equipos.

“Los habilitadores digitales precisamente juegan un papel muy importante en la adquisición de datos en cada una de estas etapas de la cadena de valor, cada una puede generar información o datos útiles para el resultado último de nuestra cadena de valor, pero hay una cuestión importante para que estos habilitadores digitales funcionen o realicen su labor, no puedes prescindir de la ciberseguridad como una parte fundamental de todo esto, los habilitadores digitales son justamente todas las herramientas disponibles para una incursión exitosa hacia la industria 4.0.”
(Entrevistado 3)

Si bien el uso de los habilitadores digitales hacen una incursión exitosa hacia la I4.0, el aprovechamiento de los habilitadores digitales, dependen de la infraestructura, no se puede pensar en I4.0 sino se cuenta con la infraestructura adecuada para ello, se necesita de redes, servidores, computadoras, antenas, instalaciones, señalizaciones todo esto para incursionar en un ambiente 4.0. que permite mostrar flexibilidad y eficiencia, así como el uso de ciberseguridad que es transversal a todo el proceso (Entrevistado 3). Esto con el objetivo de generar una trazabilidad digital que puede mostrar toda la fabricación que si siguió en el producto, desde la materia prima, la mano de obra, los equipos, los insumos y así como los datos que sean de interés para el cliente, generando información en tiempo real lo que les permite dar una respuesta clara de lo que esta ocurriendo.

A través de estos habilitadores digitales se puede promover una integración para generar, compartir y analizar datos a lo largo de su cadena de valor, independientemente de la etapa en la que se encuentre. El dotar al equipo con alguna funcionalidad o un habilitador digital, permite generar y capturar esa información que más adelante puede servir para identificar

algún paro en la producción y corregir en tiempo real y así tomar mejores decisiones en esta línea de negocio lograr el monitoreo de sus tres ejes: automatización en sus procesos u operaciones, digitalización de las actividades para minimizar la dependencia del uso del papel y las actividades orientadas a mejorar la trazabilidad como valor agregar hacia sus clientes.

La línea eléctrica del G. BETA ha tenido un proceso de acumulación de CT a lo largo del periodo cuando comenzaron a digitalizar sus procesos, esto fue un punto clave para lograr los tres ejes que permitieron avanzar en el proceso de I4.0. Esto ha traído consigo algunos retos que son inherentes al proceso de adopción, por ejemplo, lograr una alineación en la organización para que las personas conozcan y se familiaricen con los conceptos que se asocian a la I4.0 en esta línea de negocio, y se pueda hacer esa transición: (i) para no oponerse al cambio, (ii) para adoptarla de forma conveniente y se pueda poner en operación, y (iii) para que se mantengan activas las operaciones y existan personas que contribuyan a alimentar los datos, extraerlos y analizarlos. Señalaron que es importante que las personas estén conscientes de la relevancia de este proceso por el cual la organización decide transitar y llevar a cabo con apoyo del personal (Entrevistado 3). Plantearon la necesidad de identificar en qué área era susceptible de comenzar a avanzar, y su herramienta de autoanálisis para determinar su nivel de madurez les permitió conocer el nivel de madurez tecnológica con el que contaba la línea de negocio de G. BETA.

Herramienta de autoanálisis para determinar su nivel de madurez

Para conocer el alcance de la adopción de la I4.0 era necesario, identificar las capacidades tecnológicas para determinar el nivel de capacidades acumuladas e identificar la dirección hacia donde tenían que moverse para poder adoptar la I4.0.

Este proceso se llevo a cabo en primer lugar, para establecer un Programa e insertar los conceptos de la I4.0 en su Sistema de Manufactura y después un Programa que les permitiera hacer la transición en toda la organización, es decir, una vez que la dirección confirmara que querían hacer y hacia donde tenían que moverse, el siguiente paso era saber ¿cómo lo harían? y el camino propicio para hacer, era agregar un apartado en su Sistema de Manufactura de I4.0.

Les llevó un año determinar su nivel de madurez tecnológica mediante el análisis de algunos ejes: (i) la organización y las personas, (ii) los productos y servicios, (iii) la infraestructura, y (iv) la estrategia de mercado y del negocio, orientada hacia los procesos y mejorar sus indicadores de desempeño (KPIs) dentro de los cuales el indicador que toman es la eficiencia general del equipo que involucra: la disponibilidad, el rendimiento y la calidad.

Respecto a los equipos, era importante atender a:

- Disponibilidad del equipo – que se lleve justo en tiempo la producción
- Rendimiento- operar justo en el tiempo que señalan las especificaciones
- Calidad – No obtener rechazos por el cliente o internamente (no tener defectos u omisiones)

La disponibilidad es el tiempo de uso del equipo, que el tiempo programado sea respetado y se desempeñe de manera esperada, que no haya fallos ni paros. El segundo es el rendimiento, que se relaciona a los parámetros de proceso, por ejemplo, tiempo, velocidad... etc.

“Cuando estos parámetros, se comienzan a monitorear en tiempo real, como se explica aquí es cuando realmente puedes reaccionar a tiempo ¿Por qué? Porque si tienes una mesa de control, donde estás monitoreando lo que está sucediendo en cada uno de tus procesos de manufactura o en los más importantes, tú puedes identificar o tener implementadas alarmas que cuando una máquina que debería estar corriendo a 100 M por minuto está corriendo a 92 por ejemplo, cuando tú ves que se activa una alarma, claro y puedes reaccionar de inmediato e ir a la línea y preguntar por qué no está corriendo a 100m y ¿por qué a 92? y así reaccionar en consecuencia. Digamos que, entendida con ese ejemplo, es un poco el concepto de lo que busca la industria cuatro cero, a través de instrumentar tus máquinas con dispositivos con sensores, con cámaras de visión con todo tipo de dispositivos electrónicos, qué es el Internet industrial de las cosas, llevado a los procesos de manufactura,” (Entrevistado 3).

El tercero está ligado a los anteriores, ya que no solo es importante que te apegues al tiempo previsto y la velocidad que se estableció en la máquina, sino que se ajuste a la calidad esperada, es decir que no tenga ningún defecto o algún faltante, del cual es responsable el control de calidad.

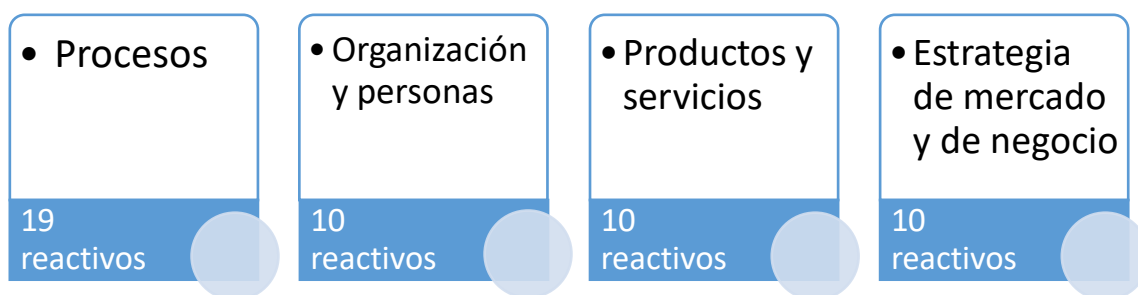
“Dentro de las actividades principales, nosotros como supervisor, pues es evaluar al 100% nuestro producto.” (Entrevistado 7)

En caso de que no cumpliera con las especificaciones de calidad, entra en calidad de rechazo por el área de pruebas de calidad.

“si no pasara o no cumpliera con alguna especificación que requiere en este caso del cliente, pues ese rollo pasaría a calidad de rechazo, dependiendo si no existía alguna otra condición, alguna otra variable para poder apartar o poder pedir ese rollo o algún otro producto que sí sea conveniente. Como primer paso, la primera prueba que se hace es la prueba para resistencia.” (Entrevistado 7)

Estos fueron los tres indicadores que se evaluaron en la eficiencia general del equipo, con el fin de mejorar sus indicadores de desempeño orientada a mejorar sus procesos. Dentro de los reactivos a contestar con relación a sus procesos, 10 reactivos fueron relacionadas a la organización y a las personas, 10 con relación con sus productos y servicios y otros 10 con relación a su estrategia de mercado y del negocio, como se muestra en la figura 28.

Figura 28. Reactivos evaluados en su herramienta de autodiagnóstico de madurez tecnológica.



Fuente: Elaboración propia a partir de entrevistas realizadas

El interés de seleccionar estos reactivos es que impacte primero en los procesos (porque es la esencia para la creación de los bienes), es por ello que tiene más elementos a evaluar, después en la organización y las personas, seguido de sus productos y servicios, y finalmente en su estrategia de mercado.

Dentro de su cuarto de control se ha implementado el sistema MES/SCADA para obtener ciertos beneficios de la I4.0, el cual se describe en el recuadro 4.

Recuadro 4. Sistema MES/SCADA

Ellos cuentan con sensores actuando a lo largo de su línea, cuentan con un PCL que es su nivel de control, SCADA que es su nivel de visualización, MES es su nivel de operación, y SAC que es su nivel de información. La relación que tienen todos estos niveles, MES/SCADA, PCL y SAC, es lo que proporciona una adquisición, manejo y control de datos, generando trazabilidad en tiempo real (Entrevistado 8).

“La importancia también que nos da este sistema son nuestros indicadores diarios que se van actualizando cada cinco minutos. En esos indicadores diarios nosotros manejamos disponibilidad, rendimiento, calidad.” (Entrevistado 8).

Fuente: Elaboración a partir de entrevistas realizadas.

En resumen, hay tres indicadores que evalúan la eficiencia general del equipo (la disponibilidad, el rendimiento y la calidad), con el fin de mejorar sus indicadores de desempeño orientada a mejorar sus procesos y estos monitoreados a través de sus sistemas de control (PCL) nivel de visualización (SCADA) nivel de operación (MES) nivel de información, esto hace posible la obtención de datos.

Como se describió y analizó en este apartado, en el periodo 2019-2024, el cual se asocia a una segunda etapa de acumulación de CT, aumentó el grado de complejidad en las actividades realizadas en el sector. Estas CT asociadas a un nivel intermedio fueron definidas como: las capacidades de integración de sistemas que implican la adopción de tecnologías de la I4.0. En este nivel, se produce la integración de tecnologías físico-digitales y la empresa establece redes de integración de datos intra e interempresariales (Santiago *et al.*, 2021). cómo se analizó a lo largo de esta sección y se mostró como fue el proceso de acumulación de CT para adoptar la I4.0 de acuerdo con el nivel de digitalización en la línea de negocio. El nivel identificado de CT es:

Nivel Intermedio: Capacidad de integración de sistemas.

- Mayor capacidad de digitalización horizontal y vertical. Esta línea de negocio incorporó sensores en su maquinaria para la recolección de datos y monitoreo de

puntos críticos en la producción así como para monitorear a la producción en diferentes plantas.

- Integración de algunas tecnologías en el proceso de producción. Tienen comunicación máquina a máquina, impresión 3D e internet de las cosas que funcionan como habilitadores digitales.
- Integración de sistemas dentro de la empresa para obtener datos en tiempo real. Planeación de programas o aplicaciones para un monitoreo continuo de variables importantes dentro de la producción.

A continuación se presenta la Matriz de motivaciones, estrategias y CT para la adopción de la I4.0 en la Línea eléctrica.

7.2.4 Matriz de motivaciones, estrategias y CT para la adopción de la I4.0 en la línea eléctrica.

Esta matriz presenta el proceso de adopción de la I4.0 en la línea eléctrica, este proceso inicia con las motivaciones que son las razones que esta línea de negocio tiene para adoptar la I4.0 de acuerdo a su nivel de digitalización, estas motivaciones impactan en la estrategia de adopción y tienen un impacto en las CT para adoptar la I4.0. Esta matriz se presenta en la tabla 54. Se identificaron dos niveles de CT para adoptar la I4.0 el primer nivel va del 2000 al 2019 se identificó un nivel básico de CT. A partir de 2019 a 2024 se identificó un nivel intermedio de CT.

Tabla 54. Matriz de matriz de motivaciones, estrategias y ct para la adopción de la I4.0. Línea de negocio eléctrica.

Motivaciones	Fase	Estrategias	Capacidades Tecnológicas
- Mantenerse actualizado para seguir siendo competitivo. - Mantener las relaciones con los socios comerciales. - Seguir la cadena de valor global. - Ver la I4.0 como un proceso natural dado el avance tecnológico para aprovechar las tecnologías para optimizar la producción, la logística y las actividades organizativas. - Adquirir algunas tecnologías I4.0 - Diversificación de los productos	Fase preliminar: Digitalización (2000-2019)	- Contar con un cierto nivel de digitalización que les permita adquirir algunas tecnologías. - Una estrategia de transición, actualización y sensibilización.	Capacidades Tecnológicas Básicas: Capacidades de reacondicionamiento y preparación - Integración de las operaciones y de algunas tecnologías, principalmente las TICs. - Desarrollar actividades centradas en la consolidación de sus capacidades de fabricación ajustada.

- Aumentar la calidad de los productos, generando mayor valor añadido, gracias a la implantación de algunas tecnologías. - Implantar algunas tecnologías en procesos específicos y en determinadas áreas de producto. - Implementar I4.0 por necesidades de los clientes, adopción por presión del mercado nacional e internacional. - Implementar I4.0 para ser más eficientes y eficaces tanto en los procesos productivos como en los organizativos.	Fases 1 y 2: Generación, sistematización/integración y análisis de la información. (2019- 2024)	- Establecer un modelo de adopción para avanzar en la implantación de la Industria 4.0. - Creación de un documento rector de especificaciones en el área de fabricación para homogeneizar procesos a partir de la medición de la OEE (Overall Equipment Efficiency), para identificar puntos críticos en la producción.	CT Intermedias: Capacidad de integración de sistemas. - Mayor capacidad de digitalización horizontal y vertical. - Integración de algunas tecnologías en el proceso de producción. - Integración de sistemas dentro de la empresa para obtener datos en tiempo real.
--	---	--	---

Fuente: Elaboración propia a partir de entrevistas realizadas.

Como se mostró en la tabla 54 las CT identificadas en el primer nivel (básico) fueron: Capacidades de reacondicionamiento y preparación las cuales contienen la Integración de las operaciones y de algunas tecnologías, principalmente las TICs y el Desarrollar actividades centradas en la consolidación de sus capacidades de fabricación ajustada, por ejemplo, Concientización y capacitación a todas plantas sobre la adopción de la I4.0. Su estrategia corporativa señala su objetivo de consolidar su posición en los mercados en los que opera. Su estrategia de crecimiento en el cual busca conocerse a sí mismo como grupo y que le permita ampliar su participación en el mercado. El papel del entorno en sus múltiples dimensiones tiene importancia en la acumulación de CT para adoptar la I4.0. La participación del Centro de I+D y sus principales actividades. Así como el proceso de acumulación de CT que se ha dado mediante sus proyectos de innovación, por ejemplo, su proyecto de Sistema de Manufactura para la adopción de la I4.0 descrito en el recuadro 1 de la sección 7.1.1.3. Así como el Proyecto Digi 4.0 descrito en el recuadro 2 de la misma sección que han permitido acumular CT, así como darle formalidad y fortalecimiento a la adopción de la I4.0 en la primera etapa en este sector.

En el segundo periodo analizado de 2019 a 2024, se identificó mayor complejidad en las actividades, las CT fueron: Mayor capacidad de digitalización horizontal y vertical e Integración de algunas tecnologías en el proceso de producción y la Integración de sistemas dentro de la empresa para obtener datos en tiempo real, es decir, se identificó un uso de tecnologías que les permitió la obtención de datos para la toma de decisiones y se incorporaron elementos de la I4.0. Su estrategia está relacionada con el establecimiento de un modelo de adopción de la I4.0 y de la creación de un documento de especificaciones para homogeneizar sus procesos a partir de la medición de sus OEE para identificar puntos críticos en la producción que puedan presentarse en el proceso. Cuentan con habilitadores digitales que funcionan como facilitadores en la adopción de la I4.0. Para incorporar estos habilitadores realizaron primero una encuesta de autoevaluación para conocer su nivel de madurez tecnológica. Han implementado dentro de su cuarto de control un sistema para obtener datos, estos sistemas tiene un nivel de visualización, operación y de información. La relación entre todos estos niveles les proporciona una adquisición, manejo y control de datos.

7.3 MATRIZ DE MOTIVACIONES, ESTRATEGIAS Y CT PARA LA ADOPCIÓN DE LA I4.0. EN LA LÍNEA AUTOMOTRIZ: EVOLUCIÓN.

En el apartado 7.1 se analizó la línea de negocio eléctrica a partir de la Matriz de motivaciones, estrategias y ct para la adopción de la I4.0, para identificar, las motivaciones y las estrategias tecnológicas asociadas a determinados niveles de CT para adoptar la I4.0. En esta sección se aborda la Matriz de motivaciones, estrategias y ct para la adopción de la I4.0 en la línea automotriz, cuya formulación analítica se presenta en el cuadro 24 de la sección 2.1.2 del marco conceptual, con las motivaciones, las estrategias y CT para la adopción de la I4.0, definidas en la sección 2.1.1 (marco conceptual).

7.3.1 La construcción de un nivel de CT básicas para adoptar la I4.0.

En esta sección se presenta el proceso de acumulación de las CT básicas para adoptar la I4.0 en la línea automotriz. En esta sección se hace una descripción y análisis de las motivaciones, las estrategias y las CT para la I4.0. Se describe y analiza cómo se han dado esta construcción de CT y su evolución.

7.3.2 Motivaciones en la adopción de la I4.0 asociadas a un nivel básico de CT.

La línea automotriz a diferencia de la línea eléctrica no inició operaciones cuando se creó el G Beta en 1954, si no que este se crea en 1974, como resultado de las decisiones de querer expandirse a otra línea de negocio, la automotriz (G. BETA, 2024). Esta línea está conectada a CGV como proveedor de componentes TIER 1, y también como TIER 2 en otros productos.

La transformación digital en el G. BETA se ha venido trabajando desde hace varios años (Entrevistado 7). Si bien ambas líneas de negocio pertenecen al mismo grupo, las diferencias en cuanto al ritmo, velocidad y alcance de adoptar la I4.0 es diferente, debido a las características de cada línea, que impulsa o frena la adopción de la I4.0. Este análisis será en un solo periodo dado que se ha identificado que el nivel de adopción de la I4.0 aún es limitada en esta línea de negocio.

Las motivaciones de la línea automotriz referentes a la adopción de la I4.0 están enfocadas principalmente a la actualización de la maquinaria, ya que ellos son una línea que es intensiva en mano de obra, a diferencia de la línea eléctrica que es intensivo en capital. Estas características, así como el tamaño y el grado de integración con las CGV, hacen que el proceso de adopción sea diferente a pesar de pertenecer al mismo Grupo. Estas motivaciones están relacionadas principalmente con actualización y adquisición de maquinaria que ya cuenta con funciones digitales como observamos a continuación:

Motivaciones identificadas

- Disponer de equipos actualizados.
- Disponer de maquinaria con funcionalidades digitales para generar movimientos y cortes más precisos.
- Disponer de tecnología de alta precisión.
- Presión por parte de los clientes para incorporarla.
- La llegada de nuevos competidores que generan una mayor oferta laboral.

“Las cosas han sucedido un poco a la inversa en las plantas de la línea eléctrica y las plantas de la línea automotriz. En la línea automotriz se han hecho inversiones fuertes de forma paulatina en equipamiento que ya incorporan características más propicias para la digitalización que exige la industria 4.0.” (Entrevistado 3)

Estas motivaciones son las razones que de acuerdo con la literatura llevarían a una organización a querer adoptar la I4.0, es este sentido, estas motivaciones serían las razones por las cuales la línea automotriz quiere adoptar la I4.0 dentro de sus procesos y están asociadas a una primera fase de digitalización en la línea automotriz, en la cual se busca la sensibilización y concientización de la I4.0.

Fase preliminar: Digitalización

Como inicio de este proceso de acumulación de CT para avanzar en la adopción de la I4.0 esta línea de negocio automotriz comenzó con un modelo productivo que está basado en las TICs y que cuenta con cierta digitalización como punto de partida y como inicio de la concientización o sensibilización del uso de las nuevas tecnologías en sus plantas de producción, Esto define el alcance y los objetivos de la estrategia tecnológica de adopción que se centra en adquirir algunas tecnologías y en realizar algunos cambios en la empresa, mediante el establecimiento de hojas de ruta para que transite hacia la I4.0. Estas motivaciones hacen inferir que esta línea de negocio está en un proceso de sensibilización y de adopción de I4.0 lo cual denota un nivel bajo de adopción de la I4.0 como lo mencionan los Entrevistados 3 y 4.

“Si entendemos que la I4.0 en realidad busca la integración completa de la cadena de valor de la organización creo que ahí es donde en realidad la línea automotriz es donde estamos empezando a sentar las bases para realmente digamos hacerlo de una forma un poco más ordenada diría yo.” (Entrevistado 3)

“La I4.0 aún esa parte sí está muy verde para nuestra línea automotriz.”
(Entrevistado 4)

Esto es un elemento muy importante ya que la evidencia muestra que a pesar de ser dos líneas de negocio que pertenecen al mismo grupo, no tienen el mismo nivel de convicción y de desarrollo de CT como su otra línea de negocio y esto es explicado en la literatura sobre I4.0, como características de las empresas que desean adoptar, ya que su grado de adopción estará en función de su tamaño, del sector al que pertenezcan, de la implicación de la dirección en la toma de decisiones sobre adoptar o no adoptar la I4.0 y este es un resultado que confirma lo planteado en la literatura sobre la I4.0 y las características de las empresas adoptantes. Estos resultados también aportan una visión crítica sobre empresas que pertenecen a CGV (entorno) y la I4.0, ya que estos resultados arrojan que el formar parte de una CGV no hace que una empresa por sí sola se vuelva más competitiva y adopte de manera automática la I4.0, sino que es un proceso complejo que involucra tanto a factores internos como externos de la empresa y las características del sector en el que opera.

7.3.3 Estrategias tecnológicas en la adopción de la I4.0 asociadas a un nivel básico de CT. Línea de negocio automotriz.

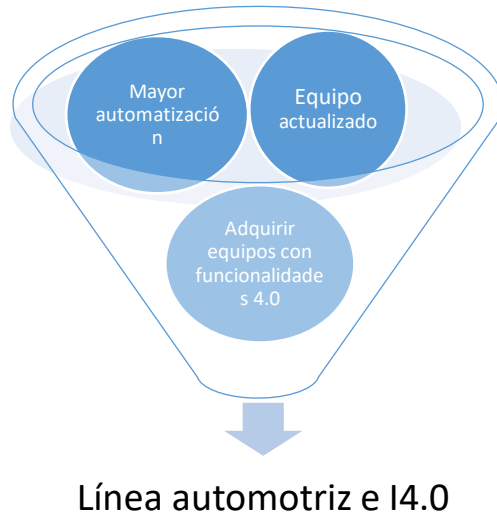
Como se mencionó en la sección anterior el nivel de digitalización definirá el alcance y los objetivos de la estrategia tecnológica de adopción. En esta línea de negocio su estrategia se centra en adquirir algunas tecnologías y realizar cambios en la empresa, mediante el establecimiento de hojas de ruta para que las empresas transiten hacia la I4.0.

Dadas las características de esta línea de negocio:

- (i) depende de OEMs del sector automotriz
- (ii) sus decisiones principalmente dependen del mercado externo y es más complejo realizar cambios
- (iii) cuenta con equipo actualizado
- (iv) sólo tienen automatizado ciertos procesos que son repetitivos y manuales, ya que es una línea intensiva en mano de obra, y resulta muy costoso automatizar todo el proceso ya que se requeriría producir grandes volúmenes, por ello resulta menos flexible para hacer cambios e introducir la I4.0. (Entrevistado 4)

La figura 29 ilustra la relación entre estas características y la I4.0.

Figura 29. Figura Línea automotriz e Industria 4.0.



Fuente: Elaboración propia a partir de entrevistas realizadas

Por estas características, el tema de adopción de la I4.0 no representa un papel clave en la estrategia de la empresa en esta línea de negocio. Se puede afirmar que la línea automotriz no cuenta con una estrategia tecnológica de adopción bien definida para la I4.0, que se llevan a cabo algunas actividades en cuanto a la I4.0 mediante inversiones graduales e incorporación de funciones de digitalización en su maquinaria. La estrategia tecnológica de adopción identificada es:

- Contar con un cierto nivel de digitalización que les permita adquirir algunas tecnologías.
- Realizar Inversiones graduales para incorporar funciones para la digitalización que exige la Industria 4.0.

“En la línea eléctrica es donde estamos digamos planteando la estrategia de la I4.0 que está más avanzada que en la línea automotriz.” (Entrevistado3)

Como mencionan los entrevistados en la línea automotriz aún no cuentan con una estrategia definida para la adopción de la I4.0. Ellos están menos avanzados que la línea eléctrica en ese sentido. Es por ello que el nivel identificado es dado su nivel de digitalización es:

Nivel identificado: Básico

- Tener un cierto nivel de digitalización que les permita adquirir algunas tecnologías.
- Inversiones graduales para incorporar funciones para la digitalización que exige la Industria 4.0.

Esta estrategia está relacionada con el nivel de CT con las que cuenta la línea automotriz para avanzar a la I4.0. A continuación, se presentan las CT para adoptar la I4.0 asociadas a este nivel.

7.3.4 El proceso de acumulación de CT básicas para la adopción de la I4.0.

El proceso de acumulación correspondiente a CT básicas de reacondicionamiento y preparación, corresponden al nivel más bajo de complejidad tecnológica que implica la integración de tecnologías y operaciones de la 3RI (TICs) y que se prepara para dar comienzo al proceso de transformación digital.

Si bien la Industria automotriz les ha exigido abiertamente a esta línea de negocio dar ese paso hacia la automatización, lo cierto es que los márgenes de utilidad en ese negocio no son tan altos, se necesita muchísimo volumen para realmente lograr amortizar esa inversión (Entrevistado 3).

“El discurso de las autoparteras es que sí exigen la automatización, pero cuando tú quieres reflejar en el precio la recuperación del dinero que le invertiste es cuando ya acaba por no ser tan atractivo para ellos, entonces por eso que la línea automotriz avanza a un nivel más lento y avanza básicamente más que nada en la renovación de sus activos mediante la adquisición de equipos que ya incorporan funcionalidades 4.0.” (Entrevistado 3)

Es por ello, que los niveles de las CT identificadas en esta línea son:

Nivel identificado: Básico

Capacidades de reacondicionamiento y preparación

- Principalmente hay actividades de automatización en corte y montaje y adquisición de maquinaria que cuente ya con funcionalidades de la I4.0.

El proceso de adopción de la I4.0 en esta línea automotriz ha sido lento (Entrevistado 3). Cuando en el grupo se realizó la autoevaluación de madurez tecnológica, esta línea se percibió con un nivel bajo de madurez.

“Ellos fueron los que resultaron de las autoevaluaciones más conservadoras, es decir, no se visualizaban en su momento como una industria con un gran nivel de madurez tecnológica, fueron bastante acertados, yo diría, en su propia percepción sobre cómo se visualizan en cuanto su nivel de madurez digital.” (Entrevistado 3)

Uno de los proyectos que introdujeron de robotización requirió de mucha cautela porque el tomar acciones para introducir digitalización, puede interpretarse por parte de los trabajadores como acciones para prescindir de ellos, lo cual era un error, lo que pretendían con ese proyecto era crear un equipo que hiciera posible reducir la fatiga en las operadoras. El equipo llegó a un prototipo muy simple y se fue complejizando conforme vieron la relevancia de las manos de los trabajadores, y las vueltas que van otorgando el movimiento de las manos es por ello por lo que tuvieron que ir agregando aditamentos para llegar a igualar la habilidad de los operadores, sin embargo, este proyecto no llegó a avanzar debido a los conflictos con los trabajadores. Este resultado afirma lo propuesto en la literatura sobre la adopción de la I4.0 respecto al conflicto generado entre incorporación de tecnologías y la mano de obra. En recuadro 5 se presenta de manera resumida este proyecto.

Recuadro 5. Proyecto de Robotización en una planta automotriz.

Recuadro 5. Proyecto de Robotización en una planta automotriz.

Este proyecto tenía como finalidad apoyar a las operadoras para evitar lesiones durante la realización de los arneses para automóviles, esto porque conforme avanzaba la longitud de los automóviles y de camionetas de alta gama, estos suelen ser muy grandes y largos, y requiere un tipo de arnés igualmente largo. Dentro de su proceso de producción existe una operación que consiste en realizar atados que necesitan que las operadoras jalen los circuitos y los inserten a un conector para crear una madeja, bobina o aro que suministra a la línea de ensamble, y se realiza entonces el ruteo a los circuitos contrarios al punto de conexión. Con esto muchas de las operadoras comenzaron a tener lesiones de hombro y antebrazo debido a la alta fricción que tienen los circuitos.

Crearon un equipo que hiciera posible reducir la fatiga en esas operaciones, llegaron a un equipo muy simple que se fue complejizando cuando identificaron la relevancia de la mano y del movimiento de los dedos. Tuvieron que agregar varios elementos y crearon un equipo que igualaba la habilidad de las operadoras, sin embargo, no se pudo incorporar debido a que las operadoras se sentían desplazadas. Esto llegó a pensar que la introducción de la automatización genera conflictos con la mano de obra (Entrevistado 3).

Una de las ventajas que tenía este proyecto al crear este equipo era la obtención de información que estaba relacionado con el proceso de producción, el cual iniciaba a través de un botón de inicio formando el aro y terminaba cuando el operador lo retiraba de la máquina. Esto generaba información de los tiempos de proceso y de las habilidades de los operadoras y operadores, visibilizando el ritmo de jornada de cada operador, y esto polarizaba el ambiente laboral

Fuente: Elaboración propia a partir de entrevistas realizadas

La tabla 55 muestra hechos y proyectos importantes que han sido pilares para la construcción y acumulación de sus CT para avanzar en la adopción de la I4.0, solo algunos muestran avances en la digitalización como el cambio de Sistemas Operativos, o el Desarrollo e Innovación en sistemas Biométricos.

Tabla 55. Hechos importantes en el proceso de construcción de CT en la línea automotriz.

Año	Hecho
1984	Creación de Ingeniería Central y se comienza a dar soporte a las plantas de arneses en áreas como ingeniería industrial, fabricación de herramientas, calidad, e inicia el desarrollo de arneses.
1987	Desarrollo de la herramienta de personalización Autocad.
2000	Cambio de sistemas operativos.
2009	Desarrollo del sistema KSK. A partir de la información obtenida que se recibe por parte del cliente en las áreas de diseño, se va moviendo hacia los procesos de manufactura del arnés, hasta conectarse con el sistema del cliente para programar la entrega del producto final.
2010	La planta de España fabricó su primer prototipo de cable batería en aluminio, tradicionalmente se había usado cobre, y comenzaron a investigar cómo fabricarlo aquí en México.
2011	Debido a la investigación para desarrollar el cable batería obtuvieron estímulos fiscales por un proyecto en el cual compraron equipo y comenzaron hacer desarrollo experimental.
2013	En este año uno de sus clientes europeos tuvo problema con uno de sus proveedores, la línea automotriz en conjunto con el Centro de Investigación y Desarrollo y la línea eléctrica hicieron una propuesta para la fabricación del cable batería de aluminio, poco después se convirtieron en sus proveedores.
2015	El cliente europeo los autorizó como laboratorio, debido a que se realizó con éxito la fabricación del cable batería.
2021	Desarrollan e innovan en sistemas Biométricos

Fuente: Elaboración propia a partir de entrevistas realizadas.

A manera de resumen en la línea automotriz el proceso de adopción de la I4.0 es lento, esto debido a sus características y a la estrecha relación que tiene con sus clientes de las CGV. Han incursionado en temas de I4.0 a través de la adquisición de maquinaria que ya incluya funcionalidades de la I4.0 y con la actualización de maquinaria con la que ya contaban. El tema de adopción en esta línea de negocio se ha llevado con cautela debido a que se han tenido dificultades con las operadoras en el momento de automatizar algunos procesos.

Aún no cuentan con una estrategia tecnología de adopción bien definida como la línea eléctrica, y el nivel de CT aún permanece en un nivel básico, que fue identificado mediante la matriz propuesta para adoptar la I4.0 que analiza las motivaciones, las estrategias y las CT necesarias para su adopción. Esto también se comprobó mediante el autodiagnóstico que el grupo realizó para identificar el nivel de madurez tecnológica, ellos se percibieron en un nivel bajo.

La tabla 56 presenta la matriz de adopción de I4.0 en la línea automotriz, sólo se presenta un nivel debido a que dado el análisis realizado aún no cuenta con elementos que permitan situarlo en un nivel intermedio de CT. La evidencia muestra que ha construido y acumulado CT de reacondicionamiento y preparación y cuenta con cierto nivel de digitalización que le permite adquirir algunas tecnologías y hacer inversiones graduales para incorporar funciones para la digitalización que exige la Industria 4.0.

Pero aún no han construido CT intermedias, relacionadas con motivaciones enfocadas en centrar su competitividad en el uso de nuevas tecnologías, en aumentar la calidad de sus productos, en asegurar su posicionamiento en el mercado y en acceder a instrumentos públicos a la innovación, pero para esto necesita tener además de la base mínima de digitalización basada en las TICs que corresponden a un nivel de CT básicas que corresponden al nivel más bajo de complejidad tecnológica que implica la integración de tecnologías y operaciones de la 3RI (TICs) para dar comienzo al proceso de transformación digital.

Después de tener esa base de digitalización puede avanzar hacia el siguiente nivel de CT para adoptar la I4.0 en Capacidad de integración de sistemas y Capacidades de digitalización horizontal y vertical mejoradas. Esto es, que la empresa ya ha adoptado algunas tecnologías y ya pueden establecer redes e integrar datos, así como identificar necesidades críticas en la empresa y pueden beneficiarse de la información obtenida para la toma de decisiones. Para llegar al último nivel avanzado, que es el más alto de complejidad tecnológica, que se asocia con una fase de digitalización que contiene automatización, flexibilidad, simulación e integración, esto quiere decir, que el uso de nuevas tecnologías permiten el desarrollo de nuevos algoritmos y simulaciones que permiten modificar en periodos muy breves los cambios en la producción debido a los cambios o tendencias en los productos, los mercados, las preferencias o la Cadena de Valor y que posibilitan el uso integral de las tecnologías de la I4.0. La estrategia que siguen es Consolidar el modelo de adopción de la I4.0 basado en un uso integral de las tecnologías en la Cadena de valor de la empresa. Las CT en este último nivel son las CT inteligentes, es decir, implican la optimización y la automatización y que la empresa se encuentre integrada de extremo a extremo y con su cadena de suministro.

Tabla 56. MATRIZ DE MATRIZ DE MOTIVACIONES, ESTRATEGIAS Y CT PARA LA ADOPCIÓN DE LA I4.0. EN LA LÍNEA AUTOMOTRIZ.

Motivaciones	Fase	Estrategias de adopción	CT
- Disponer de equipos actualizados. - Disponer de maquinaria con funcionalidades digitales para generar movimientos y cortes más precisos. - Disponer de tecnología de alta precisión. - Presión por los clientes para incorporarla.	Fase preliminar: Digitalización	- Tener un cierto nivel de digitalización que les permita adquirir algunas tecnologías. - Inversiones graduales para incorporar funciones para la digitalización que exige la Industria 4.0	CT Básicas: Capacidades de reacondicionamiento y preparación • Principalmente hay actividades de automatización en corte y montaje.

Fuente: Elaboración propia a partir de entrevistas realizadas.

Como observamos en la tabla 56 las CT que tiene la línea automotriz para la adopción de la I4.0 son capacidades básica relacionadas al reacondicionamiento y preparación para la I4.0, principalmente en sus actividades de corte y montaje. Su estrategia está enfocada en contar con cierto nivel de digitalización para adquirir algunas tecnologías de la I4.0 y está asociada a un nivel preliminar de digitalización.

7.4 INTERACCIÓN ENTRE AMBAS LÍNEAS DE NEGOCIO: ELÉCTRICA Y AUTOMOTRIZ.

Dado que existe una fuerte integración entre ambas líneas, el proceso de adopción de la I4.0 dentro del G. BETA repercute en los proyectos de innovación de ambas líneas lo que genera una mejora en su competitividad frente al mercado nacional e internacional.

Uno de los elementos más importantes para querer adoptar la I4.0 se asocia al flujo de gerentes que se da por la movilidad que existe entre ambas líneas, ya que ellos juegan un papel central para la toma de decisiones. Si para la dirección el tema de avanzar a la adopción de la I4.0 representa un elemento fundamental, es probable que la línea de negocio se dedique a avanzar en esa dirección (Entrevistado 3).

La gerencia es una guía la cual define qué estrategias seguir y la responsabilidad de hacer que los proyectos de innovación escalen hacia futuros negocios, y si hacen sentido o no al negocio (Entrevistado 4).

El contar con un Centro de I+D en común y con colaboraciones estratégicas entre ambas líneas hace que estén integradas, y esto genera una ventaja competitiva pues permite reducir los costos y pueden decidir en dónde quieren tener mayores utilidades. Esta ventaja se da si el crecimiento ocurre de manera conjunta entre ambas líneas y la participación es positiva (Entrevistado 1).

La tabla 57 sintetiza algunos aspectos de la interacción relacionados a la estrategia de adopción y a las CT construidas para avanzar en la adopción de la I4.0.

Tabla 57. Interacción entre ambas líneas de negocio.

Línea de negocio	Fases de Digitalización	Estrategias de adopción	Capacidades Tecnológicas
Línea eléctrica	Fases 1 y 2: Generación, sistematización/integración y análisis de la información.	Establecer un modelo de adopción para avanzar en la adopción de la I4.0.	CT INTERMEDIA: Capacidad de integración de sistemas.
Línea automotriz	Fase preliminar: Digitalización	Inversiones graduales para incorporar funciones para la digitalización que exige I4.0	CT BÁSICAS: Capacidades de reacondicionamiento y preparación Principalmente hay actividades de automatización en corte y ensamblaje

Fuente: Elaboración propia a partir de entrevistas realizadas.

7.4.1 Diferencias entre las dos líneas de negocio respecto a la adopción de la I4.0.

¿Por qué se comportan de forma diferente con respecto a la adopción? Se resumen aquí un conjunto de elementos que contribuyen a explicar las diferencias en el comportamiento y fueron ya señalados anteriormente en el análisis desarrollado.

- 1) Pertenecer o no a una CGV
- 2) Bases de las ventajas competitivas.
- 3) Grado de incorporación de los gerentes en el proceso de adopción de la I4.0.
- 4) Diferencias en las características de las líneas de negocio al que pertenecen (eléctrico-intensivo en capital vs automotriz-intensivo en mano de obra).

5) Tipo de clientes a los que ofrecen servicios.

- Ambas líneas ofrecen a mercados internacionales, la línea automotriz es proveedor de Tiers en algunos de sus productos y se encuentra en una posición de líder cercano, sin embargo, la Industria automotriz a nivel internacional pone las especificaciones y ellos tienen que cumplirla, en ese sentido la línea automotriz es más rígida en las decisiones de adoptar tecnologías de la I4.0.
- La línea eléctrica ofrece una adaptación muchas más rápida ante la adopción.

6) El entorno en que operan es diferente, la línea eléctrica opera principalmente en un entorno nacional, mientras que la línea automotriz opera en un entorno nacional como internacional.

Pero también se han observado complementariedades entre ambas líneas de negocio del G. BETA.

7.4.2 Complementariedades entre ambas líneas de negocio respecto a la adopción de la I4.0.

La complementariedad que se da entre ambas líneas está estrechamente relacionada con una visión de crecimiento y diversificación. Desde el inicio la línea eléctrica vio una oportunidad de mercado a través de un ejercicio de prospectiva, identificó un nicho de mercado importante en crecimiento que se esperaba con la llegada de armadoras en México. El hecho de ser un fabricante nacional y que fuesen proveedores de alguna armadora les daba una ventaja, porque hace unos 70 años México era una economía cerrada (Entrevistado 1). En este contexto el G. BETA encontró una oportunidad de ampliar su gama de productos y se incorporó a la línea automotriz con el cable automotriz, pero encontraron que existía un mercado paralelo, que era la fabricación de arneses, y se pensó en cómo darle valor agregado al cable automotriz y comenzaron a fabricar el arnés.

Con esta idea en mente comenzaron a buscar a posibles socios tecnológicos para contar con la tecnología que les permitiera producir el arnés en ese momento, y decidieron irse con una armadora americana. Con el paso del tiempo comenzaron a crecer y a tener menos

dependencia del mercado americano, esto les permitió crecer en ambas líneas, tanto la eléctrica como la automotriz (Entrevistados 1 y 4). En estos elementos se presentan los mecanismos identificados que muestran cómo se da esa complementariedad entre ambas líneas de negocio.

1) Tener una unidad conjunta de I+D

- Prueban nuevas tecnologías y herramientas de evaluación en una línea y las aplican poco a poco en el otro.
- Crean nuevos productos requeridos por sus clientes en el extranjero, apoyándose en las CT de ambas líneas.
- Comparten la misma Unidad de I+D, pero cuentan con dos sedes, una sobre actividades de I+D y otra de ingeniería, esto permite generar innovaciones de ambas líneas, por ejemplo, el cable automotriz (Entrevistado 1).

2) Bajo grado de heterogeneidad (compatibilidad) en los tipos de productos que desarrollan.

- El desarrollo de productos de ambas líneas suele complementarse, por ejemplo, la línea eléctrica fabrica en algunas de sus plantas productos para la línea automotriz.
- La compatibilidad existente entre los productos de ambas líneas (eléctrica y automotriz) puede percibirse como una ventaja.

3) Disminución del riesgo y la incertidumbre ante la incorporación de nuevas tecnologías

- La incertidumbre que se asocia a la adopción de las nuevas tecnologías es alta, y tiene un alto riesgo porque se conoce el monto de inversión inicial, pero se desconoce si se tendrá éxito y cuál será la tasa de ganancia. Esto quiere decir, que, por las características de ambas líneas, uno tiene más aversión al riesgo que el otro. Por ejemplo, en el caso del eléctrico, dada la dirección, los clientes y el entorno en el que se desenvuelve es más susceptible de asumir riesgos ante nuevas tecnologías, mientras que la línea automotriz, dadas sus características (tamaño, tipo de actividades, clientes y entorno, tanto nacional como internacional), tiene

mayor aversión. La complementariedad es que se hacen exploraciones en la línea eléctrica que posteriormente, una vez probadas, se aplican en la línea automotriz.

- Si no existiera esa complementariedad entre ambas líneas probablemente el grado de avance en el G. BETA respecto a la adopción de nuevas tecnologías sería menor y el grado de riesgo e incertidumbre sería mayor para una sola línea, este es el caso de la automotriz.

4) La rotación del personal entre ambas líneas

- La rotación del personal es una complementariedad entre ambas líneas ya que les permite tanto la generación y transferencia de conocimientos entre ambas, como el uso de ese conocimiento.
- El desarrollo de multifuncionalidad de los trabajadores ya que el aprendizaje interno de una línea sirve para aplicarse en la otra.

5) Comparten al principal socio comercial.

- Esto les permite tener una serie de proyectos en conjunto con su principal socio comercial con el cual tienen un Joint Venture.

Estas diferencias y las complementariedades sobre por qué se comportan de forma diferente con respecto a la adopción, y los mecanismos que generan condiciones para la existencia de complementariedades se presentan en la tabla 58.

Tabla 58. Diferencias y complementariedades entre ambas líneas de negocio.

Diferencias y complementariedades entre ambas líneas de negocio		
DIFERENCIAS	¿Por qué se comportan de forma diferente con	– Pertenecer o no a una CGV (Nivel I) – Bases de las ventajas competitivas – Grado de incorporación de los decisores en el proceso de adopción de la I4.0. – Diferencias en las características de la línea al que pertenecen (eléctrico-intensivo en capital, automoción-intensivo en mano de obra).

	respecto a la adopción?	
COMPLEMENTARIEDAD ES	¿Cuáles son estos mecanismos?	Como tienen una unidad conjunta de I+D – Prueban nuevas tecnologías y herramientas de evaluación en una línea y las aplican poco a poco en la otra. – Crean nuevos productos requeridos por sus clientes en el extranjero, apoyándose en las CT de ambas líneas.

Fuente: Elaboración propia a partir de entrevistas realizadas.

7.4.3 Factores determinantes de la adopción de la industria 4.0 y algunas limitaciones en el proceso.

En los apartados anteriores se mencionaron las motivaciones que se identificaron en ambas líneas de negocio para avanzar en el proceso de adopción de la I4.0. Sumado a eso se identificaron una serie de factores que son decisivos en la toma de decisiones sobre la adopción de la I4.0 en el G. BETA en ambas líneas. Sin estos factores que impactan de manera positiva al proceso de adopción de la I4.0, este proceso sería complejo de llevarse a cabo en el Grupo. En el siguiente recuadro se listan los factores que se identificaron como determinantes del avance en el proceso de adopción de I4.0.

Recuadro 6. Factores determinantes en el proceso de adopción de I4.0

Factores determinantes en el proceso de adopción de I4.0:
• La dirección está decidida a incorporar los conceptos de la I4.0 en la empresa. (Entrevistado 3) • La dirección juega un papel importante en el éxito de la adopción de I4.0, debe tener un alto grado de implicación y promover la adopción en las diferentes áreas del Grupo que sean susceptibles de su incorporación. (Entrevistado 3) • La necesidad interna de la empresa de generar cambios que permitan la homogeneización de indicadores para identificar las debilidades y fortalezas de la empresa. (Entrevistado 1) • La presión del contexto internacional proviene de clientes extranjeros que solicitan que la empresa avance en la digitalización. En relación con esto, hay la necesidad de generar visibilidad ante los clientes para garantizar la trazabilidad de los productos. (Entrevistados 1 y 3) • La pandemia desencadenó la introducción de herramientas digitales para la comunicación, acelerando la digitalización en la empresa. (Entrevistado 3) • Ubicarse en un entorno competitivo y cada vez más digitalizado los impulsa a generar cambios en sus procesos productivos para ser más hábiles y rápidos frente a los cambios de su entorno, lo que les permitiría sobrevivir y sobresalir en el mercado. (Entrevistados 1 y 3)

Fuente: Elaboración propia a partir de entrevistas realizadas.

“Nos dimos cuenta a través de las auditorías en las plantas que salían siempre mejor evaluadas las plantas donde el gerente de la planta tomaba el sistema de manufactura y se ponía incluso él mismo a darle capacitación a sus responsables del sistema de manufactura. El mismo tenía sus propias formas de seguimiento al tema, es decir tenía un nivel de involucramiento muy superior al que tenían las gerencias de planta del resto de las operaciones, y con eso dijimos, saben que, para lograr realmente que el sistema de manufactura se consolide en el Grupo, pues tenemos que empujar a las

direcciones, a las gerencias de planta, a que asuman ese rol más participativo.”
(Entrevistado 3)

Estos determinantes son clave para el éxito de la adopción de la I4.0 en el G. BETA, ya que habilitan el proceso de adopción y generan sinergia entre la dirección del Grupo de manera interna, con la dinámica del entorno de manera externa, logrando un avance en la adopción de la I4.0.

Para enriquecer este análisis también se identificaron una serie de limitaciones o barreras que frenan este proceso de adopción. Es importante tomarlos en cuenta para poder comprender mucho mejor las implicaciones que tiene la adopción de la I4.0 en el G. BETA, ya que estarían asociadas a la incertidumbre que genera la incorporación de nuevas tecnologías en el Grupo. En el recuadro 7 se listan algunas de las limitaciones o barreras identificadas en el proceso de adopción de la I4.0.

Recuadro 7. Limitaciones en el proceso de adopción de I4.0.

Limitaciones en el proceso de adopción de I4.0
• La introducción de la automatización genera conflictos con el personal, ya que se sienten amenazados ante la incorporación de nuevas tecnologías, lo cual se asocia con la idea del desempleo tecnológico, al ser sustituidos por la tecnología. (Entrevistados 3 y 4) • El beneficio en estas líneas, especialmente en la automotriz, es bajo y la adopción de la I4.0 es costosa y requiere una alta inversión, entonces, tener proyectos grandes y ambiciosos, especialmente en la línea automotriz, es demasiado costoso, a pesar de ser un sector grande y dinámico. (Entrevistado 3) • Pertenecer a una CGV es a veces una restricción a la velocidad de avance en la adopción de la I4.0. (Entrevistados 3 y 4) • La digitalización frena la innovación en algunos casos como el automotriz.

Fuente: Elaboración propia a partir de entrevistas realizadas.

Estas limitaciones muestran qué condiciones deben ser consideradas en el proceso de adopción de la I4.0 para lograr superarlas y facilitar este proceso en el G. BETA.

Tanto las motivaciones, los determinantes como las limitaciones tienen un papel importante al momento de decidir avanzar en el proceso de adopción de la I4.0, y tienen un impacto en el proceso para definir la estrategia tecnológica de adopción, que es parte de su estrategia empresarial y de la cual debe estar alineada de acuerdo a la teoría y como se corroboró en el caso del G. BETA. Las motivaciones están detrás de la definición de las estrategias tanto empresarial como tecnológica ya que no se crean en el vacío, sino que son una respuesta a las exigencias de su entorno tanto interno como externo.

Finalmente, como parte de la respuesta a las preguntas que guiaron la investigación ¿Qué capacidades tecnológicas son esenciales para hacer un uso integral de las tecnologías de la I4.0 y cómo las está construyendo el G. BETA? EL G. BETA ha ido construyendo diversas CT a lo largo del tiempo. En el caso de las CT para adoptar la I4.0 en la línea eléctrica, este proceso se inició en el 2000 y de manera muy informal avanzó hasta 2019, con un proceso de formalización que llevó casi 20 años. Los últimos 5 años (2019-2024) esta línea ha ido avanzando en el proceso, generando nuevas CT que les permite avanzar en la adopción.

Como se mostró en la tabla 52, las CT identificadas en el primer nivel (básico) fueron: Capacidades de reacondicionamiento y preparación las cuales contienen la Integración de las operaciones y de algunas tecnologías, principalmente las TICs. La participación del Centro de I+D y sus principales actividades. Así como el proceso de acumulación de CT que se ha dado mediante sus proyectos de innovación, por ejemplo, su proyecto de Sistema de Manufactura para la adopción de la I4.0 descrito en el recuadro 1 de la sección 7.1.1.3. En el segundo periodo analizado de 2019 a 2024, se identificó mayor complejidad en las actividades, las CT fueron: Mayor capacidad de digitalización horizontal y vertical e Integración de algunas tecnologías en el proceso de producción y la Integración de sistemas dentro de la empresa para obtener datos en tiempo real, es decir, se identificó un uso de tecnologías que les permitió la obtención de datos para la toma de decisiones y se incorporaron elementos de la I4.0.

Para el caso de la línea automotriz la situación es distinta, ya que el nivel de adopción es mucho menor a la de la línea eléctrica, dada sus características y del entorno en el que se desenvuelve, como se mostró en la tabla 54.

En la línea automotriz el proceso de adopción de la I4.0 es lento, esto debido a sus características y a la estrecha relación que tiene con sus clientes de las CGV. Han incursionado en temas de I4.0 a través de la adquisición de maquinaria que ya incluya funcionalidades de la I4.0 y con la actualización de maquinaria con la que ya contaban. El tema de adopción en esta línea se ha llevado con cautela debido a que se han tenido dificultades con las operadoras en el momento de automatizar algunos procesos. No cuentan con una estrategia tecnología de adopción bien definida como la línea eléctrica, y el nivel de CT aún permanece en un nivel básico, que fue identificado mediante la matriz propuesta para adoptar la I4.0 que analiza las motivaciones, las estrategias y las CT necesarias para su adopción.

Se identificaron que las **CT de readaptación y la capacidad de preparación** y **Las CT de integración de sistemas** son esenciales en el proceso de adopción de I4.0 como se muestran en las tablas de las matrices 52 y 54 de la sección 7.2.4 y 7.3.4 sobre el proceso de adopción de la I4.0 en cada línea de negocio. En ellas se realizaron la descripción y análisis de cada una, así como el proceso de construcción, mediante proyectos de innovación, colaboraciones entre ambas líneas de negocio y una fuerte vinculación con clientes, socios tecnológicos universidades y centros tecnológicos, lo que permitió el avance hacia la I4.0 en el G. BETA.

Sin embargo, aún necesitan consolidar las CT construidas y construir **CT avanzadas o capacidades inteligentes**, que se asocian a la auto optimización y a una automatización y digitalización integral de toda la empresa, en la cual se incluyen actividades como: evaluación de estrategias de reducción de costos en las prácticas de gestión de la cadena de suministro y una digitalización completa de la cadena de suministro dentro y entre empresas. En este nivel, la empresa manufacturera es, o se parece mucho, a la fábrica inteligente o a la fábrica digital. (Santiago *et al.*, 2021).

CAPITULO 8. CONCLUSIONES, CONTRIBUCIÓN Y RECOMENDACIONES.

El acelerado ritmo en cuanto a la digitalización y automatización impulsan a que la adopción de la I4.0 sea cada vez mayor. Las empresas que se encuentran cerca de la frontera tecnológica son más susceptibles a adoptar la I4.0 para competir principalmente aquellas que pertenecen a CGV o que compiten en mercados internacionales. Las economías en desarrollo como México están lejos de convertirse en economías líderes tanto en la creación como en el uso de estas tecnologías y esto se debe a la falta de infraestructura nacional que pueda apoyar en su adopción. Debido a la reciente pandemia de COVID 2019 se aceleró el uso de tecnologías móviles que dieron paso a la digitalización en muchas empresas, sin embargo, no todas contaban con recursos financieros, tecnológicos o de recursos humanos para hacer frente a este cambio en la forma de trabajo. Estos obstáculos han servido como base para analizar las condiciones con las que cuentan las empresas frente a la adopción de nuevas tecnologías o de procesos de digitalización. Es por ello que es de interés en la investigación académica, dado que tiene impactos en el desarrollo y en el crecimiento de una economía.

Este interés en los últimos años sobre I4.0 ha ido en aumento, dado que es un tema reciente, novedoso y pertinente por las características inherentes a la I4.0 y por el reto que trae para aquellas empresas que deseen adoptarla. La literatura existente sobre I4.0 describe la transición hacia la etapa caracterizada por el uso y difusión masiva de los datos (como un recurso para la toma de decisiones informadas), que es un resultado de la integración de tecnologías existentes como la robótica, el internet, el *machine learning*, IA, entre otras, y del impacto que está teniendo tanto a nivel industrial como a nivel social.

La situación actual del estado de adopción de la I4.0 a nivel mundial muestra que se encuentra concentrada en pocas economías que lideran la creación, el uso y la adopción de tecnologías asociadas a la I4.0 y que son economías desarrolladas. El papel que tienen las economías en desarrollo aún es bajo en comparación con las economías que las concentran. Las economías en desarrollo presentan tasas bajas de adopción y el rol que tienen principalmente es de importadoras de tecnologías, sin embargo, la acelerada transformación digital que está

ocurriendo en diversas industrias hacen que el interés sea puesto en analizar que CT tienen las empresas de países en desarrollo que desean moverse hacia su adopción.

Para ello, la literatura reciente está adaptando los marcos de análisis tradicionales que permitían identificar las CT a nivel de empresa (Bell y Pavitt, 1995); este marco analítico tradicional tiene una limitante actualmente, no toman en cuenta los procesos de transformación digital que están ocurriendo en la actualidad, y es entendible que no los tuviese, ya que, en el momento de su creación, la aceleración del uso masivo de tecnologías era menor. A raíz de la pandemia de 2019, la digitalización en las empresas aumentó debido al trabajo remoto y las ventas en línea.

Es por ello que las investigaciones sobre la adopción de I4.0 principalmente en países en desarrollo está atrayendo cada vez más la atención en la investigación. Dado que actualmente, diversos trabajos han sido pioneros, ya que el tema de la I4.0 es relativamente reciente y ha cobrado mayor fuerza a raíz de los requerimientos de digitalización que exigió la pandemia, y que mostró que muchas empresas no contaban con los recursos para digitalizar sus procesos productivos, así como realizar trabajo remoto.

Por esta razón esta tesis, está dentro de los estudios de caso que buscan analizar si las empresas de países en desarrollo, como lo es México, están siguiendo estrategias tecnológicas efectivas y si cuentan con CT para su adopción, así como las que necesitan construir para avanzar en el proceso de adopción de la I4.0, ya que no se sabe que tan preparadas se encuentran para hacer frente a esta nueva era de una acelerada digitalización.

Esta tesis se inserta en este vacío del conocimiento teórico y empírico. Esta tesis es relevante ya que es reciente y pertinente, dado que estamos pasando por un momento de la historia en que el uso masivo de tecnologías y datos está cambiando el paradigma tecnológico y esta tesis aporta evidencia empírica que es relevante para entender el proceso de adopción de la I4.0 en empresas con ciertas características que desean adoptarla, estas serían multilatinas y que pertenecen a CGV localizadas en países en desarrollo.

Como parte de estas contribuciones, en esta tesis se analizan las motivaciones, las estrategias y la CT requeridas para la adopción de la I4.0 en una empresa multilatina mexicana y que pertenece a CGV. Dado que es un fenómeno actual y aún hay lagunas del conocimiento sobre la adopción de la I4.0, la herramienta metodológica más adecuada, fue un estudio de caso dadas el tipo de preguntas que guiaron esta tesis.

La estructura de capítulo es el siguiente: en la sección 8.1 se presentan los principales hallazgos de esta tesis. En la sección 8.2 se presenta las contribuciones teóricas y empíricas. En la sección 8.3 se presentan las recomendaciones y finalmente en el 8.4 se describen las limitaciones y futuras líneas de investigación.

8.1 HALLAZGOS SOBRE LAS ESTRATEGIAS Y CAPACIDADES TECNOLÓGICAS PARA ADOPTAR LA I4.0 EN EL G. BETA.

Esta tesis tuvo como guía las siguientes preguntas:

- i) ¿Qué tipo de estrategias tecnológicas está utilizando el G. BETA para avanzar en el proceso de adopción de tecnologías de la I4.0 dados sus niveles de capacidades tecnológicas?
- ii) ¿Qué capacidades tecnológicas son esenciales para hacer un uso integral de las tecnologías de la I4.0 y cómo las está construyendo el G. BETA?
 - ¿Cómo se relacionan ambas líneas de negocio en el proceso de acumulación de CT en el G. BETA?
 - ¿Cómo afecta el entorno al proceso de acumulación de CT en el G. BETA?

Para responder a estas preguntas, primero se abordó el tema de I4.0 para conocer el sustento teórico que había detrás, sus características, las tecnologías que se asocian a ella, así como el contexto global de adopción. También se exploró el tema de motivaciones que estaba estrechamente ligado a las estrategias tecnológicas de adopción en las cuales se identificaron los tipos de motivaciones que están detrás de la adopción de acuerdo al nivel de digitalización en la empresa y de las de CT existentes. Se analizaron los nuevos marcos analíticos que

recientemente se han propuesto para identificar las CT para la adopción de la 4RI y la Matriz de CT con procesos de transformación digital. A partir de estas nuevas investigaciones, y de la reflexión realizada, esta tesis construyó un marco analítico. En este marco analítico se propone ver la adopción de la I4.0 como un proceso que inicia con las motivaciones, que son las razones por las cuales las empresas quieren adoptar tecnologías 4.0 y estarían en función del nivel de digitalización en el que se encuentran las empresas, y estas darían dirección y objetivo a las estrategias y que son correspondientes con su nivel de CT.

Este marco analítico propuesto para analizar el proceso de adopción de la I4.0 es aplicado a una empresa mexicana multilatina, que pertenece a CGV, que tiene dos líneas de negocio en sectores que se consideran pilares en la economía mexicana que hacen aún más enriquecedor este análisis, sin embargo, es importante aclarar que al ser un solo estudio de caso no se puede generalizar, pero si permite caracterizar de manera analítica empresas con esas características y generar un dialogo con la literatura.

A partir de la aplicación de este marco, este estudio de caso arrojó evidencia empírica que confirmó la proposición presentada en la introducción, así como contestar ambas preguntas de investigación sobre las estrategias y las CT para adoptar la I4.0. Los resultados arrojaron evidencia que muestra que el G. BETA se encuentra en proceso de adopción de I4.0, que cuenta con una estrategia bien definida, que el tipo de estrategia seguida es de transición, actualización y concientización, se encuentra formalizada, esta homogeneizada para todas sus plantas y cuenta con CT intermedias, al menos en una de sus líneas de negocio que se encuentra más avanzada en el proceso de adopción de la I4.0. También este marco mostró las relaciones que existen entre los principales conceptos utilizados en esta tesis y permitió identificar los procesos de creación de CT de manera longitudinal en ambas líneas de negocio. A continuación, se presentan los resultados arrojados de la aplicación del marco analítico propuesto.

Los resultados identificados en la línea de negocio eléctrico fueron:

- La empresa decide adoptar la I4.0 debido a sus características y al entorno en el que se desenvuelve.

- Al ser una línea multilatina:
 - El tener plantas en el extranjero les permite cubrir necesidades de ese mercado y obtener información de primera fuente de las nuevas tendencias tecnológicas.
 - Las plantas en el extranjero les permite actualmente diseñar estrategias experimentales para anticiparse a las necesidades de los mercados nacionales como internacionales. Todas estas actividades y el uso de algunas TD hicieron posible avanzar hacia un nivel intermedio de CT innovativas.
- Tienen una estrategia bien definida y formalizada de adopción de la I4.0, que inició desde 2000-2019, como parte del primer periodo de creación de CT.
 - Actualmente el tipo de estrategia que esta siguiendo la línea eléctrica para adoptar la I4.0 es de tipo de transición, actualización y concientización.
- Las CT tecnológicas identificadas fueron:
 - **Básicas:** Capacidades de reacondicionamiento y preparación, es decir, se inicia un proceso de sensibilización y se empieza a estudiar ¿Qué es la I4.0? y comienza la transición hacia la digitalización en algunas áreas.
 - El proceso de integración de nuevas tecnologías inició en el año 2000 con la incorporación de los conceptos *lean manufacturing*.
 - **Intermedias:** Capacidad de integración de sistemas, es decir, Mayor capacidad de digitalización horizontal y vertical, integración de algunas tecnologías en el proceso de producción, integración de sistemas dentro de la empresa para obtener datos en tiempo real e Integración de las operaciones y de algunas tecnologías principalmente las TICs.
 - El desarrollo de actividades de I+D ha sido central para mejorar sus procesos, ellos cuentan con proyectos de manufactura para avanzar en la digitalización, incorporando conceptos de *lean manufacturing* en su proceso productivo, así como la incorporación de habilitadores digitales.

- Con el proceso de automatización mejoraron la trazabilidad de sus productos, de sus procesos y operaciones, así como con el uso de la digitalización en sus actividades para minimizar su dependencia al uso del papel.
 - El G. BETA ha implementado TD en el desarrollo de productos de la línea eléctrica, por ejemplo, ya cuenta con uso de algunas tecnologías como: comunicación máquina – máquina, impresoras 3D, big data e internet de las cosas. Asimismo, en el desarrollo de ingeniería y materiales cuentan con un ERP⁸, también para la fundición del aluminio ya cuentan con tecnologías de la información para avanzar hacia la I4.0.
 - Integración de habilitadores digitales que permitan avanzar hacia la adopción de la I4.0.
 - Uso de ciberseguridad, esto les brinda seguridad en la información en los sistemas de gestión que garantice al cliente confidencialidad y disponibilidad de la información.
 - Uso de sensores en el equipo para identificar paros en la producción y solucionarlos en tiempo real.
- Las CT tecnológicas que aún no tienen:
- **Avanzadas:** Capacidades inteligentes, es decir, actividades que impliquen la optimización y la automatización y que la empresa se encuentre integrada de extremo a extremo y con su cadena de suministro.

Los principales resultados que se identificaron en la línea de negocio automotriz fueron:

- El pertenecer a CGV implica:
 - Al estar integrados a CGV las directrices sobre las decisiones de adopción y desarrollo de tecnologías también las marcan las OEMs.

⁸ Software de Gestión Empresarial.

- Puede ser una presión para adoptar nuevas tecnologías en sus procesos para reducir los costos que les piden las grandes armadoras
 - Puede ser un freno a la innovación, principalmente en el desarrollo de productos.
- El proceso de adopción de la I4.0 requiere un proceso de sensibilización en la empresa para socializar el por qué y cómo puede ayudar a la empresa ellos se encuentran en ese nivel.
- Las CT tecnológicas identificadas fueron: Capacidades de reacondicionamiento y preparación, es decir, se inicia un proceso de sensibilización y se empieza a estudiar ¿Qué es la I4.0? y comienza la transición hacia la digitalización en algunas áreas.
 - Se desarrolló un proceso de sensibilización sobre la necesidad del uso y adopción de nuevas tecnologías en la empresa, como parte de sus CT rutinarias. Su incorporación al Conglomerado Mexicano (1992) dio una evolución en cuanto a las responsabilidades para la toma de decisiones en la adopción y desarrollo de tecnologías, y así construyó sus CT innovativas básicas.
 - Han implementado automatización en procesos principalmente en donde se requiere alta precisión, por ejemplo, en el proceso de corte.
 - Tienen automatizados ciertos procesos que son repetitivos y manuales, ya que se encuentran con una limitante, resulta muy costoso automatizar todo el proceso, y se requeriría producir grandes volúmenes.
- Las CT tecnológicas que aún no tienen:
 - **Intermedias:** Capacidad de integración de sistemas, es decir, mayor capacidad de digitalización horizontal y vertical, integración de algunas tecnologías en el proceso de producción, integración de sistemas dentro de la empresa para obtener datos en tiempo real e Integración de las operaciones y de algunas tecnologías principalmente en las TICs.

- **Avanzadas:** Capacidades inteligentes, es decir, actividades que impliquen la optimización y la automatización y que la empresa se encuentre integrada de extremo a extremo y con su cadena de suministro.

Como se muestra el ritmo y los niveles de adopción de I4.0 han sido diferentes en las dos líneas de negocio del grupo debido a sus características. Es importante señalar que el ritmo y los niveles de adopción en ambas líneas también dependen de sus principales clientes y del entorno en el que operan, ya que esto facilita o limita el ritmo de adopción de la Industria 4.0.

Los niveles de adopción de la Industria 4.0 en el G. BETA no son el resultado de un proceso lineal, sino un conjunto de interacciones entre la organización y su entorno (tanto interno como externo) que pueden generar avances o limitaciones en su proceso de adopción. La evidencia muestra que los elevados costos de adopción limitan el ritmo de adopción de estas tecnologías, aunque se está avanzando en este proceso, pero la evidencia también revela que pertenecer a la GVC puede ser una ventaja o una desventaja en términos de velocidad de adopción de la Industria 4.0. También se identificaron una serie de determinantes en el proceso de adopción. Los determinantes son elementos clave para el éxito de la I4.0 en el G. BETA y que habilitan el proceso. Los principales son:

- 1) la dirección está decidida a incorporar los conceptos de la I4.0 en la empresa
- 2) la necesidad interna de la empresa de generar cambios que permitan la homogeneización de indicadores para identificar las debilidades y fortalezas de la empresa
- 3) la presión del contexto internacional proviene de clientes extranjeros que solicitan que la empresa avance en la digitalización
- 4) ubicarse en un entorno competitivo y cada vez más digitalizado los impulsa a generar cambios en sus procesos productivos para ser más hábiles y rápidos frente a los cambios de su entorno, lo que les permitiría sobrevivir y sobresalir en el mercado.

Las limitaciones son las condiciones para considerar en el proceso para superarlas y facilitar su adopción. Las principales son:

- 1) La introducción de la automatización genera conflictos con el personal, ya que se sienten amenazados ante la incorporación de nuevas tecnologías, lo cual se asocia con la idea del desempleo tecnológico, al ser sustituidos por la tecnología
- 2) El beneficio en ambas líneas de negocio, especialmente en la línea automotriz, es bajo y la adopción de la I4.0 es costosa y requiere una alta inversión y el hecho de pertenecer a una CGV es a veces una restricción a la velocidad de avance en la adopción de la I4.0.

Un hallazgo importante fue la analizar la complementariedad que tienen ambas líneas de negocio y que están estrechamente relacionadas con una visión de crecimiento y diversificación. Los factores que hacen posible esa complementariedad son:

- 1) Tener una unidad conjunta de I+D.
- 2) Bajo grado de heterogeneidad (compatibilidad) en los tipos de productos que desarrollan.
- 3) Disminución del riesgo y la incertidumbre ante la incorporación de nuevas tecnologías.
- 4) La rotación del personal entre ambas líneas de negocio
- 5) Comparten al principal socio comercial.

¿Qué se puede corroborar con los hallazgos de esta tesis?

- 1) Se necesita un mínimo de digitalización para iniciar el proceso de adopción de la I4.0.
- 2) Se necesita una estrategia tecnológica bien definida y formalizada (homogeneizada) para adoptar la I4.0.
- 3) El proceso de adopción de la I4.0 no es un proceso lineal, no es automático, es costoso y se asocia a un nivel alto de incertidumbre.
- 4) Que dentro de una empresa se puede tener diferentes ritmos y velocidades de adopción de la I4.0

¿Qué se puede contradecir con los hallazgos de esta tesis?

- 1) Que no todas las empresas de países en desarrollo se limitan a automatizar sus equipos como forma de adopción de I4.0, también realizan actividades de I+D como desarrollo de productos y procesos.

¿Qué se puede matizar con los hallazgos de esta tesis?

Que no todas las empresas necesitan adoptar 4.0, solo algunas que cuentan con características específicas que necesitan hacerlo, principalmente por el contexto en que se desenvuelven y por sus márgenes de ganancia.

8.2 LAS CONTRIBUCIONES DE ESTA TESIS.

La literatura existente sobre estrategias y CT sobre la adopción de la I4.0 en países en desarrollo, como lo es México existe, sin embargo, aún hay elementos que aún no se han estudiado sobre la I4.0, por ejemplo, la literatura existente sobre estrategias tecnológicas ha explorado los temas sobre la implementación de tecnologías, para mejorar su competitividad (Porter, 1991; Chandler, 1967; Medellín, 2005, 2017; Castellanos et al., 2007; entre otros), pero no ha explorado las particularidades de la adopción de la I4.0, ni los factores que afectan de forma directa la adopción. En este sentido, esta tesis propone analizar las estrategias tecnológicas en conjunto con las motivaciones ya que estas serían inherentes a las estrategias.

La literatura sobre CT ha estudiado los procesos de acumulación a lo largo del tiempo, el papel del aprendizaje y del contexto (Bell, y Pavitt, 1995; Dutrénit, 2000; Vera-Cruz, 2004; Figueiredo, 2001; Bell y Figueiredo, 2012; Figueredo, 2021; Dutrénit et al., 2021, 2024), y la literatura es amplia, sin embargo, aún se requiere analizar las CT requeridas para la I4.0 y como se construyen.

Desde el punto de vista teórico esta tesis aporta a los cuerpos de literatura sobre acumulación de CT, específicamente en las CT para adoptar la I4.0. Como se presentó en la sección (marco teórico) se analizaron tres trabajos pioneros en cuanto a las CT para la 4RI y las CT con procesos de transformación digital. Con base en estos trabajos se propuso un marco analítico que es complementario a estos tres trabajos, he incorpora elementos que aún no se habían tomado en cuenta.

Con respecto al trabajo de Dutrénit *et al.* (2024)

- Se propone definir una etapa intermedia-avanzada, que no es incluida en la matriz de CT con transformación digital. Esta nueva etapa es importante ya que muchas de las actividades de G. BETA se ubican en este nivel debido a que cumplen con las actividades planteadas en las funciones como parte del nivel intermedio, sin embargo, están iniciando o tienen algunas actividades que corresponden al nivel avanzado, pero no son suficientes para colocarlas en el nivel avanzado.
- Este trabajo no analiza explícitamente las CT requeridas para la adopción de la I4.0, esto debido a que su definición de CT es general, no específicamente para la I4.0 o la 4RI.

Con respecto al trabajo de Santiago *et al.* (2021)

- Se propone indicar que actividades corresponden en cada función y en cada nivel de acuerdo al grado de complejidad. En su trabajo definen las CT para la 4RI, pero no llegan a colocar que actividades corresponden en cada nivel. Ya que esta tesis utiliza la definición propuesta por los autores, en esta tesis se identificaron las actividades que cada línea de negocio de acuerdo a la definición propuesta en las CT por los autores.

Respecto al trabajo de Peerelly *et al.* (2022)

- Este trabajo discute si las capacidades ilustrativas que proponen corresponden a empresas de países en desarrollo, ya que los niveles más bajos que señala son muy elevados y complejos para empresas de países en desarrollo, como es el caso del G. BETA. En este caso, las capacidades ilustrativas o actividades que se proponen en esta tesis son menos complejas, se inician con actividades de sensibilización y de concientización sobre ¿Qué es la I4.0? y ¿Para que adoptarla dentro de la empresa?
- En esta tesis se mostró, mediante el estudio de caso que una empresa que desea adoptar las tecnologías que se asocian a la 4RI o asociadas a la I4.0, que más allá de la intención, deben de contar con cierto nivel de digitalización y no necesariamente contar con un nivel de CT avanzadas.

- Se propone agregar dentro de las 6 funciones técnicas y organizativas, el proceso de concientización o sensibilización sobre el proceso de adopción de la 4R o de la I4.0, ya que la evidencia mostró que es un requisito para disminuir el rechazo o conflicto con los trabajadores.

El marco analítico propuesto en esta tesis incorpora las motivaciones y las integra a las estrategias tecnológicas de adopción, permitiendo conocer a fondo las razones por las cuales las empresas quieren adoptar la I4.0 asociándolas a un nivel de digitalización en el grupo y que tienen un impacto en la creación de CT.

Como parte de la contribución teórica:

- Se propone un marco analítico que integra elementos que aún no se habían tomado en consideración en el proceso de la adopción de la I4.0.
- Se propone analizar la adopción de la I4.0 como un proceso, que inicia por las motivaciones y termina con las CT asociadas a niveles de digitalización en la empresa.
- Las motivaciones serían las razones por las cuales las empresas desean adoptar la I4.0 y van de acuerdo con el nivel de digitalización con el que cuenta la empresa y estas darían objetivo y dirección a la estrategia tecnológica.
- La estrategia tecnológica no se crea en el vacío, es una respuesta a su entorno y este influye en la creación de CT.
- Con la ampliación del marco analítico propuesto se identificaron las motivaciones, las estrategias y las CT en una empresa multilatina, que pertenece a CGV y opera en dos sectores de manufactura, en un país en desarrollo.

8.3 CONTRIBUCIÓN EMPIRICA.

Los estudios sobre CT en empresas mexicanas es amplio como se mencionó en las primeras secciones de esta tesis, Sin embargo, aún faltan estudiar elementos como los que se proponen en esta tesis como lo son la adopción de la I4.0 en una empresa mexicana multilatina y que opera en CGV. Los resultados arrojaron que se encuentran en un proceso de adopción, que corrobora lo planteado en la literatura sobre que la adopción no es lineal, y lo que aquí se

demostró con los resultados fue que es un proceso dinámico y muy costoso ya que conlleva la actualización, la adquisición y desarrollo de nueva maquinaria con funciones de la I4.0. Esta tesis contribuyó al debate sobre la adopción de la I4.0 en empresas multilatinas mexicanas y los resultados corroboran planteamientos en la literatura y también contradijo elementos como el que las empresas en países en desarrollo solo actualizan la maquinaria, con este caso se demostró que también tienen actividades de I+D para realizar innovaciones en proceso y producto.

8.4 RECOMENDACIONES.

Como parte de los hallazgos, los determinantes y las limitaciones surgen una serie de recomendaciones que pueden apoyar al avance de la I4.0 a nivel nacional para incentivar la adopción de I4.0 en empresas que lo requieran, tomando en cuenta sus características.

- Es importante crear un ecosistema que permita integrar diferentes industrias que debido a sus características (tamaño, sector al que pertenecer, su integración con el comercio internacional, entre otras) pueden acceder a tecnologías de la I4.0 de manera que los costos sean accesibles para ellas.
- Crear espacios dedicados a I4.0 donde se identifiquen las condiciones que tienen las empresas mexicanas y se adecuen mecanismos o instrumentos de casos exitosos en el mundo al entorno mexicano y consolidar un instrumento que sea homogéneo en las empresas que quieran adoptar la I4.0.
- Una de las principales barreras que se tienen es el escaso apoyo a las actividades de I+D y de innovación, es necesario aumentar los presupuestos para estimular a que se puedan desarrollar productos y procesos de I4.0.
- Crear una agenda de I4.0 con prospectiva de varios años más allá de un sexenio para asegurar continuidad.

- Mejorar la vinculación entre universidades- empresas para que los egresados puedan contar con opciones de integración a la industria una vez hayan terminado sus estudios.

8.5 LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.

Al ser un estudio de caso los resultados son representativos a nivel analítico, pero no a nivel estadístico. Esta tesis reconoce que hay elementos que no se analizaron en esta tesis, por ejemplo, aspectos organizacionales o relacionados a las habilidades de los trabajadores, el foco fue aspectos de la producción y los procesos. El dejar fuera esos elementos limitan la tesis a aspectos más técnicos y abren espacios para investigaciones futuras. Al utilizar entrevistas como método de recolección de información una de las limitaciones que se presenta es la subjetividad de la información por parte de los entrevistados, ya que, la selección de entrevistados fue de altos cargos ya que en ellos recae la toma de decisiones y podría dar una visión parcial en los hallazgos.

Se espera que esta tesis contribuya al debate académico, público y privado sobre la adopción de la I4.0 en empresas de industrias de países en desarrollo. Los resultados de esta tesis podrían ser un referente para futuros trabajos de mayor alcance, así como para el diseño de Políticas Públicas que impulsen el desarrollo de condiciones para acelerar el proceso de adopción de la I4.0 en las empresas.

En cuanto a líneas futuras de investigación, en esta tesis se abren posibles líneas que estudien a fondo:

- Diferentes aspectos relacionados a la I4.0, tales como el estudio de motivaciones que se asocian a cada nivel de CT. Dado que la evidencia empírica mostró que el proceso de sensibilización es muy importante, para una exitosa adopción, el estudio de las razones por las cuales las empresas desean adoptar la I4.0 es esencial para comenzar con la adopción.
- El estudio a profundidad sobre las estrategias tecnológicas de adopción incorporando aspectos organizacionales de las empresas. Esta tesis se limitó a aspectos de

producción lo que deja un espacio para un análisis con elementos organizacionales que permitan incrementar la comprensión de diferentes aspectos en la adopción de la I4.0.

- El estudio de los diferentes niveles de digitalización en las empresas para la adopción de la I4.0. Dado que no todas las empresas cuentan con el mismo nivel de digitalización sería importante analizar qué sucede en cada nivel con mayor profundidad y en otro tipo de empresas.
- El desarrollo de estudios de caso sobre la adopción de la I4.0 de países en desarrollo.
- El estudio del impacto de las esferas del entorno a profundidad para determinar su papel en la ACT para la adopción de la I4.0 en empresas mexicas. En esta tesis se corroboró que tienen un papel esencial ya que el entorno en el que se desenvuelven las empresas es clave para la toma de decisiones para la adopción de la I4.0, de manera que, esto frena o impulsa su adopción.

Esta tesis mostró que la adopción de la I4.0 va más allá de que las empresas quieran estar a la vanguardia tecnológica, sino que existen factores que están detrás de estas decisiones, principalmente vienen dadas por el entorno en el que se desenvuelven. También mostró que no necesariamente las empresas en países en desarrollo solo están actualizando sus equipos, como parte de la adopción de la I4.0, como han mencionado en la literatura, la evidencia empírica en esta tesis muestra que las empresas están realizando esfuerzos y actividades de I+D y que tienen un papel más activo en la adopción de la I4.0.

BILIOGRAFIA.

- ABDI. (2017). ABDI. Obtenido de Jornada da Indústria para o 4.0: Disponible en <http://www.industria40.gov.br/>
- Álvarez, F. (2015) Implementación de nuevas tecnologías: valuación, variables, riesgos y escenarios tecnológicos / Francisco Antonio Álvarez Echeverría, 1a ed. San Salvador, El Salv. UFG Editores.
- Álvarez. M.L., (2020) Industria 4.0 y participación de organismos intermedios en el sector automotriz en México. En Industria 4.0 en México. Elementos, diagnósticos y puesta en práctica en sectores y empresas. UNAM / Plaza y Valdés Editores.
- Andreoni, A. y Ha-Joon, C. (2020). Natura Non Facit Saltus: Challenges and Opportunities for Digital Industrialization across Developing Countries. The European Journal of Development Research, Palgrave Macmillan; EADI, Vol. 33(2), p.p. 330-370.
- Andreoni, A. y Anzolin, G. (2019). A Revolution in the Making? Challenges and Opportunities of Digital Production Technologies for Developing Countries. Inclusive and Sustainable Industrial Development Working Paper Series, WP 7. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). Vienna.
- Arriola, E. y Carrillo, J. (2022). La Industria 4.0 en México: análisis regional sobre el conocimiento y la implementación de 19 tecnologías. En Oportunidades y retos para la adopción de la Industria 4.0 en México. Universidad Autónoma de México. México.
- Arrow, K. (1962), "The Economic Implications of Learning by Doing", Review of Economic Studies, Vol. 29, no. 80.
- Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (2024). *Industria Automotriz*. Retrieved July 03 from sitio web de la empresa. [AMIA – Asociación Mexicana de La Industria Automotriz](#).
- Badillo, J., Roza, C., (2019). México en la cadena global de valor de la industria automotriz. Economía UNAM, Vol.16 no. 48. p.p 121-145. México.
- Bancomext. (2022). *Ficha automotriz*. Retrieved January 7 from sitio web de la empresa. Disponible en https://www.bancomext.com/pymex/wp-content/uploads/sites/6/2022/02/211214-Ficha-de-automotriz_G.pdf

- Banco Mundial (2018). Embracing Technology is Key for the Jobs of Tomorrow in Latin America and the Caribbean. IBRD IDA.
- Basco, A. I., y Beliz, G., Coatz, D., Garnero, P. (2018). Industria 4.0: Fabricando el futuro. Buenos Aires: BID, UIA e INTAL.
- Batelle (1988). The Batelle International Program In Productive R&D Management. Ohio USA.
- Bell, M. (1984). Learning' and the Accumulation of Industrial Technological Capacity in Developing Countries, in K. King and M. Fransman (eds), Technological Capacity in the Third World; London, Macmillan.
- Bell, M. y Pavitt, K. (1995). The development of technological capabilities, en R. Irfan-ul-Haque y M.N. Bell (Eds.), Trade, technology, and international competitiveness (pp. 69-101). Washington: The World Bank.
- Benavente, J., y Suaznábar, C. (2018). Políticas 4.0 para la cuarta revolución industrial. BID.
- Bernal-Conesa J., de Nieves Nieto, C., Briones- Peñalver, A.J.(2016). Motivaciones para implantar una estrategia de RSC en empresas tecnológicas y su influencia en la competitividad. Analisis empirico desde. España Journal of Globalization, Competitiveness & Governability. Vol. 10, no. 2, 2016, pp. 33-53 Portal Universia S.A. Boadilla del Monte, España.
- Buenrostro, M. (2022). Propuesta de adopción de tecnologías asociadas a la Industria 4.0 en las Pymes mexicanas. En entreciencias: Diálogos en la sociedad del conocimiento. Año, 10, no. 24, artículo, 2. UNAM. México.
- Breda, D. M. (2018). Ensayo sobre la ceguera: la industria 4.0 en América Latina. Hemisferio Izquierdo.
- Castillo, M., Gligo,N., Rovira, S. (2017). La Politica Industrial 4.0 en América Latina, en Stiglitz, J., Dosi, G., Mazzucato, M., Pianta, M., Lütkenhorst, W., Políticas Industriales y tecnológicas en América Latina. CEPAL. Naciones Unidas, Santiago.
- CamBioTec. (2018) Diseño del marco estratégico para la estructuración del Sistema Mexiquense de Innovación y la implementación de la Agenda de Innovación del Estado de México. México. FECYT.
- Cantero, D. S. (2014). *Grounded theory and Atlas ti: methodological resources for educational research*. Universidad Autónoma de Baja California.

- Cantorna, A., y Castrillón, I. (2005). El estudio de la difusión y adopción de nuevas tecnologías: una revisión de investigaciones empíricas. *Revista cutrimestral de las Facultades de Derecho y Ciencias Económicas y Empresariales*. no. 70, enero-abril, ISSN:02 12-7377.
- Casalet, M., y Stezano, F. (2020). Risks and opportunities for the progress of digitalization in Mexico. *Economics of Innovation and new technology*, 29 (7), p.p. 689-704. DOI.org/10.1080/10438599.2020.1719643.
- Conglomerado Mexicano. (2005), Reporte Anual 2005, México.
- Conglomerado Mexicano. (2010), Reporte Anual 2010, México.
- Conglomerado Mexicano. (2011), Reporte Anual 2011, México.
- Conglomerado Mexicano. (2012), Reporte Anual 2012, México.
- Conglomerado Mexicano. (2013), Reporte Anual 2013, México.
- Conglomerado Mexicano. (2014), Reporte Anual 2014, México.
- Conglomerado Mexicano. (2015), Reporte Anual 2015, México.
- Conglomerado Mexicano. (2016), Reporte Anual 2016, México.
- Conglomerado Mexicano. (2017), Reporte Anual 2017, México.
- Conglomerado Mexicano. (2018), Reporte Anual 2018, México.
- Conglomerado Mexicano. (2019), Reporte Anual 2019, México.
- Conglomerado Mexicano. (2020), Reporte Anual 2020, México.
- Conglomerado Mexicano(2021), Reporte Anual 2021, México.
- Conglomerado Mexicano. (2022), Reporte Anual 2022, México.
- Conglomerado Mexicano. (2023), Reporte Anual 2023, México.
- Conglomerado Mexicano. (2024), Reporte Anual 2024, México.
- Conglomerado Mexicano. (2024), Informe Anual 2024, México.
- Conglomerado Mexicano. (2023), Informe Anual 2023, México.

- Conglomerado Mexicano. (2022), Informe Anual 2022, México.
- Conglomerado Mexicano. (2022), *Nuestra Historia*. Retrieved January 7 from sitio web de la empresa.
- Coutinho, L. (2016). A terceira Revolução Industrial e Tecnológica: As grandes tendências de mudança. UNICAMP.
- Data México. (2025). <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/queretaro-qt?redirect=true#section-1067>
- Dini, M; Gligo, Nicolo y Patiño, Alejandro. (2021) Transformación digital de las mipymes: elementos para el diseño de políticas. CEPAL, EURO mipyme. Naciones Unidas, Santiago.
- Dodgson, M. (1993). Organizational Learning: A Review of Some Literatures, Organizational Studies.
- Dutrénit, G. (2004), “Building Technological Capabilities in Latecomer Firms: Review Essay”, Science, *Technology and Society*, 9(2): 209-241.
- Dutrénit, G. y Vera-Cruz, A.O. (2005). Acumulación de CT en la industria maquiladora. Revista Bancomext. Vol.55, no. 7. México.
- Dutrénit, G., Vera-Cruz, A. O., Arias, A., Sampedro, J. L. y Urióstegui, A. (2006), Acumulación de CT en subsidiarias de empresas globales en México. El caso de la Industria Maquiladora de Exportación, UAM/Miguel Angel Porrúa, México.
- Dutrénit, G., Torres, A. y Vera-Cruz, A.O. (2020), “Procesos de aprendizaje y construcción de CT en el nivel de empresa”, en Suárez, D., Erbes, A. y Barletta, F. (coord.), Teoría de la innovación: evolución, tendencias y desafíos, Ediciones Complutences/UNGS, Argentina, p.p. 265-302.
- Dutrénit, G., Natera, J.M., Puchet, M. y Vera-Cruz, A.O. (2021), Evolutionary and Interacting Spheres that Condition the Technological Capabilities Accumulation in Latin America, in Jeong-Dong Lee, Keun Lee, Dirk Meissner, Slavo Radošević, and Nicholas S. Vonortas (Eds), Challenges of Technology and Economic Catch-Up in Emerging Economies, Oxford University Press, Oxford.
- Dutrénit, G., Puchet, M., Sampedro, J. L.; Vera-Cruz, A. O. (2024). Acumulación de capacidades tecnológicas y sistemas de innovación: las esferas del contexto. Journal of Economic Literature, 21(62), 23.

- Eugenia, M. M., y Castellanos, O. (2007). Estrategias para el fortalecimiento de las Pyme de base tecnológica a partir del enfoque de. INNOVAR. Revista de Ciencias Administrativas y Sociales, Vol. 17, no. 29.
- FUMEC (2020). *Empresa*. Retrieved may 10 from sitio web de la empresa.
- Flacher, D., Graña, JU.M., Rikap, C,. (2024). Industry 4.0: a global North, global South perspective. *Revue d'économie industrielle* (online), 185/ 1er trimestre 2024. Online since 01 october 2024, connection on 24 october 2024.
- Freman, C. (1995). History, Co-Evolution and Economic Growth, IIASA Working Paper. IIASA. Laxenburg, Austria: WP-95-076. Reprinted as growth Industrial and Corporate Change, 28 (1), 1-44.
- García, A. (2022). La Cuarta Revolución Industrial: Algunas reflexiones sobre su implementación, la brecha digital y las empresas. En Oportunidades y retos para la adopción de la Industria 4.0 en México. Universidad Autónoma de México. México.
- G. BETA ESPAÑA. (2025). *Nosotros*. Retrieved July 03 from sitio web de la empresa
- G. BETA BRASIL. (2025). *Empresa*. Retrieved July 03 sitio web de la empresa.
- Centro de I+D. (2025). *Empresa*. Retrieved march 19 from sitio web de la empresa.
- G. BETA México. (2024). *Clientes*. Retrieved april 20 from sitio web de la empresa.
- G. BETA México. (2024) *Historia*. Retrieved september 03 from sitio web de la empresa.
- Garbo, S. (1997). *Technology Development and Business Strategy: A Changing Environment Impacts Practices*. Massachusetts Institute of Technology.
- Grajales, T. (1996). Conceptos Básicos para la Investigación Social de la Serie Textos Universitarios . Nuevo León, México : Publicaciones Universidad de Monterrey.
- INEGI (2025). *Cuéntame de México*. Retrieved october 15 sitio web de la empresa.
- INEGI (2025). *Industria manufacturera*. Retrieved october 15 sitio web de la empresa.
- Kumar, R. (2011). *Research Methodology a step-by- step guide for beginners* . London EC1Y 1S: SAGE.

- Lall, S. (1992). "Technological Capabilities and Industrialization". *World Development*. pp. 165-186.
- Lampon, J., Cabanelas, P., Delgado, J., (2018) Claves en la evolución de México dentro de la cadena de valor global de la Industria de autopartes. El caso del Bajío. El trimestre económico, Vol 85, no. 339. CDMX.
- Lavopa, A., Delera, M. (2021). Recuperado de <https://iap.unido.org/es/articles/que-es-la-cuarta-revolucion-industrial>.
- Malerba, F. (1992). Learning by firms and incremental technical change. *The economic Journal*.
- Martínez, A., y Velásquez, A. (2020) Revolución tecnológica e inclusión social. Reflexiones sobre desafíos y oportunidades para la Política Social en América Latina. CEPAL.
- Martínez, A., Garnica, A. Carrillo, J., Hualde, A., (2020) Industria 4.0 en México. Elementos diagnósticos y puesta en práctica en sectores y empresas. UNAM / Plaza y Valdés Editores.
- Martínez, A. (2020) Retos en la implementación de la Industria 4.0: El caso de GKN DRIVELINE. Elementos diagnósticos y puesta en práctica en sectores y empresas. UNAM / Plaza y Valdés Editores.
- Méndez, M (2025). Recuperado de <https://mexicoindustry.com/noticia/la-industria-automotriz-en-mexico-plantas-armadoras-de-vehiculos-y-su-distribucion-estrategica>
- Metalmechanica (2025). Recuperado de <https://www.metalmechanica.com/noticias/conozca-los-fabricantes-de-autopartes-en-m%C3%A9xico>
- Mexico Industry (2023). *Noticias*. Retrieved october 15 sitio web de la empresa.
- Mexico Industry (2023). *Noticias*. Retrieved october 16 sitio web de la empresa.
- Mexico Industry (2025). *Noticias*. Retrieved october 3 sitio web de la empresa.
- Mexico Industry (2025). *Noticias*. Retrieved october 5 sitio web de la empresa.

- Montalbano, P., Nenci, S., Pietrobelli, C., (2018). Opening and linking up: firms, GVCs, and productivity in Latin America, *Small Bus Econ* (2018) 50:917–935, DOI 10.1007/s11187-017-9902-6.
- McKinsey & Company. (2017). A Future that works: Automation, employment, and productivity. McKinsey Global Institute. Disponible en <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/digital%20disruption/harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/mgi-a-future-that-works-full-report-updated.pdf>.
- Naranjo, M. (2009) Motivación: Perspectivas teóricas y algunas consideraciones de su importancia en el ámbito educativo. *Revista Educación*, vol 33, núm. 2. ISSN: 0379-7082. Universidad de Costa Rica.
- Nazeer, N., Rasiah, R. (2025). Industrial Upgrading in textiles and clothing industry. Pakistan and late industrialization. Oxford University Press. Great Clarendon Street, Oxford, OX2 6DP, United Kindom. ISBN 97801989961673.
- OECD. (2018), Oslo Manual. OECD/Eurostat.
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (2019) Informe sobre el Desarrollo Industrial 2019. UNIDO .La industrialización en la era digital. Resumen. Viena.
- Peerally, J., Santiago, F., De Fuentes, C. y Moghavvemi, S. (2022), “Towards a firm-level technological capability framework to endorse and actualize the Fourth Industrial Revolution in developing countries”. *Research Policy*, 51 (10), 104563.
- Pérez, C. (2003). Revoluciones tecnológicas, cambios de paradigma y de marco socio institucional. En *Innovación, aprendizaje y creación de capacidades tecnológicas*. México. D.F.: UAM, Porrúa.
- Pérez, C. (2004). Technological revolutions and financial capital: the dynamics of bubbles and golden ages. Edward Elgar, Cheltenham, UK/Northampton, MA, USA.
- Pérez, C. (2010). ‘Technological revolutions and techno-economic paradigms. *Cambridge Journal of Economics*.

- Pérez, C. (25 de Agosto de 2020). ONUDI, LALICS. Consultado de <https://www.youtube.com/watch?v=bh5wxVeYUQQ&t=127s>
- Ponce, I., Dutrénit, G., Vera-Cruz, A.O. (2019). Patrones de vinculación academia-empresa: el caso de las multilatinas mexicanas, Vinculación academia-empresa e innovación en México / en Dutrénit, G. (coord.), México, CDMX: ANUIES.
- Porter, M. (1985). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. New York: Free Press.
- Piepoli, Francesco Arcidiacono, Luigi Jesus Basile, Roberta Pellegrino, Florian Schupp, Tobias Zuehlke, The Impact of Industry 4.0 on Business Performance: A Multiple Case Study in the Automotive Sector, *Procedia Computer Science*, Vol 232, 2024, p.p 2117-2126, SSN 1877-0509.
- Pfeiffer, S. (2017), The vision of Industrie 4.0 in the making- a case of future told, tamed, and traded, *Nanoethics Springer*, Vol. 11.
- Santiago, F., Defuentes, C., Moghavvemi, S., (2021). Creación de CT para la 4RI: un marco novedoso. UNIDO. Disponible en <https://iap.unido.org/es/articles/creacion-de-capacidades-tecnologicas-para-la-4ri-un-marco-novedoso>.
- Reguant, M., & Martínez, F. (2014). Operacionalización de conceptos/variables. Universidad de Barcelona, Barcelona, España.
- Rosenbloom, B. (10 de marzo de 2003). On reading and analyzing technology-rich cases. Obtenido de <http://www.espen.com/papers/MemoTechCaseReading.pdf>.
- Schroeder, W. (2017). La estrategia alemana Industria 4.0: el capitalismo renano en la era de la digitalización. Madrid: Friedrich-Ebert-Stiftung.
- Schwab, K. (2016). The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond. World Economic Forum. Disponible en <https://www.weforum.org/stories/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>
- SE (2013). *Industria Automotriz. Monografía*, Dirección General de Industrias pesadas y de alta tecnología. Ciudad de México. Secretaria de Economía.
- SE (2012). *Programa Estratégico de la Industria Automotriz, 2012-2020*. Ciudad de México. Secretaria de Economía.
- SE (2016). *Crafting the Future a Roadmap for Industry 4.0 in México*. Ciudad de México: Secretaria de Economía.

- Sampedro-Hernández, J.L. y Vera-Cruz, A.O. (2017). Learning and entrepreneurship in the agricultural sector: Building social entrepreneurial capabilities in young farmers”. *International Journal of Work Innovation*, 2 (1), 51-75.
- Teece, D., (2010) Business Models, Business Strategy and Innovation, Long Range Planning, Vol, 43, Issues 2–3, 2010, p.p 172-194, ISSN 0024-6301, <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2009.07.003>.
- Torres, A. (2006). “Aprendizaje y construcción de capacidades tecnológicas”. *Journal of Technology Management and Innovation*, 1(5): 12-24.
- Velásquez, G., & Medellín, E. (2005). Manual de transferencia y adquisición de tecnologías sostenibles. CEGESTI, San José, Costa Rica.
- Vera-Cruz, A. O. (2003). Apertura económica, exportaciones y procesos de aprendizaje. El caso de la Cervecería Cuauhtémoc-Moctezuma. En Innovación, aprendizaje y creación de capacidades tecnológicas. México: Miguel Ángel Porrúa.
- Vergara, M. (2024). Industria 4.0 en la Pyme: Management & Technology Número Especial. *Journal of Technology Management & Innovation*. Vol. 19. no.1 Versión on-line, Santiago, Chile.
- Villavicencio, Daniel & Amaro Rosales, Marcela & Pierre Manigat, Matari. (2024). Advances in 4.0 technologies in the Mexican automotive industry. *Revue d'économie industrielle*. 185. 71-103. 10.4000/12k1w.
- Yin, R. (2018). *Case Study Research and Applications: Design and Methods*. United Kingdom: SAGE Publications, Inc.
- Zegarra, C., y Pérez, M. (11 de mayo de 2018). FORBES México. Obtenido de <https://www.forbes.com.mx/industria-4-0-oportunidades-y-retos-en-mexico/>

ANEXOS

ANEXO 1

Tabla 59. Función de gestión de proyectos.

Grupo 2. FUNCIÓN DE GESTIÓN DE PROYECTOS		
modernización y preparación	Adopción a lo largo del espectro de preparación para la 4RI hasta la madurez de la 4RI	Supervisión y control activos de los estudios de viabilidad, la búsqueda y el abastecimiento de tecnología 4RI y la programación de proyectos. Prestación de servicios de gestión de proyectos intraempresariales (a los departamentos primarios y de soporte) e interempresariales (clientes y otras partes interesadas en la cadena de suministro) para la adopción de las tecnologías y los procesos de la 4RI. Realizar estudios de viabilidad antes de elegir las tecnologías 4RI adecuadas. Diseño de los protocolos necesarios para ejecutar una comunicación y transacción de datos eficiente y eficaz entre diferentes dispositivos/máquinas. Participación en esfuerzos de colaboración entre múltiples partes interesadas para desarrollar estándares y protocolos globales sobre el intercambio de datos.
Capacidad de integración de sistemas		Participación en esfuerzos de colaboración entre múltiples partes interesadas y con organismos de evaluación de la conformidad para desarrollar acreditaciones específicas para la 4RI Desarrollo e implementación de un marco de gestión de riesgos de proyectos 4RI. Implementar e integrar tecnologías físicas y digitales en toda la empresa y sus procesos a través de redes de interfaz. Garantizar la compatibilidad que mantiene los componentes del sistema de la empresa trabajando juntos en un entorno funcional sin implementar ningún cambio en el sistema. Desarrollo e implementación internos de estándares de Calidad 4.0.
Capacidad mejorada de digitalización horizontal y vertical		Simular un entorno virtual para el análisis y la optimización del sistema. Utilizar big data, modelado y simulación, y tecnologías de integración de sistemas 4RI antes de fabricar los primeros prototipos de productos inteligentes y 4RI. Desarrollar la comunicación y el entorno de trabajo entre todas las áreas horizontales y verticales de una organización durante todo el ciclo de vida de un producto.
Capacidad inteligente		Utilizar big data y análisis para evaluar modelos de negocio innovadores. Implementar modelos de negocio innovadores a través de marcos integradores. Realidad aumentada para la monitorización de los riesgos ambientales, de diseño, operativos y técnicos del proyecto.

Fuente: Extraída de Peerally *et al.* 2022.

Tabla 60. Función de mantenimiento predictivo e inteligente.

Grupo 3. FUNCIÓN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO E INTELIGENTE		
Capacidad de modernización y preparación	Adopción a lo largo del espectro de preparación para la 4RI hasta la madurez de la 4RI	Reemplazo incremental de sistemas en tiempo real con sistemas adaptativos complejos más avanzados y multiprocesamiento, para predecir el rechazo de piezas mecanizadas. Uso de modelos para predecir qué piezas de las máquinas van a fallar o volverse vulnerables en la producción.
Capacidad de integración de sistemas		Recopilación y uso de datos de las máquinas para proporcionar diagnósticos remotos y ofrecer servicios de mantenimiento desde ubicaciones remotas. Implementación de la comunicación de máquina a máquina que respalda el mantenimiento de las máquinas. Uso de la computación en la niebla y en la nube para la gestión de tareas de mantenimiento y mantenimiento preventivo.
Capacidad de mejora digitalización horizontal y vertical		Implementación de sistemas de alerta temprana dentro de los procesos para detectar cambios en la condición del sistema, es decir, que aborden el tiempo de inactividad, la confiabilidad del servicio, la actualización, la detección de errores y las fallas en la realización de los servicios de mantenimiento. Dominio del mantenimiento basado en la condición para predecir fallas con datos de activos en tiempo real como un paso hacia el desarrollo de las bases para el mantenimiento predictivo avanzado. Implementación de sistemas de asistencia logística Mejorar la disponibilidad de los activos lineales mediante el uso efectivo de robots autónomos y datos de diferentes fuentes.
Capacidad inteligente		Implementar sistemas para la configuración remota de parámetros o condiciones de operación. Implementar nuevas aplicaciones de software en sensores inalámbricos y redes distribuidas peer-to-peer para permitir la comunicación dentro de sistemas adaptativos complejos más grandes de la infraestructura de la empresa. Utilizar sistemas autónomos de inspección y mantenimiento para activos lineales con el fin de reducir los costos de mantenimiento, la participación humana, etc. Integración completa del Internet industrial de las cosas para mejorar la gestión del mantenimiento preventivo e inteligente.

Fuente: Extraída de Peerally *et al.* 2022.

Tabla 61. Función de desarrollo de productos.

GRUPO 4. FUNCIÓN DE DESARROLLO DE PRODUCTOS		
Capacidad de modernización y preparación	Adopción a lo largo del espectro de preparación para la 4RI hasta la madurez de la 4RI	Aprovechar las capacidades existentes de desarrollo de productos de generaciones anteriores de tecnologías. Diseñar productos flexibles a un coste asequible.
Capacidad de integración de sistemas		Ejecutar simulaciones sobre la gestión del ciclo de vida del producto. Desarrollar métodos para identificar los requisitos de los clientes y el uso de representaciones de productos adecuadas para respaldar la comunicación en la evaluación temprana del producto y antes de la creación de prototipos. Crear productos con algoritmos y software integrados con el fin de recopilar análisis de datos. Crear productos con algoritmos y software integrados con el fin de proporcionar a los usuarios finales soporte técnico o posventa. Lograr tiempos de desarrollo de productos más cortos y una mayor productividad.
Capacidad de mejora digitalización horizontal y vertical		Desarrollar productos cada vez más complejos o inteligentes que integren nuevos materiales, funcionalidades y tecnologías de procesos de producción. Utilizar herramientas eficientes de modelado y simulación de productos digitales durante el desarrollo de productos complejos o inteligentes para reducir el tiempo de desarrollo del producto, optimizar el consumo de recursos y eliminar el desperdicio por parte de la empresa y los consumidores.
Capacidad inteligente		Utilizar tecnologías digitales para proporcionar una comprensión completa de las características y beneficios del producto, facilitando la exploración interactiva de las funcionalidades del nuevo producto en la fase de desarrollo entre todas las partes interesadas. Elegir e integrar las tecnologías digitales que componen las plataformas informáticas avanzadas, como la realidad virtual, la realidad aumentada o la realidad mixta, para el desarrollo y la creación de prototipos de productos. Integrar la personalización del producto por parte de los consumidores en todo el proceso de fabricación. Desarrollar productos inteligentes que se integren en todo el proceso de fabricación y que apoyen activamente el proceso de fabricación controlando las etapas individuales de producción de forma autónoma. Desarrollar productos inteligentes que conozcan los parámetros dentro de los cuales deben utilizarse y que proporcionen información sobre su estado durante todo su ciclo de vida. Integrar sistemas ciberfísicos que permitan una mejor gestión del ciclo de vida de los productos o el desarrollo de nuevos servicios, especialmente para fines de mantenimiento por parte del consumidor.

Fuente: Extraída de Peerally *et al.* 2022.

Tabla 62. Función procesos de fabricación y función organizativa. Sub-grupo A.

GRUPO 5. PROCESOS DE FABRICACIÓN Y FUNCIÓN ORGANIZATIVA

SUBGRUPO A. FABRICACIÓN EN LA NUBE

Capacidad de modernización y preparación	Adopción a lo largo del espectro de preparación para la 4RI hasta la madurez de la 4RI	Aprovechar las capacidades de fabricación existentes de la generación anterior de tecnologías y adoptar gradualmente nuevos procesos y estrategias de gestión para respaldar e iniciar la implementación del proceso de digitalización de la fabricación. Utilizar plataformas y servicios en la nube, que permiten a los sistemas y socios trabajar desde cualquier lugar, comunicarse y colaborar en tiempo real en el entorno de la nube. Integrar los dispositivos/componentes heterogéneos en sistemas de automatización y desarrollar dispositivos inteligentes y tecnología de sensores.
Capacidad de integración de sistemas		Utilizar software y aplicaciones de análisis basados en la nube para proyectos relacionados con la producción. Aumentar el intercambio de datos a través de la fabricación basada en la nube entre sitios y límites de la empresa. Ejecutar simulaciones en la fabricación basada en la nube.
Capacidad de mejora digitalización horizontal y vertical		Despliegue de datos y funcionalidades de las máquinas para habilitar más servicios basados en datos para los sistemas de producción. Implementar sistemas basados en la nube que monitorizan y controlan los procesos. Utilizar técnicas y tecnologías de fabricación rápida Implementar procesos de fabricación basados en la nube centrados en materiales reciclados, la explotación de biomateriales o la reutilización de productos/materiales.
Capacidad inteligente		Implementar la producción individualizada que permitirá la fabricación personalizada en masa. Adopción de equipos y dispositivos enriquecidos con computación integrada capaces de comunicarse e interactuar tanto entre sí como con controladores más centralizados dentro de la empresa. Integrar la fabricación de robots autónomos (es decir, utilizar/developar técnicas algorítmicas que permitan que las computadoras y las maquinas que incorporan computadoras imiten acciones humanas.

Fuente: Extraída de Peerally *et al.* 2022.

Tabla 63. Función procesos de fabricación y función organizativa. Sub-grupo B.

GRUPO 5. PROCESOS DE FABRICACIÓN Y FUNCIÓN ORGANIZATIVA		
SUBGRUPO B. FABRICACIÓN COLABORATIVA		
Capacidad de modernización y preparación	Adopción a lo largo del espectro de preparación para la 4RI hasta la madurez de la 4RI	Aprovechar las capacidades de fabricación existentes de la generación anterior de tecnologías y adoptar gradualmente nuevos procesos y estrategias de gestión para apoyar y lanzar la implementación del proceso de digitalización de la fabricación. Integrar dispositivos/componentes heterogéneos en sistemas de automatización y desarrollar dispositivos inteligentes y tecnología de sensores Desarrollar redes de colaboración intraempresarial e interempresarial para que se puedan compartir los riesgos y combinar los recursos para ampliar la gama de oportunidades de mercado perceptibles.
Capacidad de integración de sistemas		Utilizar sistemas de TI integrados para crear redes de integración de datos intraempresarial e interempresarial más cohesionadas (incluidos proveedores y clientes). Realizar simulaciones y modelar el impacto de los pasos del proceso en los productos a través de las fronteras de la empresa con colaboradores
Capacidad mejorada de digitalización horizontal y vertical		Participar en capacitación colaborativa intraempresarial e interempresarial (por ejemplo, capacitar a los operadores para que interactúen virtualmente con las máquinas. También pueden cambiar parámetros y recuperar datos operativos e instrucciones de mantenimiento). Usar técnicas simples de visualización de datos sensibles al contexto para ilustrar la información para una colaboración efectiva. Implementar robótica colaborativa para desarrollar la interacción física entre robots y humanos en un espacio de trabajo colaborativo, lo que proporciona un incentivo adicional para lograr una producción de calidad, precisión y exactitud en el proceso de fabricación.
Capacidad inteligente		Usar técnicas avanzadas de visualización de datos sensibles al contexto (por ejemplo, a través de la realidad virtual) para ilustrar la información para una colaboración efectiva. Desarrollar una cadena de procesos virtual que permita la ingeniería y visualización de extremo a extremo de las redes de producción intraempresarial e interempresarial con colaboradores. Implementar la integración de sistemas industriales que conduzca a redes de integración de datos universales más cohesivas entre empresas (incluidos proveedores y clientes) y que permitan cadenas de valor verdaderamente automatizadas, por ejemplo, una plataforma de colaboración entre industrias.

Fuente: Extraída de Peerally *et al.* 2022