



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS POLÍTICAS Y SOCIALES
CENTRO DE RELACIONES INTERNACIONALES

LA INDUSTRIA AERONÁUTICA CIVIL Y LA
GOBERNANZA GLOBAL EN LAS RELACIONES
INTERNACIONALES DEL SIGLO XX: EL DESARROLLO DE
CAPACIDADES TECNOLÓGICAS EN PAÍSES
APRENDICES (BRASIL, CANADÁ Y CHINA)

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN RELACIONES INTERNACIONALES

P R E S E N T A

SOFÍA ANDREA HUERTA RAMÍREZ

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. MARÍA JOSEFA SANTOS CORRAL

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A Dios.

A mis padres, Alfonso y María Isabel, por darme lo más valioso que tenían y ser mi motivo más importante. Por aceptar mi locura, apoyarme y amarme. Por siempre cultivar el *deber ser* en mi persona.

A Chito, por tu paciencia, complicidad, lealtad y amor incondicional. Por ser mi otra mitad, la del lado derecho. A Sam, por ser mi ángel guardián. A Pofy, por acompañarme en mis desvelos.

A mi abuelito Lalo, por ser siempre mi referente y dejarme tu legado... y tus alas.

A mi tío Lalo, por acercarme a la aviación, por confiar en mí desde que nací.

A mi tío Fortis, por enseñarme a ser humilde y enseñarme que se puede lograr todo con perseverancia.

A mi tío Carlos, George y Rayo por todos los consejos de vida.

A mis abuelitos Conrada y Ñoño, por ser un ejemplo de superación, humildad y dignidad.

A mi tía Pancha, mi tío Andrés, Rafita, Pepillo y Fer por enseñarme a vivir el aquí y el ahora.

A Nico y Tina, por siempre incitarme a exigir lo mejor de mí. A Lupe, Yanko, Tona, Chayo, Alma y los Bibis, por su apoyo y solidaridad. Por echarme la mano siempre.

A ti, mi Gerar, por tu amor, apoyo y sabiduría. Por querer comerte al mundo a mi lado.

A la Dra. María Josefa Santos Corral, por abrirme las puertas hacia la Ciencia y Tecnología. Gracias por su paciencia y su cariño, gracias por arriesgarse conmigo a descubrir lo que hay más allá del cenit.

A mis sinodales: la Mtra. Rosa Merlín, el Mtro. Marco Lopategui, el Mtro. Genaro Beristain y la Dra. Rebeca de Gortari, por leerme, darme consejos y brindarme su valioso tiempo.

A la Dra. Laura Palomares, por ayudarme a cimentar los pilares teóricos sobre los cuales radica mi formación. Por enseñarme a *construir patria*.

A la Mtra. Luz Elena Espinoza, por acercarme a la filosofía de la ciencia y enseñarme a entender las ciencias fácticas. Por mostrarme una manera distinta de abstraer el mundo.

Al profesor Javier Zarco, por ser mi primer mentor.

A mis amigos de toda la vida: Guille, Dul, Sofi, Diana, Nicco, Tyfenn, Kyoko, Pasha, Lukas, Viri, Annita, Amaranta, Mclee, Tristán, Isra y Fabián, por demostrarme que la amistad verdadera resiste todo. A Andrés, por ser mi ejemplo a seguir, el mejor economista de México.

A Ángeles y a ЖЖЖЖ, por forjar mi *russkoe serdtse*. Por esperar, anhelar y vivir. A Antón, por creer en mí. A Dinis, por todo tu apoyo y amistad.

A mis *Konoz Alshiark*: Cinth, Hil e Isis, por demostrarme lo que una mujer puede inspirar y enfrentar.

A ti, Sandy *hermaniux*, por ser mi consejera y mi mejor amiga. A ti, Montse, por ser mi confidente, mi pilar, mi escudo. A ti, Ale, por ser mi inspiración, mi guía, mi internacionalista piloto. Por toda tu confianza, valentía y lealtad. A ti, Nicky, por ser valiente conmigo en otro país.

A All-an, por haber sido mi primer punto de inflexión. Por ser todo un ejemplo de vida y por el simple hecho de ser mi mejor amigo.

A ti, mi Manolo, por inspirarme confianza y ayudarme cuando más lo necesitaba. Algún día nos volveremos a encontrar y reiremos con ganas.

A la Agencia Espacial Mexicana, por impulsar mi formación. Al Maestro Carlos Duarte, por abrirme las puertas al primer y más importante eslabón espacial. A la Abogada Rosa María Ramírez de Arellano y Haro.

A Francisco, mi amigo aeronáutico, por explicarme las cosas más complejas sobre las turbinas.

A Fers, por ser mi conciencia. A William, por protegerme y quererme así.

A mis *closers* de la *Space Mafia*: A Carol, mi mentora científica espacial, mi amiga y mi guía. A Gee, mi amigo satelital y colonizador de Marte. A Moi, mi camarada. A Irving, mi cosmocompa. A Tonah, mi hermanito espacial.

A la Mtra. Elena Achar y a Izaskum, por brindarme todas las herramientas para entender el mundo de la aeronáutica. A ProMéxico, por ayudarme a crecer.

A Manuel Sandoval, por ser mi primer referente de la industria aeroespacial.

A Miguel Ángel Leaman, *Dedushka*, por su paciencia y cariño.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, mi *alma mater*, por formarme y
hacerme parte de su loable labor educativa.
Por darme la facultad de servir a México.

Y a todos aquellos que pretenden cambiar el *statu quo* desde sus trincheras.

ÍNDICE

Introducción	1
CAPÍTULO I. Aproximación teórico-conceptual de la Ciencia y Tecnología en las Ciencias Sociales y en Relaciones Internacionales	5
1.1. Estudios sobre la innovación tecnológica	11
1.1.1. La innovación como resultado y proceso	11
1.1.2. Modelos de innovación: Construcción de la <i>otredad</i>	12
1.1.2.1. Modelo lineal	13
Modelo por etapas	14
1.1.2.3. Modelo mixto	14
1.1.2.4. Modelo integrado	15
Modelo en red	15
1.1.3. La teoría de la economía de la innovación abierta	15
1.1.3.1. Dimensiones de la aplicación de la innovación abierta	16
1.2. La gobernanza en el desarrollo de capacidades tecnológicas de la industria aeronáutica	17
1.2.1. La dimensión nacional de la gobernanza	19
1.2.2. La proyección global de la gobernanza	23
1.2.3. La gobernanza en las cadenas globales de valor de la industria aeronáutica	25
1.2.4. Importancia de la <i>nueva gobernanza</i> en las Relaciones Internacionales	29
1.3. Estructura multidimensional del cambio tecnológico en la industria aeronáutica civil	31
1.3.1. La trayectoria tecnológica: Del paradigma científico al paradigma tecnológico y tecnoeconómico	31
1.3.2. El Sistema Nacional de Innovación y su importancia en la realidad internacional	35
1.3.3. Las capacidades tecnológicas	40
1.3.3.1. La taxonomía de las capacidades tecnológicas	41
1.3.3.2. La dimensión nacional del estudio de las capacidades tecnológicas	44
1.4. Reflexiones finales	45

CAPÍTULO II. Las capacidades tecnológicas en la industria aeronáutica civil	48
2.1. Caracterización general de la industria aeronáutica	53
2.1.1. Definición y delimitación: Entre lo <i>aeronáutico</i> y lo <i>aeroespacial</i>	54
2.1.2. Estructura de la cadena global de valor	58
2.1.3. Segmentación del mercado	61
2.1.4. Regulación y certificación internacional	63
2.2. Capacidades básicas para la industria aeronáutica en países aprendices	65
2.2.1. Infraestructura aeronáutica básica	66
2.2.2. Capital humano: Ocupaciones básicas, capacidades técnicas y gerenciales	68
2.2.2.1. Ocupaciones básicas	68
2.2.2.2. Capacidades técnicas y gerenciales	70
2.2.3. Vinculación interinstitucional e incentivos: La triple hélice y la coevolución tecnológica	72
2.3. Reflexiones finales	75
CAPÍTULO III. Desarrollo de capacidades tecnológicas dentro del Sistema Nacional de Innovación en países aprendices	77
3.1. El caso de China	80
3.1.1. La guerra: El impulso tecnológico de la industria aeronáutica	80
3.1.2. La reconfiguración institucional	83
3.1.3. La reconfiguración industrial	85
3.1.4. Balance crítico	89
3.2. El caso de Brasil	92
3.2.1. El inicio del proceso de aprendizaje apoyado por el factor institucional	92
3.2.2. El comienzo productivo basado en los contratos internacionales para la gestión de riesgos	95

3.2.3. La crisis como detonante de la consolidación industrial aeronáutica	96
3.2.4. La privatización y una nueva etapa de desarrollo tecnológico	97
3.2.5. Balance crítico	99
3.3. El caso de Canadá	102
3.3.1. El surgimiento de la industria aeronáutica canadiense a partir del servicio aéreo	103
3.3.2. Reconfiguración productiva ante la expansión del mercado aeronáutico estadounidense y británico en Canadá	105
3.3.3. El crecimiento de la aeronáutica canadiense basado en el surgimiento de una política industrial y un nuevo sistema educativo	106
3.3.4. La consolidación de la industria aeronáutica canadiense a partir de la integración comercial con Estados Unidos y la transformación de la política industrial	109
3.3.5. Definición de una industria aeronáutica propia ante la crisis de seguridad del 9/11	111
3.3.6. Balance crítico	112
Conclusiones	115
Recomendaciones para México	122
Fuentes de consulta	127
i. Bibliografía	127
ii. Hemerografía	130
iii. Documentos	131
iv. Sitios electrónicos	132

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y TABLAS

Gráfico 1. Conceptualización de las capacidades tecnológicas de la industria aeronáutica	10
Gráfico 2. Cadena global de valor de la industria aeronáutica	60
Gráfico 3. Segmentación de la industria aeronáutica civil	63
Gráfico 4. Capacidades técnicas y gerenciales básicas de países aprendices	72
Gráfico 5. Clasificación de compensaciones industriales u <i>offsets</i>	74
Gráfico 6. Curva del grado de desarrollo de capacidades tecnológicas en la industria aeroespacial china	91
Gráfico 7. Curva del grado de desarrollo de capacidades tecnológicas en la industria aeronáutica brasileña	102
Gráfico 8. Curva del grado de desarrollo de capacidades tecnológicas en la industria aeronáutica canadiense	114
Gráfico 9. Industria aeronáutica en México 2016	123
Tabla 1. Condicionantes de la innovación	12
Tabla 2. Determinantes de la gobernanza en las cadenas globales de valor	26
Tabla 3. Matriz de capacidades tecnológicas: acumulación y función técnica	42
Tabla 4. Capacidades tecnológicas del nivel operativo básico	66
Tabla 5. Configuración industrial de China	88
Tabla 6. Capital humano especializado para la industria aeronáutica en México 2015-2016	125

SIGLAS

AEA	Asociación para Experimentos Aéreos (Canadá)
AVIC	Corporación Industrial de Aviación de China (<i>Aviation Industry Corporation of China</i>)
BANCOMEXT	Banco Nacional de Comercio Exterior (México)
BUAA	Universidad de Aeronáutica y Astronáutica de Pekín (<i>Beijing University of Aeronautics and Astronautics</i>)
CAA	<i>Civil Aviation Authority</i>
CAD/CAM	Diseño y manufactura asistidos por computadora (<i>Computer-aided design and manufacturing</i>)
CATIA	<i>Computer-Aided Three-Dimensional Interactive Application</i>
CCAA	Consejo Canadiense de la Industria Aeroespacial y Aviación (<i>Canadian Council for Aviation and Aerospace</i>)
CGV	Cadena global de valor
CNC	Control Numérico por Computadora
COMAC	Corporación Comercial de Aviación de China (<i>Commercial Aircraft Corporation of China</i>)
CTA	Centro de Tecnología Aeroespacial (Brasil)
DGAC	Dirección General de Aeronáutica Civil
EASA	Agencia Europea de Seguridad Aérea (<i>European Aviation Safety Agency</i>)
EMBRAER	Empresa Brasileira de Aeronáutica
ESCT	Estudios Sociales en Ciencia y Tecnología
FAA	Administración Federal de Aviación (<i>Federal Aviation Administration</i>)
FACC	<i>Austria's Future Advanced Composite Components</i>
FLACSO	Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales
I-CORPS	Cuerpos de Innovación (México)
IME	Industrias maquiladoras de exportación
INPE	Instituto de Pesquisas Espaciales (Brasil)
IPD	Instituto de Investigación y Desarrollo (Brasil)
ISIC	Clasificación Internacional Industrial Uniforme (<i>International Standard Industrial Classification of All Economic Activities</i>)
ISO	Organización Internacional de Normalización (<i>International Organization for Standardization</i>)
ITA	Instituto Tecnológico de Aeronáutica (Brasil)
LNIEA	Laboratorio Nacional de Ingeniería Espacial y Automotriz (México)

MIT	Instituto de Tecnología de Massachusetts (<i>Massachusetts Institute of Technology</i>)
MRO	Mantenimiento, reparación y revisión (<i>Maintenance, repair and operations</i>)
NADCAP	Programa de acreditación de productos y procesos especiales administrados por el sector aeroespacial (<i>National Aerospace and Defense Contractors Accreditation Program</i>)
NASA	Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (<i>National Aeronautics and Space Administration</i>)
NOC	Clasificación Nacional de Ocupaciones de Canadá (<i>National Occupational Classification</i>)
NORAD	Mando Norteamericano de Defensa Aeroespacial (<i>North American Aerospace Defense Comand</i>)
NRC	Consejo Nacional de Investigación (<i>National Research Council-Canadá</i>)
OACI	Organización de la Aviación Civil Internacional
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OEM	Manufactura de equipo original (<i>Original Equipment Manufacturer</i>)
OGMA	<i>Oficinas Gerais de Material Aeronáutico</i> (Brasil)
OIT	Organización Internacional del Trabajo
PLACTS	Pensamiento Latinoamericano en Ciencia, Tecnología y Sociedad
PRI	<i>Performance Review Institute</i>
RCAF	<i>Royal Canadian Air Force</i>
RTD	Redes transnacionales de defensa
SCIAN	Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte
SNI	Sistema nacional de innovación
TIC's	Tecnologías de la Información y Comunicación
TQM	Gestión de la Calidad Total (<i>Total Quality Management</i>)
UAV	Vehículo aéreo no tripulado (<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>)
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (<i>United States Agency for International Development</i>)

Introducción

El espacio aéreo constituye un vacío finito que paulatinamente se ha convertido en un escenario estratégico para diversos fines que van desde el transporte de pasajeros y cargas, hasta el monitoreo remoto de desastres naturales o de situaciones que atenten contra la seguridad nacional. También se le concibe como *la columna de aire situada sobre el territorio de un Estado*.¹

La complejidad de las múltiples actividades que se efectúan allí obedece a la aplicación de los avances de la ciencia y la tecnología, pero también es fuente de un sinnúmero de simbolismos en la vida de los seres humanos. Con respecto a estas funciones, se distingue entre la experimentación con fines recreativos y de exhibición a inicios del siglo XX, hasta el transporte, vigilancia, rastreo y ataques con armas de destrucción en masa muy característicos de los años treinta.

Sin embargo, para que dichas aplicaciones lograsen sus objetivos, tuvo que desarrollarse una industria aeronáutica que fuese capaz de satisfacer las exigencias políticas, económicas, técnicas y hasta psicológicas que surgían según el contexto histórico. De esta manera, una gran trayectoria tecnológica se iba construyendo a través de la implementación de pequeñas y graduales mejoras mecánicas, que en un primer momento fueron de carácter militar.

Esta trayectoria tecnológica ha reunido las mejores contribuciones técnicas en torno al funcionamiento de los aviones y helicópteros, así como de los recientes vehículos aéreos no tripulados (UAVs, por sus siglas en inglés). Dichas contribuciones provienen de diversos países caracterizados por tener una atmósfera muy particular que condiciona al desarrollo tecnológico, la cual es denominada como Sistema Nacional de Innovación (SNI). Así pues, se explica cómo cada país genera las condiciones necesarias para un determinado grado de desarrollo tecnológico.

¹La delimitación del espacio aéreo soberano se encuentra estipulada en el Convenio de Chicago de 1944. Para mayor referencia, véase Iglesias Berlanga, Marta; "Competencias del Estado sobre el espacio aéreo y el espacio ultraterrestre", *Derecho Internacional Público*. Huygens Editorial, Barcelona, 2010, pág. 252.

Por esta razón, el estudio de tales condiciones corresponde a un método alternativo basado en capacidades tecnológicas, el cual permite sistematizar y comprender el orden internacional en torno a la gobernanza global y la reconfiguración de las relaciones internacionales a partir de la industria aeronáutica. Es así que el presente objeto de estudio adquiere gran importancia, en primer lugar, para los científicos sociales, pues al interior de un sistema nacional de innovación se efectúan distintos procesos de aprendizaje, denotando así una nueva forma de interacción entre los actores involucrados.

De igual manera, es un tema fundamental en el marco de las Relaciones Internacionales al ser un fenómeno con numerosas implicaciones para la comunidad internacional, pues su esencia radica en la globalización, el entendimiento entre naciones y la seguridad nacional. Además de implicar la acción significativa de todo tipo de actores internacionales: desde individuos, como el Ministro de Transportes de la industria canadiense o bien, el mismísimo Mao Zedong; empresas transnacionales como Bombardier, ITR Turborreactores, Honeywell, Goodrich, entre otras; gobiernos estatales; hasta agencias de cooperación internacionales.

En suma, el presente tema es de vital relevancia para todas las áreas del conocimiento de las Ciencias Sociales, pues obliga a una constante reformulación de los objetos de estudios clave para la economía internacional, el desarrollo tecnológico y la gobernanza. Por otra parte, para un internacionalista representa un elemento que comienza a ser prioritario en el diseño y ejecución de la política exterior de México, debido a que la industria aeronáutica representa la aplicación máxima por excelencia de la ciencia y tecnología, motor de la economía internacional, por lo que se sugiere considerarla como parte de la estrategia de negociación en foros bilaterales o multilaterales. De ahí que se inste a estudiar esta nueva línea de investigación para futuros referentes y escenarios relativos a la economía y política internacional contemporánea. Por ende, la complejidad de un proceso como tal exige un análisis integral y no solamente técnico. Se trata de un

campo de estudio casi inexplorado por analistas sociales y que es materia prima para generar un vínculo entre el desarrollo científico-tecnológico y el desarrollo de políticas públicas estratégicas que converjan en el desarrollo nacional.

En este sentido, el objetivo de este trabajo es comprobar si dentro de la industria aeronáutica, la gobernanza vertical de su cadena global de valor (CGV) condiciona el proceso de acumulación de capacidades tecnológicas en países de menor adelanto tecnológico. Dichas capacidades tecnológicas se gestan a partir de un sistema nacional de innovación que respalde la existencia de otros sectores industriales como el automotriz, con el objetivo de generar las condiciones adecuadas para la apropiación y adaptación del *know how*, proveniente de países líderes aeronáuticos.

En este proceso, la capacitación continua y el reforzamiento institucional juegan un papel fundamental, lo cual contribuye a la constitución de capacidades endógenas bajo la línea de la innovación científica y tecnológica en los procesos de manufactura y mejora de procesos. Entonces, el resultado materializado representaría la consecución de la *triple hélice* como uno de los instrumentos impulsores del desarrollo económico en nuestro país.

De esta manera, en el **primer capítulo** se presenta una primera aproximación teórico-conceptual de la Ciencia y Tecnología en el campo de las Ciencias Sociales. El propósito de abordar dicha perspectiva radica en establecer un marco de análisis adecuado para desglosar e integrar un fenómeno de gran complejidad, desde el punto de vista de las Relaciones Internacionales.

Cabe mencionar que, en la elaboración de este trabajo, fue difícil identificar -aún con la preparación previa de un internacionalista y de otros especialistas en la materia- el enfoque adecuado para estudiar la industria aeronáutica sin caer en determinismos tecnológicos, comerciales o políticos. Se recurrió a diversas corrientes teóricas, tales como la Teoría de Sistemas, Teoría de la Instrumentalización, Constructivismo, Estudios Sociales en Ciencia y Tecnología;

sin embargo, ninguno de estos fue suficiente para acercarnos correctamente al objeto de estudio. Había limitantes metodológicas respecto al uso de información empírica, así como incompatibilidades teóricas. Finalmente se decidió utilizar la teoría de la innovación abierta debido a que es la más flexible al momento de realizar estudios integrarles sin afectar la relación sujeto-objeto.

En el **segundo capítulo** se explica la caracterización de la industria aeronáutica civil, con el fin de familiarizar al lector sobre los diferentes segmentos de mercado del sector, así como, las capacidades tecnológicas básicas que un país debe garantizar para formar parte de la cadena global de valor.

En el **tercer capítulo**, se analizan los tres casos de estudio seleccionados para efectos de esta investigación. Tal es el caso de Brasil, Canadá y China, los cuales comparten una característica muy peculiar: son grandes referentes industriales en la manufactura de aviones regionales, a pesar de seguir una lógica tecnológica diferente, pero sus capacidades tecnológicas repercutieron en la CGV, generando así un nuevo modo de gobernanza en las instituciones locales y en organismos internacionales. En los tres casos existieron condiciones favorables para la creación de oportunidades mediante el impulso de la investigación científica, vinculación institucional y apropiación tecnológica, pero también sufrieron algunos *fracasos* al momento de implementar una política pública.

Finalmente, se retoman las buenas prácticas de los tres países con el objetivo de generar algunas recomendaciones para el caso mexicano con respecto a la gobernanza, innovación tecnológica, sistema nacional de innovación y capacidades tecnológicas. El presente trabajo pretende ser un detonante de futuros análisis sobre esta línea de investigación. Se trata de un tema que apenas se encuentra en una fase exploratoria en términos de integración como objeto de estudio formal al interior de las Relaciones Internacionales. Así pues, también pretende impulsar la investigación inter y multidisciplinaria con otras áreas del conocimiento.

CAPÍTULO 1. Aproximación teórico-conceptual de la Ciencia y Tecnología en las Ciencias Sociales y en Relaciones Internacionales

“¿A qué se dedicarán los científicos a partir de ahora?”, se preguntó alguna vez Vannevar Bush, Director de la Oficina para la Investigación y el Desarrollo Científico del gobierno de Estados Unidos, justo un mes antes de acabar la Segunda Guerra Mundial.² Una pregunta que había sobrepasado las fronteras nacionales para propagar la noción triunfalista del esfuerzo de grandes pioneros en la ciencia. Lo que debía definirse a partir de entonces sería qué hacer con el conocimiento acumulado hasta el momento: ¿Optar por la especialización o construir puentes para la interdisciplinariedad?

Sin duda, expresar tal disyuntiva fue una provocación ante cualquier posible cuestionamiento sobre la efectividad de la ciencia en el mejoramiento de la calidad de vida en los países de mayor progreso tecnológico, así como, en aquellos que se encontraban en la difícil adopción y seguimiento de “recetas tecnológicas” emitidas por estos países desarrollados.

Se ponía de manifiesto que ya se había alcanzado un nivel máximo en cuanto a la creación del conocimiento -ciencia aplicada a la guerra-, el cual demandaba ser “almacenado” de manera inconmensurable. Por consiguiente, sería necesario dejar de lado la especialización científica y tecnológica para hacer dicho conocimiento más accesible para la sociedad. Era una clara imposición de una concepción lineal de la ciencia, que a su vez se creía que se encontraba totalmente desvinculada de cualquier estructura cultural.³

² Carta escrita y publicada un mes antes del bombardeo en Hiroshima y Nagasaki. Traducción de Juan Voutsas, en Vannevar, Bush; “As We May Think”, *The Atlantic Monthly*. Julio, 1945; vol. 176, núm. 1, 101-108 pp.

³ De acuerdo con la aproximación conceptual explicada por Eduardo M. García Palacios, “la visión clásica de la ciencia sólo puede contribuir al mayor bienestar social si se olvida de la sociedad, para dedicarse exclusivamente de la verdad. Análogamente, sólo es posible que la tecnología pueda actuar de cadena transmisora en la mejora social si se respeta su autonomía, si se olvida de la sociedad para atender únicamente a un criterio interno de eficacia técnica”. Para mayor referencia, véase Eduardo M. García Palacios, *et. al.*; “Ciencia, Tecnología y Sociedad: una aproximación conceptual”, *Cuadernos de Iberoamérica*. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI), Madrid, 2001, pág. 121.

Como resultado, al término de la Guerra Fría –en la que se desarrolló una carrera armamentística entre la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) y Estados Unidos-, la reacción natural ante dicha imposición dio lugar al *malestar científico*, en el cual se condenaba la labor científico-tecnológica al concentrar sus esfuerzos, principalmente, en el desarrollo de *armas convencionales y de destrucción en masa*.⁴

Lo anterior representaba cierto repudio hacia la tecnología en general, el cual puede ser entendido a través de una metáfora explicada por Josefa Santos y Rodrigo Díaz como “una piedra que golpea a otros objetos menos resistentes: tradiciones culturales, superestructuras, relaciones sociales e ideológicas y sistemas de producción económica poco eficientes”.⁵ Es decir, que un ente llamado *tecnología*, ajeno a una realidad social, ocasionaba un impacto “positivo” en las sociedades humanas por el simple hecho de facilitar y optimizar el control del entorno a manos del hombre. Resultó evidente una clara amenaza civilizatoria al *statu quo* cultural, de acuerdo con una visión sumamente determinista, que encontraría su propia decadencia décadas después.

Por lo tanto, el *malestar científico* fue el punto de partida para el surgimiento de nuevos enfoques que integrarían la tecnología con las estructuras sociales, económicas y políticas. Así, aparecieron nuevas perspectivas críticas de la modernización con diversos matices regionales, como el europeo y el americano,⁶

⁴ Tal como lo describe la clasificación realizada por el Dr. Edmundo Hernández-Vela, las armas convencionales se excluyen del grupo de las armas de destrucción en masa, las cuales comprenden “armas atómicas explosivas, armas de material radioactivo, armas químicas y biológicas letales y cualesquier armas desarrolladas en el futuro que tengan características comparables en efectos destructivos a los de la bomba atómica”. En Edmundo Hernández-Vela; *Diccionario de Política Internacional*. Porrúa, México, 2002, vol. 1, pág. 386.

⁵ María Josefa Santos Corral y Rodrigo Díaz Cruz; “La relación entre tecnología y cultura”, *Perspectivas y desafíos de la educación, la ciencia y la tecnología*. Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM, México: escenarios del nuevo siglo, México, 2003, pág. 347.

⁶ Se hace referencia al término “americano” porque si bien una de las tradiciones de los *estudios CTS* surgió en Estados Unidos, también se propagó, en su momento, por América Latina. Se suele confundir lo “americano” y/o “norteamericano” con lo estadounidense, lo cual es una acepción incorrecta.

que señalaban, con argumentos firmes y grandes aportaciones, una fuerte denuncia de la explotación *centro-periferia*⁷ en términos de una visión holística del desarrollo de la humanidad.

No obstante, la visión del desarrollo *centro-periferia* ha demostrado cierto estancamiento teórico, pues sigue estando presente en análisis actuales sobre tecnología a pesar del surgimiento de nuevas tendencias teóricas basadas en la gobernanza, un nuevo modo de gestión que se vuelve cada vez más incluyente y menos acotado al gobierno. Esta concepción de la ciencia y tecnología como el único condicionante económico del desarrollo, tanto en la noción de retroceso como en la de progreso, denota una percepción equivocada y todavía sigue reflejando la relación de dependencia de la que pretende deslindarse, de ahí que el término *tecnología* siga siendo mal interpretado.

En este sentido, durante los años sesenta y setenta, surgió casi de manera simultánea una variante latinoamericana dentro de la corriente de los Estudios Sociales en Ciencia y Tecnología (ESCT), cuyo corte *evolucionista* comenzó a ser caracterizado por un pensamiento auténtico que reformuló la integración interdisciplinaria y reivindicó la apropiación *sui generis* de la tecnología. Es decir, retomó la corriente disidente que se había forjado desde el punto de vista de la teoría de la dependencia para reforzar su validez epistemológica mediante un análisis que pretendía no sólo enfrentar las limitaciones para el desarrollo tecnológico de los países en desarrollo, sino también aprovecharlas para beneficio del país en cuestión, sin perder de vista el papel preponderante del Estado.

Esta visión nacida en el *sur* global, posteriormente denominada Pensamiento Latinoamericano en Ciencia, Tecnología y Sociedad (PLACTS),⁸ desafiaba la crítica

⁷ A este respecto, el principal exponente de una de las críticas más fuertes a la Teoría de la Modernización fue Raúl Prebisch, cuyo enfoque cepalino derivó en el desarrollo del “estructuralismo económico” que señalaba la diferencia entre el desarrollo y subdesarrollo. Véase s/a; “Prebisch, la CEPAL y el método histórico estructural”, [en línea], Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Naciones Unidas, 2012. Dirección URL: <http://biblioguias.cepal.org/c.php?g=637193&p=4459501>. [Consulta: 8 de febrero de 2016].

⁸ Rosalba Casas; “Conocimiento, tecnología y desarrollo en América Latina”, *Revista Mexicana de Sociología*, vol. 66, número especial, octubre, UNAM, México, 2004, pág. 255.

surgida en los países desarrollados. Por lo tanto, si bien ello demostró la vanguardia analítica latinoamericana en la materia, aún es necesaria la renovación de su aparato crítico ante el surgimiento de nuevas líneas de investigación, lo que da cuenta del surgimiento de escenarios sin precedentes, como lo es el caso de las economías de la innovación abierta y los sistemas nacionales de innovación.

En este tenor, actualmente no es común encontrar una base sólida que concentre un marco teórico-conceptual y metodológico consensuado, que sirva como punto de referencia para aquellos interesados en el tema científico-tecnológico, y cuyo propósito sea el estudio de algún tipo de industria.⁹ Así pues, desde la corriente de economía de la innovación abierta como categoría general de análisis complementaria se puede abordar un tema más específico como el desarrollo tecnológico en algún tipo de industria. Por esta razón, se pretende proporcionar algunas herramientas analíticas que pueden ser aplicadas para la tipificación de estudios de caso, toda vez que el objetivo de este trabajo es contribuir al desarrollo integral de aparato crítico desde una mirada internacionalista.

Es importante destacar que, para la investigación y sistematización del presente apartado se revisaron los trabajos elaborados por investigadores pertenecientes a la corriente de la economía de la innovación abierta. En este primer capítulo se pretende esbozar un estudio sistemático de las unidades y categorías de análisis esenciales para comprender el área de estudio de la Ciencia y Tecnología, particularmente aquella enfocada en la industria aeronáutica. Asimismo, la intención de este capítulo es realizar dicha investigación desde la visión de la región latinoamericana, cuyo motivo obedece a la aplicación de un marco teórico-conceptual adecuado.

Para ello se comienza con la explicación de la economía de la innovación abierta, debido a que constituye la base paralela para entender la nueva dinámica de gobernanza, misma que se explicará más adelante. Por otro lado, para explicar el

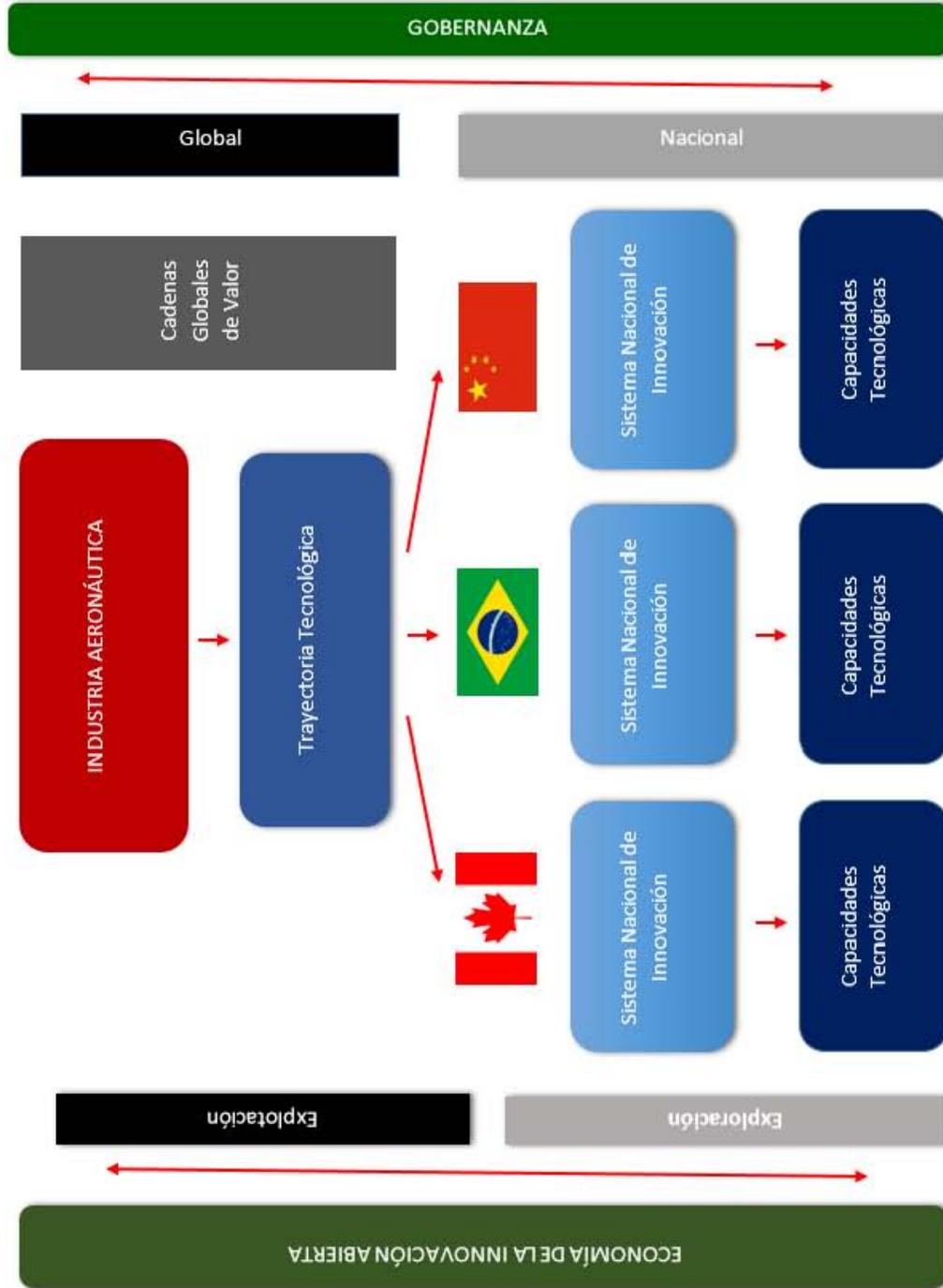
⁹ Para efectos de esta investigación, la industria abordada es la aeronáutica.

carácter político de este término, se consideran los trabajos de los principales exponentes de la *anglo-gobernanza*; en contraposición con los estudios latinoamericanos en la materia, encabezados por autores mexicanos como Luis Aguilar. Asimismo, para el correcto abordaje de esta categoría desde el punto de vista económico, es necesario tomar como referencia a la literatura acerca de las cadenas globales de valor, así como aquella sobre la gobernanza global.

Posteriormente, se aborda una categoría de análisis de mayor espectro: la de *trayectoria tecnológica*, que debe ser entendida en relación con la noción de *paradigma tecnológico* predominante. Ello da lugar a la definición de *sistema nacional de innovación* como escenario resultante que finalmente deriva en el proceso de creación, acumulación y transformación de *capacidades tecnológicas*. Es decir, a través de la mirada de dos enfoques paralelos como el de la innovación abierta y el de la gobernanza, se puede entender el surgimiento de las capacidades tecnológicas que a su vez condicionan y reformulan constantemente al sistema nacional de innovación. Dicha dinámica de coevolución simultánea o atemporal puede tratarse de una exploración o explotación tecnológica, según el grado de integración entre los actores del SNI. Esto determina el alcance de las aportaciones técnicas u organizativas de cada país a la trayectoria tecnológica global de la industria aeronáutica, ubicando a cada país en un eslabón determinado dentro de la cadena global de valor (véase gráfico 1).

Por lo que, para efectos de este debate teórico, los estudios del Programa BID/CEPAL/PNUD de Investigaciones en Temas de Ciencia y Tecnología en América Latina, así como los trabajos de Martin Bell, Christopher Freeman, Jorge Katz, Keith Pavitt, Larry Westphal, Linsu Kim, Carl Dahlman, Carlota Pérez, Giovanni Dosi y Gabriela Dutrénit, resultan ser referencias obligadas. Finalmente, se exponen los principales argumentos que sustentan la importancia de los Estudios Sociales en Ciencia, Tecnología e Innovación para las Relaciones Internacionales y se exponen algunas reflexiones finales para su recapitulación.

Gráfico 1. Conceptualización de las capacidades tecnológicas de la industria aeronáutica



Fuente: Elaboración propia con base en la esquemización del presente capítulo.

1.1. Estudios sobre la innovación tecnológica

En el análisis de cualquier objeto de estudio al interior de las Ciencias Sociales siempre es necesaria la implementación de alguna herramienta metodológica que facilite el entendimiento del fenómeno a estudiar. En el caso de la Ciencia y Tecnología, un tema que a simple vista corresponde exclusivamente a las áreas de la ingeniería y del comercio internacional, se suele dejar en segundo plano a otros elementos cruciales en la investigación, tal como la gestión de la innovación y el aprendizaje.

Por esta razón, en esta sección se pretende rescatar la dinámica de la relación – en términos teórico-metodológicos- entre diversos actores transformadores del conocimiento en el proceso de innovación como un primer instrumento analítico para abordar la problemática de la gobernanza en el desarrollo de capacidades tecnológicas de la industria aeronáutica. Para ello es necesario explicar el concepto de la innovación, los diferentes modelos que existen para construirla, las directrices de este enfoque, sus diferentes ámbitos de operatividad, así como sus posibles efectos en los sistemas nacionales de innovación.

1.1.1. La innovación como resultado y proceso

En el devenir de la economía internacional resulta evidente un alto grado de competencia tanto entre las empresas ubicadas al interior de un país, como entre aquellas que se ubican en otras regiones. Asimismo, la competitividad aumenta cuando se trata de un sector industrial con fuertes barreras de entrada y nulos márgenes de error, tal como el caso de la industria aeronáutica. No obstante, el elemento diferenciador de las empresas mayormente consolidadas consiste en la capacidad de innovación.

De acuerdo con el Manual de Oslo de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), la innovación puede ser entendida en dos sentidos:

“Una innovación de productos tecnológicos es la implementación o comercialización de un producto con características mejoradas de rendimiento, tal como ofrecer servicios objetivamente nuevos o mejorados al consumidor. Una innovación en el proceso tecnológico

es la implementación/adopción de nuevos métodos de producción o entrega significativamente mejorados. Puede implicar cambios en el equipo, recursos humanos, métodos de trabajo o una combinación de éstos”.¹⁰

No obstante, de esta definición derivan cuatro tipos de innovación que demuestran las mejoras implementadas tanto en el producto o servicio final, en el ciclo o proceso, en la administración y en las ventas. Dichos tipos de innovación son gestionados por actores involucrados en un sistema nacional regulado por el gobierno de un país o comunidad y pueden ser condicionados por factores internos y externos (véase tabla 1). A su vez, existen distintas maneras para construir la innovación, las cuales pueden coexistir sin llegar a ser totalmente deterministas.

Tabla 1. Condicionantes de la innovación	
Factores internos	Factores externos
Liderazgo	Competencia
Ambiente organizacional	Economía
Gente	Mercado y clientes
Procesos	Regulaciones
Estrategia	Ambiente sociopolítico
Tareas	Proveedores
Tecnología	Tecnología
Herramientas y técnicas	Sinergia

Fuente: Enrique Medellín; “Innovación tecnológica y desempeño”, *Construir la innovación: gestión de tecnología en la empresa*. Siglo XXI, México, 2013, págs. 34 y 36.

1.1.2. Modelos de innovación: Construcción de la *otredad*

Al abordar la innovación en su acepción como proceso resulta evidente que se trata de un entramado dinámico sumamente complejo debido a las distintas dimensiones de acción, a la naturaleza y cantidad creciente de actores involucrados, así como,

¹⁰ OCDE; “The Measurement of Scientific and Technological Activities: Oslo Manual” [en línea], Comisión Europea-Eurostat, 2005, pág. 9. Dirección URL: <http://www.oecd.org/science/inno/2367580.pdf>, [Consulta: 12 de febrero de 2016].

a la dificultad para entender y discernir entre un modelo exitoso y otro eficiente. Esto obstaculiza en gran medida la explicación causa-efecto en países de diferente condición productiva y tecnológica, lo que provoca que incurran en errores de viabilidad en su implementación.

En este sentido, con el objetivo de identificar los puntos de inflexión en la constitución del proceso de innovación, se han desarrollado diversos modelos de análisis a partir de la perspectiva lineal del cambio tecnológico. Estos modelos son lineales, por etapas, mixtos, integrados y en red.

1.1.2.1. Modelo lineal

Es el primer modelo que se diseñó para entender el proceso del cambio tecnológico después de la Segunda Guerra Mundial. Describe una lógica gradual que parte de una etapa ineficiente y termina en un estado ideal de optimización técnica. Dentro de este modelo se gestaron dos perspectivas: *Impulso de la Tecnología* y *Tirón de la Demanda*.¹¹

En el modelo referente al impulso tecnológico, el cual está basado en el método científico, es evidente la transformación del producto desde la fase inicial de la investigación básica. Su desarrollo se lleva a cabo de manera cronológica hasta asegurar la producción y la venta del producto. Este modelo se enfoca exclusivamente en el perfeccionamiento del producto a través de una exhaustiva investigación y pruebas técnicas.

En relación con el modelo del tirón de la demanda, hay una tendencia a considerar al mercado como punto nodal del proceso de mejora tecnológica, por lo que el marketing adquirió gran relevancia en el análisis de las necesidades y deseos del cliente final.

¹¹ Eva Velasco, *et. al.*; "Evolución de los modelos sobre el proceso de innovación: Desde el modelo lineal hasta los sistemas de innovación", *Decisiones basadas en el conocimiento y en el papel social de la empresa*. XX Congreso anual de la Asociación Europea de Dirección y Economía de Empresa, España, 2007, pág. 4.

1.1.2.2. Modelo por etapas

El modelo por etapas, propuesta a finales de la década de los sesenta, rescata algunos elementos de los modelos explicados anteriormente, por lo que su esencia sigue siendo lineal.¹² En este modelo se detallan las actividades que deben realizarse en cada uno de los eslabones del proceso, lo cual denota que se encuentra diseñado en función de los roles de cada área involucrada: investigación y desarrollo, ingeniería, producción, administración y marketing.

1.1.2.3. Modelo mixto

El modelo mixto surge como alternativa a las elevadas tasas de inflación, desempleo y demanda que tuvieron lugar a finales de la década de los setenta hasta mediados de la década de los ochenta. Se trata de un modelo que enfatiza las interacciones entre las etapas y áreas involucradas en el proceso de innovación. En esta categoría se gestaron los modelos propuestos por Marquis, Myers, Roberts, Frohman y Kline.

De acuerdo con Medellín, el modelo de Marquis explica la innovación desde una perspectiva cronológica de 6 etapas: “a) reconocimiento de la factibilidad técnica y demanda, b) formulación de la idea, c) resolución del problema mediante investigación y desarrollo, d) solución a través de la invención, adopción o imitación, e) desarrollo y f) puesta en práctica, uso y difusión”.¹³

Posteriormente, este modelo fue reformulado por Myers, Roberts y Frohman al agregar dos variables: *tecnología* y *mercado*, mismas que interactúan con cada etapa descrita por Marquis. Por otra parte, el modelo propuesto por Kline en 1985 destaca la interacción entre cada una de las etapas anteriores, lo cual detona el surgimiento constante de *problemas y soluciones*.¹⁴

¹² *Idem.*

¹³ Enrique Medellín; “Innovación tecnológica y desempeño”, *Construir la innovación: gestión de tecnología en la empresa*. Siglo XXI, México, 2013, pág 24.

¹⁴ *Idem.*

1.1.2.4. Modelo integrado

Este modelo surgió en la década de los ochenta cuando la apertura comercial comenzó a influir en la competitividad a nivel global. Según Hobday,¹⁵ el ciclo de vida de un producto tecnológico se acortaba cada vez más debido a la velocidad del desarrollo tecnológico, por lo que las empresas debían establecer alianzas internacionales para construir innovaciones fuertes en el menor tiempo posible. Esto da cuenta de una colaboración simultánea entre distintos actores, integrados según su función en diversas áreas del proceso, lo que da como resultado una dinámica de creación y transformación del conocimiento de manera multidisciplinaria.

1.1.2.5. Modelo en red

Finalmente, el modelo en red es el resultado de la evolución del modelo integrado, en donde la colaboración con agentes externos abarca otras áreas más allá de aquellas orientadas al desarrollo tecnológico. Se trata de la base analítica propuesta por Rothwell¹⁶ para estudiar una dinámica de innovación a nivel multisectorial y multinivel, en donde la capacidad de adaptación en función de las condiciones sociopolíticas y económicas es fundamental. Asimismo, es la base para entender al sistema nacional de innovación, una de las categorías más importantes que se abordan en el presente trabajo.

1.1.3. La teoría de la economía de la innovación abierta

El modelo en red explicado anteriormente funge como base analítica de uno de los enfoques más aceptados a nivel internacional para estudiar algún tipo de industria. Debido a la flexibilidad de dicho enfoque es que también puede aplicarse a países aprendices. En este tenor, el enfoque de la economía de la innovación abierta fue propuesto por Henry Chesbrough en 2003.¹⁷ Señalaba una estrategia que consiste

¹⁵ Cfr. Michael Hobday; "Firm-level innovation models: Perspectives on research in developed and developing countries", *Technology Analysis and Strategic Management*. Routledge, Reino Unido, vol. 17, núm. 2, junio de 2005, 121-146 pp.

¹⁶ *Idem*.

¹⁷ *Idem*.

en optimizar los procesos técnicos y organizativos al interior de una empresa a partir de un flujo de innovación externo. Es decir, la empresa capta y adopta nuevas ideas provenientes de universidades y compañías más grandes para ser implementadas en nuevas soluciones tecnológicas y administrativas.

Por otra parte, también se puede gestionar tal flujo de información desde adentro de la empresa hacia el exterior, dando como resultado la transformación del conocimiento y el aprendizaje continuo con competidores más fuertes, con el objetivo de garantizar el acceso a nuevas tecnologías, asegurar la supervivencia de la empresa y potenciar la explotación del valor agregado de sus productos o servicios.

1.1.3.1. Dimensiones de aplicación de la innovación abierta

Los objetivos de la innovación abierta se encuentran ampliamente relacionados con las dimensiones de aplicación de este paradigma. De acuerdo con Rothaermel, Deeds y Lichtenthaler, existen dos dimensiones correspondientes a la adquisición o exploración de tecnología y a la explotación de esta. Se trata de dos dimensiones que sintetizan el ciclo total del proceso de innovación, lo cual supone que deben llevarse a cabo ciertas medidas en ambas dimensiones, a fin de obtener una posición competitiva en el mercado nacional e internacional.

Con relación a la primera dimensión correspondiente a la adquisición o exploración de tecnología, la captación de nuevas ideas (*catching up* en inglés) se enfoca exclusivamente en la creación y acumulación de capacidades tecnológicas. Se trata de un ámbito de aplicación que comprende actividades iniciales como la *compra de propiedad intelectual, networking, tomas de participación la propiedad de otras empresas, participación de los usuarios de tecnologías, incorporación de tecnología libre existente, etc.*¹⁸

¹⁸ José López Rodríguez y Antonio García Lorenzo; “Innovación abierta: Desafíos organizacionales de este modelo de gestión para las empresas”, *Revista Galega de Economía*, vol. 19, número extraordinario, 2010, pág. 4.

Respecto a la segunda dimensión concerniente a la explotación de tecnología, las nuevas ideas son implementadas para agregar valor en las capacidades tecnológicas, cuyo alcance le permita posicionarse en mercados locales y globales. Es la aplicación orientada a consolidar la competitividad de la empresa. Entre las medidas que se llevan a cabo para lograr dichos objetivos son: *la creación de nuevas empresas a partir de tecnologías internas (spin-off&spin-out), licencias de propiedad intelectual, networking e intermediarios de innovación.*¹⁹

De manera general, la dinámica de la innovación abierta implica una compleja red de interacción multinivel y multisectorial entre los actores involucrados, en diversas dimensiones del desarrollo tecnológico. Dicha red de interacción genera grandes desafíos para los países aprendices, mismos que son más evidentes en una de las primeras fases de evolución de su sistema nacional de innovación: el establecimiento de directrices para el modo de desarrollo tecnológico, el cual es entendido como *gobernanza en el desarrollo de capacidades tecnológicas.*

1.2. La gobernanza en el desarrollo de capacidades tecnológicas de la industria aeronáutica

Sin duda alguna, considerar el enfoque de la teoría de la innovación abierta como punto de partida en el análisis estructural de la industria aeronáutica, constituye un enfoque alternativo con gran poder explicativo para la caracterización del elemento tecnológico en los procesos sociales y economías nacionales. Sin embargo, con todo y sus limitaciones analíticas y conceptuales, es menester contextualizar tal perspectiva dentro de un modo determinado de gestión inmerso en la *globalización.*²⁰ Es necesario ubicar al analista en el escenario adecuado que le

¹⁹ *Ibidem*, pág. 5.

²⁰ La globalización o *mundialización* es “el proceso permanente, continuo e incrementadamente complejo, inherente a la humanidad y por lo tanto característico de su evolución y desarrollo, de extensión y generalización creciente y progresiva a todo el mundo de fenómenos y sucesos de naturaleza eminentemente humana de muy diversa índole conforme van surgiendo en alguna parte del planeta. Esta cuestión ha alcanzado notoriedad y significación debido a la aceleración e intensificación que le han imprimido los recientes adelantos científico-tecnológicos, muy especialmente los avances alcanzados en los campos de la informática y las telecomunicaciones, y se manifiesta en la existencia formal de un mercado libre mundial y una sociedad de la información del mismo rango [...]”. En Edmundo Hernández-Vela; *op. cit.*, pág. 675. Por otra parte, existen tres escuelas de pensamiento en relación con su marco teórico. En primer lugar, la ola

permita entender la dinámica del desarrollo tecnológico en función de la evolución de la toma de decisiones no sólo gubernamental, sino también a nivel social (organizaciones no gubernamentales, sociedad civil, universidades y centros de investigación, etcétera) y empresarial (empresas multi y transnacionales).

En el marco de dicho escenario, hablar de una evolución denota algunos cambios significativos en la gestión de diversos asuntos nacionales e internacionales, lo cual implica que existe una redefinición del conjunto de actores tradicionales involucrados. Desde el Estado westfaliano se había establecido un patrón de análisis exclusivo respecto del sistema internacional que tomaba como actor exclusivamente al Estado-Nación. No obstante, y ante el auge de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC's), así como del transporte intercontinental, ahora nos encontramos ante una nueva concepción de las entidades estatales,²¹ la cual es denominada *gobernanza*, en donde otros actores no estatales parecen ejercer el control en las relaciones de poder.

En este sentido y para efectos del sector industrial al que se aboca la presente investigación, el objetivo de este apartado es caracterizar dos visiones sobre la gobernanza para identificar el vínculo existente entre ellas; es decir, entre la figura exclusivamente política y la comercial. Por ello, se analiza el marco conceptual de la *gobernanza* nacional mediante su concepción anglosajona, de autores tales como Roderick Arthur William Rhodes y Jan Kooiman. El objetivo es sentar las bases del

hiperglobalista que denota cierto determinismo económico al señalar la convergencia de las economías nacionales en un mercado único y global, además de la casi nula intervención del Estado. En segundo lugar, la visión *escéptica*, la cual difiere de una economía y gobierno globales pues acota que en realidad son internacionales que tienden a la regionalización. En tercer lugar, la corriente *transformacionalista* que defiende la inter y multidisciplinaria creciente de la complejidad de la realidad internacional en un sentido dialéctico. En este sentido, cabe aclarar que la autora de esta investigación retoma la escuela transformacionalista para referir tal proceso. Para mayor información, véase Pastrana, Eduardo y Gehring, Hubert; "Retos de la gobernanza global frente a una multipolaridad creciente", *Suramérica en el escenario global: gobernanza multinivel y birregionalismo*. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 2014, 23-85 pp.

²¹ Desde el punto de vista de las Relaciones Internacionales, el concepto de "nación" puede excluir otras formas de organización sociopolítica, es por ello que en este trabajo se propone otro término como "entidad estatal". Por su parte, David Sarquís hace referencia hacia una *formación social o comunidad políticamente autónoma*, con el objetivo de no dejar en segundo plano a otros actores internacionales. Para mayor referencia, véase David J. Sarquís; "El objeto de estudio de las Relaciones Internacionales", *Relaciones Internacionales: Una perspectiva sistémica*. Porrúa, México, 2005, 242-246 pp.

término para la subsecuente confrontación con las obras de autores críticos latinoamericanos como Luis Aguilar, Luis Enrique Concepción Montiel, Francisco Porras, Valeria Guarneros-Meza, José Rosique y Jonathan S. Davies.

Además, se abordarán los alcances de la *gobernanza global* con los estudios realizados por Robert Keohane y Joseph Nye, así como de los autores precursores de la aplicación de la gobernanza en las *cadena globales de valor* como Gary Gereffi, John Humphrey y Timothy Sturgeon.

1.2.1. La dimensión nacional de la gobernanza

En el ámbito de la Ciencia Política, la inacabada teoría de la *gobernanza*²² ha suscitado gran controversia no sólo entre los estudiosos de la gestión pública, sino también en la generalidad de las ciencias sociales. Su aparición como primer acercamiento heurístico se remonta a 1975 cuando en el libro *La crisis de la democracia: reporte sobre la gobernabilidad de las democracias a la Comisión Trilateral*²³ de Michel Crozier, Samuel Huntington y Joji Watanuki, se hacía referencia a la crisis derivada de la insuficiencia de la gestión del Estado social.²⁴

Tal como refieren estos autores, el quebrantamiento de la estabilidad del Estado benefactor se debió a la incapacidad del gobierno por atender las crecientes

²² Aún no existe un consenso sobre la traducción correcta de *governance*, pues de acuerdo con Concepción Montiel, ésta puede ser entendida en términos de gobernanza, gobernación y gobernanza. Incluso el Banco Mundial lo interpreta como “buen gobierno”. La esencia del término alude al acto de conducir un bote – *gubernare*-, no obstante, el sufijo de esta raíz hace referencia al acto de gobernar. Por su parte, Jessop y Porras argumentan que existen dos formas aceptables de participio presente del latín *gubernare*: *gubernatio* y *gubernantia*, lo cual da a entender que gobernación y gobernanza son dos acepciones válidas, no obstante, para evitar la confusión con la secretaría de Estado, se concuerda usar el término *gobernanza*. Para mayor referencia, véase Jessop, B; “The Regulation Approach, Governance and Post-Fordism: Alternative Perspectives on Economic and Political Change?”, *Economy and Society*, vol. 3, núm. 24, 307-333 pp.

²³ La Comisión Trilateral es una asociación de carácter privado que fue conformada en 1973 por la iniciativa privada de Japón, la Unión Europea, Estados Unidos y Canadá, con el objetivo de fortalecer la cooperación económica entre estos países. Consecuentemente, se unieron miembros de India, China y México. Para mayor referencia, véase s/a; “About The Trilateral Commission”, [en línea], The Trilateral Commission. Dirección URL <http://trilateral.org>, [Consulta: 25 de febrero de 2016] y Luis Aguilar; “Gobernanza”, *Gobernanza y gestión pública*. Fondo de Cultura Económica, México, 2006, pág. 55.

²⁴ Para mayor referencia, véase Luis Aguilar; *op. cit.*, pág. 60.

necesidades sociales surgidas por la *estanflación*²⁵ de los años setenta, fenómeno causado por la crisis petrolera de 1973. Así pues, se señalaba que era menester “reordenar la relación entre Estado y mercado en un formato de menor intervencionismo estatal y de mayor liberación de los intercambios, así como, reordenar la relación entre el Estado y sus ciudadanos en un modo que los responsabilice de sus vidas y los despierte de su cómodo letargo estatista”.²⁶ Por lo que se trataba de una concepción que abría paso a un modo de gestión que iba a ser orquestado a través del mercado, las empresas y la sociedad civil.

Posteriormente, la propuesta formal de la noción de *gobernanza* fue desarrollada desde el punto de vista británico con los autores R.A.W. Rhodes y Jan Kooiman, Para Rhodes, la gobernanza representaba “la adopción de un paradigma de diseño y aplicación de políticas públicas basado en redes inter-organizacionales autónomas”,²⁷ es decir, hacía referencia a un modo de gobierno ideal caracterizado por una interacción armónica entre sus instituciones. Por su parte, Kooiman la definió como “el orden sociopolítico que se genera por una mayor interdependencia entre los actores”,²⁸ una definición que denota una noción de estabilidad de un sistema gracias a la capacidad de autorregulación de cada una de sus partes.

Dichas visiones demuestran que la tesis principal de la escuela británica se basa en el proceso de interacción entre actores tradicionales y no tradicionales en el nuevo y fragmentado proceso de *gobernación*, cuyos objetivos siguen siendo la aceptación social y la legitimidad, así como la seguridad y el bienestar de sus sociedades. No obstante, se da por hecho que tal dinámica se lleva a cabo de manera descentralizada y ordenada, situación contraria a la de los países en desarrollo.

²⁵ El fenómeno de la estanflación, causado por el alza de precios del petróleo en 1973, se caracterizó por el nulo crecimiento de las economías nacionales asociado a la escalada de precios de producción. En el caso de América Latina, el contexto resultaba similar, aunado a la insostenibilidad de la deuda externa.

²⁶ *Ibidem*, pág. 59.

²⁷ R.A.W. Rhodes; *Understanding Governance: Policy Networks, Governance, Reflexivity and Accountability*. Open University Press, Buckingham, 1997, pág. 15.

²⁸ Jan Kooiman; “Governance and Governability: Using Complexity, Dynamics and Diversity”, *Modern Governance: New Government-Society Interactions*. Sage, Londres, 1993, pág. 45.

Así pues, a través de una mirada crítica a la corriente anglosajona sobre la gobernanza, se puede constatar que se trata de una concepción ortodoxa, cuyos preceptos no son aplicables al caso de los países en desarrollo, a pesar de la tendencia a considerarla como un enfoque innovador y alternativo. Además, la denominada *anglo-gobernanza* propone un modelo *sostenible* y autónomo basado en la sinergia social, gubernamental y empresarial, lo cual permite la construcción integral de una identidad colectiva en torno a la concepción de la tecnología.

Sin embargo, esta situación no puede ser comparada con una realidad sociopolítica inestable, característica de los países en desarrollo, pues no existe una cohesión social significativa ni un significado colectivo o mínimamente unificado sobre el conjunto de procesos tecnológicos. Derivado de lo anterior, autores mexicanos han contribuido al cuestionamiento de la nueva gobernanza, cuyo desarrollo teórico en la región latinoamericana, según Luis Enrique Concepción Montiel, ha pasado por tres fases:

“[...] La primera en los años ochenta y noventa, donde la discusión se centró en la gobernabilidad política y estatocéntrica; la segunda, en los noventa, en donde los análisis se fusionaron con los de gestión pública y la diversidad de paquetes y reformas impulsadas por el *Consenso de Washington*;²⁹ y, finalmente, en los últimos años, la atención se centra en la *gobernanza* como aquella que evalúa el desempeño de las instituciones políticas en la implantación de políticas públicas”.³⁰

²⁹ El Consenso de Washington fue el conjunto de políticas reformistas en materia de liberalización económica que fungieron como base de una reforma estructural para las instituciones financieras internacionales de Bretton Woods, como el Fondo Monetario Internacional y el Banco Mundial. Este término fue acuñado por John Williamson, director del Instituto de Economía Internacional en Washington, sede de la conferencia organizada en 1990. Como resultado del debate multinivel, se acordaron 10 instrumentos de política económica: disciplina fiscal, prioridad del gasto público (educación, salud e infraestructura), reforma tributaria, liberalización financiera o de las tasas de interés determinadas por el mercado, tipo de cambio competitivo, políticas comerciales de libre mercado, apertura a la inversión extranjera directa, privatización de las empresas públicas, desregulaciones y certidumbre en los derechos de propiedad. Para mayor referencia, véase Ocampo, José Antonio; *Más allá del Consenso de Washington: una agenda de desarrollo para América Latina*. CEPAL, México, enero de 2005 y Williamson, John; “No hay consenso: Reseña sobre el Consenso de Washington y sugerencias sobre los pasos a dar”, *Finanzas y desarrollo*, septiembre 2003, 10-13 pp.

³⁰ Luis Enrique Concepción Montiel; “Gobernanza y democracia en América Latina en un contexto de globalización”, en *Gobernanza global y democracia*. Universidad Autónoma de Baja California-Porrúa, México,

En este sentido, Luis Aguilar, principal exponente de la teoría de la gobernanza en el contexto latinoamericano, identifica dos maneras en las que ésta es comprendida: de forma *descriptiva* y *normativa*. En su acepción descriptiva se refiere a la serie de cambios surgidos en la transformación de la gestión del Estado a raíz de la crisis fiscal de los años setenta en América Latina –desde una visión estatista a otra de libre mercado-. Por otra parte, la denotación normativa se expresa como el modo correcto de gobernar, es decir, al “buen gobierno”.³¹

Por su parte, Francisco Porras propone que la anglo-gobernanza no sea una figura totalmente importada para el caso latinoamericano, pues no se trata de un *sistema de cualidades*, cual si fuese una lista de especificaciones con las que todos los países debiesen cumplir. Al contrario, plantea que sea utilizada como una categoría analítica que permita identificar a los actores no tradicionales (actores no gubernamentales como las empresas y la sociedad civil) que participan la creación de la gobernanza.³²

Asimismo, Valeria Guarneros-Meza critica las relaciones de confianza entre las redes inter-organizacionales al interior de un Estado, propuestas por la perspectiva anglosajona, pues, en primer lugar, se ha demostrado que la distribución del poder entre la sociedad civil y el sector empresarial es desigual. De igual manera, señala que la anglo-gobernanza adaptada a nuestro contexto, en realidad funge como instrumento de control público para los gobiernos locales.³³

El análisis de Guarneros-Meza se encuentra estrechamente relacionado con las reflexiones de Jonathan S. Davies, quien afirma que el auge de la anglo-gobernanza sólo es una falacia de gestión pública que aún no logra garantizar la autonomía de

2010, pág. 99.

³¹ Cfr. Luis Aguilar; *op. cit.*, pág. 84.

³² Para mayor información, véase Francisco Porras; “¿Sistema, *continuum*, modo o marco general?: La anglo-gobernanza en México”, en Bassols, Mario (Coord); *Gobernanza: Teoría y prácticas colectivas*. Anthropos, México, 2011, 67-96 pp.

³³ Para mayor información, véase Guarneros-Meza, Valeria; “Urban Governance and Participation in Central Mexico”, *Development*, vol. 1, núm. 50, 2007, pág 108.

los actores no tradicionales.³⁴ A este respecto, Davies identifica una anomalía cultural en la integración social del proceso de gobernanza en los países en desarrollo, ya que el conflicto de intereses de las élites política y económica obstaculiza la construcción de identidades colectivas, en este caso, aquellas en torno a la tecnología.

Por último, José Rosique defiende la *centralidad del Estado*³⁵ en la creación de la gobernanza, en relación con el nuevo rol facilitador de agentes económicos. Esto denota sólo una transformación a un patrón más flexible, en donde el gobierno es capaz de negociar y actuar en conjunto con otros actores en aras de lograr la *connotación normativa*, de la cual hacía referencia Aguilar en obras preliminares.

En suma, los autores latinoamericanos dan cuenta de una realidad común entre los países en desarrollo y con menor adelanto tecnológico, los cuales se enfrentan a los desafíos derivados de la falta de sinergia al interior de la denominada “triple hélice”. Esta desagregación afecta directamente el modo de gobernanza a nivel internacional, situación que resulta en un desfase con respecto de otros países con un sistema nacional de innovación mayormente consolidado, tal como se explica más adelante.

1.2.2. La proyección global de la gobernanza

Ahora bien, el pluralismo de enfoques explicado anteriormente trasciende las fronteras nacionales, con serias implicaciones globales. En esta dimensión participan actores como los propios Estados, organismos internacionales, empresas transnacionales, organizaciones no gubernamentales y redes transnacionales de defensa (RTD); su accionar en la gobernanza global se construye y se rige a partir de mecanismos de conducta, tal como la cooperación internacional.

³⁴ Jonathan Davies; “Repensando las redes: Gobernanza como hegemonía”, en Bassols, Mario; *op. cit.*, pág. 54.

³⁵ José Rosique; “Gestión Metropolitana: La importancia de las instituciones para el desarrollo de las ciudades en la era de la globalización”, en Roberto Eibenschutz Hartman y Ligia González García de Alba (Coords.); *El Legislativo ante la gestión metropolitana*. Porrúa, México, 2009, pág. 84.

De esta manera, el espacio, modo y proceso de acción multinivel de actores fue definido como *gobernanza global* por Robert Keohane y Joseph Nye. Para estos autores consistía en:

“[...] El proceso y las instituciones, tanto formales como informales, que guían y limitan las actividades colectivas de un grupo. El gobierno es el subconjunto que actúa con autoridad y crea obligaciones formales. Gobernanza no necesariamente tiene que ser conducida por los gobiernos y por organizaciones internacionales a las que les delegan autoridad. Empresas privadas, asociaciones de empresas, organizaciones no-gubernamentales (ONGs), y asociaciones de ONGs participan en ella, de manera frecuente en asociación con órganos gubernamentales, para crear gobernanza; a veces sin autoridad gubernamental”.³⁶

Keohane y Nye explican que la globalización ha generado el ambiente perfecto para la inclusión de nuevos actores no gubernamentales que, si bien ya habían sido considerados en la dimensión nacional de la gobernanza, éstos también repercuten en la realidad internacional, además de ya no encontrarse sujetos al poder limitante del gobierno. Desde luego, ello no significa que la figura del Estado como ente responsable de la gestión pública haya sido catalogada como obsoleta, al contrario, de no existir tal figura, no seríamos testigos de las diversas modalidades de cooperación internacional en múltiples materias.

Por tal razón, la creciente movilidad en las relaciones internacionales ha dado lugar a un gobierno transfronterizo, cuya interdependencia dota de cierta validez y, por ende, de aceptación, a cada interacción hasta lograr establecer un lazo vinculante de obligatoriedad entre el conjunto de actores.³⁷

Para el caso de la industria aeronáutica, la mirada política de la gobernanza global se encuentra estrechamente relacionada con la voluntad de los actores y con la cuestión jurídica al condensarse en un objetivo fundamental: la seguridad aérea

³⁶ Robert Keohane y Joseph Nye; “Introduction”, en Nye, Joseph y Donahue, John (Coords.); *Governance in a Globalizing World*. Cambridge, Estados Unidos, 2000, pág. 12.

³⁷ La obligatoriedad ha sido construida de manera gradual de acuerdo con las reconfiguraciones del orden internacional a lo largo de la historia. Tal es el caso de la Organización de las Naciones Unidas, cuyo carácter vinculante radica en el artículo 26 del Convenio de Viena, del cual se deriva el principio de derecho internacional público *pacta sunt servanda*.

garantizada por certificaciones internacionales. Un avión constituye un medio de transporte esencial, pero con mayor complejidad estructural, por lo que es necesario implementar y cumplir estándares para asegurar el bienestar de los usuarios.

De esta manera, se teje una relación vinculante entre los actores involucrados en el proceso de diseño, manufactura, ensamblaje y mantenimiento de aeronaves, con los organismos internacionales de carácter vinculante y que abordan el tema aeronáutico, como la Organización de la Aviación Civil Internacional³⁸ (OACI), la Administración Federal de Aviación (FAA, por sus siglas en inglés) y la Agencia Europea de Seguridad Aérea³⁹ (EASA, por sus siglas en inglés), entre otras. Se trata de una industria cuya dinámica de gobernanza encuentra un alto grado de especialización tanto en los actores nacionales, los centros de investigación y desarrollo (I+D), como entre las empresas matrices en la estructura de la cadena global de valor, lo cual se explica a continuación.

1.2.3. La gobernanza en las cadenas globales de valor de la industria aeronáutica

La lógica productiva de las industrias ha dejado de seguir una trayectoria vertical basada en jerarquías desde que se suscitó un cambio significativo en el comercio internacional. Dicha trayectoria puede ser mejor entendida a manera de una cadena global de valor, un término que fue desarrollado como marco conceptual de la nueva fase de la globalización.

El término fue definido gracias a la iniciativa auspiciada por la Fundación Rockefeller, en donde teóricos como Gary Gereffi, John Humphrey y Timothy

³⁸ “La OACI establece normas y regulaciones internacionales necesarias para garantizar la seguridad y eficiencia y regularidad del transporte aéreo y sirve de catalizador para la cooperación en todas las esferas de la aviación civil entre sus 185 Estados contratantes”. Para mayor referencia véase ONU; “Safety”, [en línea], Naciones Unidas. Dirección URL: <http://www.icao.int/safety/Pages/default.aspx>, [Consulta: 26 de marzo de 2016].

³⁹ *European Aviation Safety Agency*. Para mayor referencia véase s/a; “Regulations”, [en línea], Unión Europea, 2016. Dirección URL: <https://easa.europa.eu/document-library/regulations>, [Consulta: 26 de marzo de 2016].

Sturgeon, lo caracterizan como:

“[...] Toda la gama de actividades que las empresas y los trabajadores realizan para llevar un producto, desde su concepción hasta su uso final y más allá. Esto incluye actividades de diseño, producción, comercialización, distribución y apoyo al consumidor final. Las actividades que integran una cadena de valor pueden estar contenidas dentro de una sola empresa o divididas entre diferentes empresas, las cuales pueden producir bienes o servicios; su localización puede ser en un solo punto geográfico o por el contrario estar distribuidas ampliamente en distintas zonas”.⁴⁰

Evidentemente, en estas actividades se tejen diversos vínculos entre los eslabones de la CGV de la industria aeronáutica, mismos que son catalogados en cinco modalidades de acuerdo con el grado de complejidad y la capacidad de codificaciones⁴¹ de los proveedores o *receptores*.⁴² Sturgeon las clasifica de esta manera (véase tabla 2):

Tabla 2. Determinantes de la gobernanza en las cadenas globales de valor				
Tipo de gobernanza	Complejidad en la transacción	Capacidad de codificación	Capacidad de los proveedores	Nivel de coordinación explícita y asimetría del poder
Mercado	Bajo	Alto	Alto	Bajo  Alto
Modular	Alto	Alto	Alto	
Relacional	Alto	Bajo	Alto	
Cautiva	Alto	Alto	Bajo	
Jerárquica	Alto	Bajo	Bajo	

Fuente: Gary Gereffi, *et. al*; “The Governance of Global value chains”. *Review of International Political Economy*, vol. 1, núm. 12, febrero de 2005, pág. 87.

⁴⁰ Gary Gereffi, *et. al*; “Concept and Tools”, [en línea], *Global Value Chains Initiative*, Duke University. Dirección URL: <https://globalvaluechains.org/concept-tools>, [Consulta: 25 de marzo de 2016].

⁴¹ La codificación es la capacidad de asimilación de información que se le proporciona a los actores que se encuentran en niveles inferiores de desarrollo tecnológico, para entender los requerimientos de niveles superiores dentro de la cadena global de valor.

⁴² Gary Gereffi, *et. al*; “The Governance of Global Value Chains”. *Review of International Political Economy*, vol. 1, núm. 12, febrero de 2005, pág. 87.

En este sentido, cuando existe una *gobernanza de relación de mercado* dentro de la CGV, la *codificación* de las transacciones se logra sin ningún problema, pues las especificaciones del producto no son tan complejas y no hay necesidad de solicitar asistencia a los compradores.⁴³ En el caso de la aeronáutica, quienes ejercen este tipo de relación son las empresas matrices, responsables de las actividades de mayor valor añadido como el ensamblaje final, certificación y ventas. No existe gran dificultad pues son productos y procesos ya estandarizados a nivel internacional y los actores cuentan con los recursos económicos suficientes, además del poder y reconocimiento, para llevarlos a cabo o producirlos.

Cuando se trata de una *gobernanza de relación modular*, la capacidad de codificación sigue siendo alta, pero se encuentra enfocada a actividades de mayor complejidad que en una relación de mercado. Generalmente, las especificaciones de un producto son proporcionadas por el cliente, no obstante, la autonomía en los procesos aún sigue siendo autónoma.⁴⁴ Este tipo de relación puede encontrarse en el subnivel de las empresas tractoras,⁴⁵ las cuales se dedican al diseño de sistemas electrónicos de navegación y sub-ensamblajes de componentes secundarios de aeronaves. Algunas también realizan actividades de comercialización del producto final.

Por otra parte, se dice que es una *gobernanza de interacción relacional* cuando al actor o a los actores no les es posible codificar la totalidad de las especificaciones de un producto o de un proceso en una transacción de alta dificultad. Por esta razón, tienden a establecer lazos de cooperación con otros actores del mismo eslabón de la CGV (universidades, centros de I+D, etc), basando sus relaciones en la confianza mutua y reputación.⁴⁶

⁴³ Para mayor referencia, véase Díaz Porras, Rafael y Valenciano, Jorge; “Gobernanza en las cadenas globales de mercancías/valor: Una revisión conceptual”. *Economía y Sociedad*, núm. 41, enero-junio de 2012, 9-27 pp.

⁴⁴ *Idem*.

⁴⁵ Una empresa tractora es aquella con capacidades consolidadas de producción y comercialización, dominan la cadena global de valor. Para mayor referencia, véase *s/a; Temas y políticas clave sobre PYMEs y emprendimiento en México*. OCDE, México, 2013.

⁴⁶ *Idem*.

Finalmente, es una *gobernanza de relación cautiva* cuando el actor receptor no es capaz de codificar las especificaciones o algún proceso de alta complejidad, situación que provoca que sea dependiente de la empresa de cabecera. Por último, si existen nulas capacidades de codificación, las *empresas proveedoras* quedan subordinadas al control de las empresas de cabecera, demostrando así una *gobernanza de relación jerárquica*.⁴⁷ Ambos tipos de interacción pueden identificarse en el último eslabón productivo de la CGV aeronáutica, pues tales empresas se enfocan exclusivamente a la manufactura de componentes y estructuras, actividades que no exigen altos índices de innovación.

Las cinco modalidades de interacción en términos de gobernanza se manifiestan en diversas regiones del mundo, denotando así la distribución del poder, de ahí que se hable de países líderes tecnológicos o de países con una industria aeronáutica en desarrollo, que en este trabajo denominaremos como países aprendices o *learners*.⁴⁸ No obstante, resulta lógico que algunas empresas caracterizadas en algún tipo de relación desfavorable en las cadenas de valor de la gobernanza aeronáutica, puedan ascender hacia niveles más avanzados si logran superar tales barreras de codificación.

La intervención del gobierno surge como un factor indispensable, pues sólo a través de sólidas políticas industriales es como una empresa logra insertarse en un eslabón privilegiado de la cadena de valor. Es por esta razón que a continuación se abordará el papel de la nueva gobernanza en un contexto de globalización y cómo ésta afecta el *modus operandi* de una industria de gran complejidad productiva.

⁴⁷ *Idem*.

⁴⁸ Los países aprendices tecnológicos o *learners* son aquellos que se encuentran en el proceso de adquisición y asimilación de conocimiento tácito con respecto a los procesos dentro de una trayectoria tecnológica. En la literatura de los ESCT se ha optado por denominar de tal manera a la gran mayoría de los países en desarrollo. Para mayor referencia, véase Amsden, Alice; *Asia's Next Giant: South Korea and Late Industrialization*. Oxford University Press, Nueva York, 1989.

1.2.4. Importancia de la *nueva gobernanza* en las Relaciones Internacionales

Indudablemente, se presenta una nueva fase en la economía internacional que pone de manifiesto el incremento de las exigencias productivas y con ello, la necesidad de integrar elementos que muestren el valor agregado en cada producto de la industria. Para el caso de la aeronáutica, es evidente que dicho valor agregado reside en un recurso intangible, pues el conocimiento del capital humano es el que dirige el rumbo de la innovación de múltiples actores en cada país o región. Una innovación que converge en un aspecto fundamental: la seguridad aérea.

Sin embargo, al estudiar las dos caras ambivalentes de la gobernanza (nacional y global), es posible vislumbrar un claro desfase entre lo nacional e internacional. El flujo vertiginoso de capitales a nivel global rebasa el alcance de las regulaciones institucionales de cada Estado correspondiente. Es por ello que la complejidad progresiva de este fenómeno implica el involucramiento de actores no tradicionales que puedan complementar y agilizar la labor del gobierno en lo que concierne al modo de gestión. En parte por vigilar que las actividades industriales no sobrepasen los límites de la normatividad estatal, y por otra para beneficio propio de las empresas (favorecidas con un buen nivel jerárquico en las cadenas globales de valor).

Somos testigos de un equilibrio que parecería ser contradictorio al identificar que las necesidades productivas han socavado las facultades de la gestión pública. No obstante, cuestiones culturales igualmente importantes han condicionado el nuevo *modus operandi* de las CGV. Pero habrá que ser cautelosos al momento de aplicar un marco conceptual de esta magnitud pues se corre el riesgo de omitir el factor poder en la interacción entre los actores de la industria.

En este sentido, se trata de un proceso que se reformula constantemente con grandes implicaciones para el orden internacional, pues el enfoque abierto de la gobernanza brinda la oportunidad a países en desarrollo o cono menor adelanto tecnológico para incursionar, desde otras áreas estratégicas, en una industria

sumamente competitiva. Asimismo, como herramienta de análisis, la teoría de la gobernanza también nos brinda el marco general para estudiar el desarrollo de capacidades tecnológicas en este sector industrial. Esto es posible gracias a la resignificación del *peso simbólico*⁴⁹ de la tecnología (peso tecnosimbólico) para aquellos que se encuentran en contacto directo con los procesos que van desde la manufactura hasta los de negociación.

Por otra parte, la cátedra de la Organización Mundial de Comercio-FLACSO ha declarado que las cadenas globales de valor son resultado de la *segunda desagregación*⁵⁰ de la economía internacional, proceso histórico en donde el libre comercio dio paso al desarrollo de una plataforma tecnológica que funge como punto de convergencia entre diversas ciencias y disciplinas. Esto, con obvias repercusiones comerciales,⁵¹ exige mayor integración e interdependencia en términos de producción y distribución.

Esta plataforma tecnológica constituye una ventaja para aquellos actores con mayor poder -empresas matrices-, ya que ello les permite fragmentar el proceso productivo, y de esta manera, reubicar otros nodos⁵² de su cadena valor en distintos puntos geográficos, con el objetivo de disminuir costos. Por tal razón, resulta impreciso identificar a cada país por su especialización industrial, pues aun cuando quedan referentes dentro del bagaje cultural de la población, cada uno es depositario de algún eslabón productivo de la cadena global de valor. No obstante, es posible señalar la especialización tecnológica de cada país o región. Sin

⁴⁹ El peso simbólico se define como el conjunto de “representaciones de los trabajadores sobre los procesos de innovación y asimilación tecnológicas”. Para mayor referencia, véase María Josefa Santos y María Teresa Márquez; “Trayectorias y estilos tecnológicos. Propuestas para una antropología de la tecnología”, en Bueno, Carmen y Santos, María Josefa (Coords.); *Nuevas tecnologías y cultura*. Anthropos, México, 2003, pág.81.

⁵⁰ Eduardo Bianchi y Carolina Szpak; *Cadenas globales de producción: implicancias para el comercio internacional y su gobernanza*. FLACSO, Argentina, 2013, pág. 7.

⁵¹ Se dice que las CGV comienzan a alterar los métodos de medición dentro de la balanza comercial de cada país, pues la relación entre importaciones y exportaciones muestra valores sumamente cambiantes debido al flujo transfronterizo de los bienes y servicios. *Ibidem*.

⁵² En la CGV de la industria aeronáutica, dichos nodos corresponden a tres niveles productivos: ensamblaje, diseño de sistemas de aviónica y manufactura de aeropartes y componentes eléctricos. En algunos casos también se considera el mantenimiento y reparación de aeronaves (MRO, por sus siglas en inglés).

embargo, es un nuevo proceso de gobernanza que podría brindar la oportunidad para aquellos países emergentes hacia un nuevo tipo de industrialización, diferente al de sustitución de importaciones o al orientado a la exportación.

1.3. Estructura multidimensional del cambio tecnológico en la industria aeronáutica

En el marco de la gobernanza global y de las cadenas globales de valor, el propósito de este apartado es demostrar que el cambio tecnológico, entendido como la modificación del entorno de un grupo social a partir de la incorporación de soluciones,⁵³ constituye un proceso permanente en un sector industrial sumamente cambiante, como lo es el caso de la aeronáutica. Asimismo, también se pretende explicar el impacto potencial que representa el cambio tecnológico para la realidad internacional.

Para esto es necesario revisar y sistematizar las categorías de análisis correspondientes a la *trayectoria tecnológica* y al *sistema nacional de innovación*, conceptos que condicionan el desarrollo de las capacidades tecnológicas de cada país. Para este fin, se recurre a una explicación que permite vislumbrar la evolución conceptual de tales categorías, pues resulta imperativo entender su origen en el marco de la perspectiva latinoamericana.

1.3.1. La trayectoria tecnológica: Del paradigma científico al paradigma tecnológico y tecnoeconómico

Desde el punto de vista exclusivamente tecnológico, alcanzar la máxima funcionalidad de alguna mejora técnica implica integrar e implementar procesos de aprendizaje que se desarrollan de manera gradual en un contexto determinado. Un proceso de aprendizaje está encaminado a encontrar una solución cada vez más adecuada a ciertas fallas, una solución que varía según las condiciones en las que se desenvuelve, o bien, según los actores que la formulan e implementan.

⁵³ Cfr. Arteaga, Arnulfo; *et. al.*; "Dimensiones sociales del cambio tecnológico", Nueva Antropología. Revista de Ciencias Sociales. UAM, México, vol. 14, núm. 47, 1995, 9-22 pp.

Thomas Kuhn señalaba que “todos los descubrimientos [...] causaron o contribuyeron a un cambio de paradigma. Además, los cambios en que se vieron implicados estos descubrimientos fueron destructivos a la vez que constructivos”.⁵⁴ Entonces, a partir de este precepto se puede constatar que el aprendizaje, es decir, cada *descubrimiento*, juega un papel fundamental en la definición del rumbo de cualquier acumulación de mejoras técnicas, al cual se le denomina *trayectoria tecnológica*. Ésta se desarrolla en el área de influencia de un *paradigma*, el cual, según Kuhn, es “una realización científica universalmente reconocida que, durante cierto tiempo, proporciona modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica”.⁵⁵

No obstante, Giovanni Dosi dio cuenta de las limitaciones de la visión kuhniana, para lo cual propuso una nueva definición de *trayectoria tecnológica*: “Es el proceso tecnológico a lo largo de las transacciones económicas, tecnológicas e institucionales definidas por el paradigma”.⁵⁶ Es decir, que una trayectoria tecnológica es la integración de mejoras técnicas cuyo conjunto influye en la gobernanza nacional y global.

Dosi retomó los trabajos de Thomas Kuhn, así como de los autores evolucionistas Richard Nelson y Sidney Winter, con el objetivo de extender su poder explicativo en el marco del *paradigma*, el cual también incluye aspectos organizacionales y sociológicos.⁵⁷ Dentro de su propuesta metodológica, también figuraba la existencia de un conjunto de mejoras continuas dentro de la *trayectoria tecnológica*, las cuales podían suscitar un aparente cambio impredecible y discontinuo hacia la emergencia

⁵⁴ Thomas Samuel Kuhn; “Las crisis y el surgimiento de las teorías científica”, *La estructura de las revoluciones científicas*. FCE, 3ª edición, México, 2006, pág. 149.

⁵⁵ Jaime Aboites y Gabriela Dutrénit; *Innovación, aprendizaje y creación de capacidades tecnológicas*. UAM, México, 2003, pág. 476.

⁵⁶ Giovanni Dosi, *et. al.*; “The innovative process: International and intersectorial differences and determinants”, *The Economics of Technical Change and International Trade*. Harvester Wheatsheaf, Londres, 1990, pág. 84.

⁵⁷ Dosi rescata los elementos analíticos de las obras de Richard Nelson y Sidney Winter respecto al *tecnacionalismo*, pues señalaban que los actores públicos y privados ponían en práctica diversos métodos para la producción tecnológica y, de esta manera, apropiarse de los beneficios de sus innovaciones.

de un nuevo paradigma. En este sentido, la reinterpretación de la noción del *paradigma* de Dosi versa sobre la siguiente definición:

“Un paradigma científico o técnico define las necesidades que deben ser satisfechas, los principios científicos y las tecnologías materiales que han de ser utilizadas. En otros términos, un paradigma tecnológico es un modelo de solución de problemas, basado en el conocimiento y las tecnologías materiales disponibles”.⁵⁸

No obstante, casi una década después, el concepto de *paradigma tecnológico* fue reformulado para incluir el aspecto económico; dicha propuesta fue instituida por la economista evolucionista Carlota Pérez:

“Un paradigma tecnoeconómico es un modelo de óptima práctica constituido por un conjunto de principios tecnológicos y organizativos, genéricos y ubicuos, el cual representa la forma más efectiva de aplicar la revolución tecnológica y de usarla para modernizar y rejuvenecer el resto de la economía.”⁵⁹

Evidentemente, Pérez retoma la perspectiva kuhniana de Dosi al reconocer aspectos tecnológicos. Pero al mismo tiempo considera que la tecnología no es una variable dependiente del devenir humano, que la realidad de un grupo social no puede limitarse a cuestiones meramente tecnológicas. Un paradigma se constituye por un amplio espectro de factores, mismos que pueden ser científicos y técnicos, pero también económicos, organizacionales, institucionales, políticos, culturales y sociales.

Es por ello, que Pérez plantea algo más que un paradigma tecnológico, es decir, plantea un *metaparadigma*,⁶⁰ el cual contempla la constante transformación de los sistemas productivos, sociales e institucionales a nivel global, en función del conjunto de mejoras técnicas de largo alcance en un determinado tipo de tecnología (v.gr. el paradigma de la mecanización). Se trata de una propuesta de gran utilidad

⁵⁸ Giovanni Dosi, *op. cit. Idem*.

⁵⁹ Carlota Pérez; “Cinco paradigmas tecnoeconómicos; cinco cambios en el sentido común organizativo”, *Revoluciones tecnológicas y capital financiero: La dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza*. Siglo XXI, México, 2004, pág. 41.

⁶⁰ *Ibidem*, pág. 32.

para las Relaciones Internacionales en aras de complementar el análisis *microtecnológico*⁶¹ desarrollado por Dosi, cuyo sentido se encontraba orientado solamente a una subdivisión técnica (v.gr el paradigma del motor de combustión interna), pues la complementariedad entre ambos da cabida al enfoque inter y multidisciplinario. Es decir, que el paradigma de la mecanización englobaba todas las implicaciones sociales, políticas, culturales, comerciales y de infraestructura de un motor de combustión interna.

De esta manera, la trayectoria tecnológica se enmarca en un “paradigma tecnoeconómico”, en donde las condiciones políticas y económicas, las relaciones de poder, las tendencias culturales y los desafíos tecnológicos son establecidos por el paradigma, en función de lo que identifica como prioritario para influir en la capacidad de respuesta de los actores involucrados.⁶²

Cabe mencionar que las trayectorias tecnológicas deben ser analizadas por sectores industriales (automotriz y aeronáutico, por ejemplo), pues el objetivo es detectar áreas de oportunidad en las *rutinas laborales y habilidades técnicas y administrativas* que tienen lugar en los centros de trabajo. Bien ya señala Santos que para analizar una trayectoria tecnológica es necesario recurrir a la historia de la formación del caso en cuestión, además de considerar el *peso tecnosimbólico*.

Bajo esta lógica, el sector aeronáutico corresponde a un paradigma tecnológico de manufactura avanzada, cuya trayectoria tecnológica –orientada hacia la seguridad aérea- alberga un sinnúmero de soluciones y alternativas técnicas reguladas por estrictas normas de estandarización internacional, impuestas por grandes grupos de poder que generan, a su vez, la *ideología de la certificación*. Los procesos de certificación en las cadenas globales de valor fungen como principales limitantes de

⁶¹ Para mayor referencia, véase Giovanni Dosi y Richard R. Nelson; “The evolution of technologies: An assessment of the state-of-the-art”, *Eurasian Business Review*, vol. 1, núm. 3, 2013, así como Giovanni Dosi; “Technological Paradigms and Technological Trajectories”, *Research Policy*, vol. 11, núm. 3, 1982.

⁶² Cabe aclarar que los actores involucrados son aquellos que están inmersos en la transformación directa de cualquier mejora en los artefactos tecnológicos. No deben ser confundidos como miembros del Sistema Nacional de Innovación, puesto que esto significaría catalogarlos como actores intermediarios.

la innovación en países con menor adelanto tecnológico, lo cual constituye un elemento determinante de la gobernanza en la industria aeronáutica.

Por otra parte, en el plano internacional de la trayectoria tecnológica se gestan diversas “atmósferas” que condicionan el nivel de aprendizaje y la acumulación de conocimientos en el desarrollo tecnológico. El ámbito de acción de cada atmósfera, la cual está constituida en cada uno de los países que llevan a cabo actividades industriales de un sector determinado, posee una dimensión nacional y puede favorecer o rezagar el proceso de innovación tecnológica. Esta *atmósfera* es conocida formalmente como el *sistema nacional de innovación*, la cual se explicará a continuación.

1.3.2. El Sistema Nacional de Innovación y su importancia en la realidad internacional

De acuerdo con la visión latinoamericana,⁶³ el *sistema nacional de innovación* fue un concepto formulado en la década de los ochenta desde los países con mayor adelanto tecnológico pues se trata de un término *a posteriori*, es decir, creado después de que estos países ya habían desarrollado un gran nivel tecnológico y, por ende, a través de un exhaustivo estudio empírico.

Sin embargo, la perspectiva de los países en desarrollo acuñó un concepto *a priori* (antes de desarrollar un gran nivel tecnológico) con el objetivo de crear una herramienta estratégica de análisis para la reformulación de políticas públicas más poderosas en función de las necesidades de innovación tecnológica que surgían en un contexto de crisis económica. Su propósito principal era permanecer a la vanguardia del desarrollo tecnológico mundial a través de las ventajas competitivas construidas a partir de capacidades tecnológicas específicas y ya consolidadas desde tiempo atrás. Desde entonces, el concepto de SNI ha evolucionado.

⁶³ Crítica realizada en el marco de la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI) por Rodrigo Arocena y Judith Sutz. Para mayor referencia, véase Rodrigo Arocena y Judith Sutz; “Mirando los Sistemas Nacionales de Innovación desde el Sur”, [en línea], *Sistemas Nacionales de Innovación, Dinámica Industrial y Políticas de Innovación*, Organización de Estados Iberoamericanos, Danish Research Unit on Industrial Dynamics (DRUID), Dinamarca, 1999. Dirección URL: <http://www.oei.es/salactsi/sutzarocena.htm>, [Consulta: 2 de abril de 2016].

El primero en abordar esta problemática y en proponer una definición fue Bengt-Åke Lundvall en 1985. Se basó, principalmente, en la noción de *sistema* establecida en los estudios realizados por Kenneth Boulding,⁶⁴ para caracterizar al concepto desde un punto de vista no solamente económico sino también social:

“El sistema nacional de innovación es el conjunto de elementos y relaciones dentro de las fronteras nacionales que interactúan y participan en la producción, difusión y uso de conocimiento rentable. [...]Es un sistema social, pues su actividad central es el aprendizaje, y el aprendizaje es una actividad social que se desarrolla entre individuos. [...]Es un sistema dinámico, pues se caracteriza por la retroalimentación y la reproducción”.⁶⁵

Ante el afán de sustentar y defender la dimensión estatal del SNI, Lundvall distingue dos factores para entenderla, el *cultural* y el *político*,⁶⁶ pues es a partir de éstos que se pueden delimitar Estados. Así, pues, desde la mirada internacionalista parecería normal considerar como transnacionales los procesos de innovación ante el fenómeno de la globalización. Sin embargo, es necesario mantener la visión a nivel Estado, pues el factor político permite explicar la seguridad jurídica e institucional nacional que debe coexistir junto con el desarrollo tecnológico en un ambiente de incertidumbre. Esto facilita e intensifica las relaciones de desarrollo tecnológico entre los actores al interior del Estado, con diferentes implicaciones culturales que determinan el rumbo de la innovación.

A la par de la caracterización del concepto, Lundvall identificó que la comprensión del SNI podía llevarse a cabo desde un enfoque estrecho,⁶⁷ al considerar que era

⁶⁴ Kenneth Boulding fue un controvertido economista británico, pionero de la economía evolutiva. En el marco de la Segunda Guerra Mundial, señalaba que el desarrollo de la economía tenía lugar de manera simultánea con la evolución física y biológica, lo cual representaba una especie de *meta evolución*. Se trataba de un proceso sistémico más amplio de la sociedad, pues se integraba dentro de un entorno de instituciones políticas y sociales. Al respecto existe una interesante remembranza sobre él: Carpintero, Óscar; “Kenneth E. Boulding: Más allá de la economía” [en línea], *Revista de Economía Crítica*, no. 14, 2012, Departamento de Economía Aplicada, Universidad de Valladolid. Dirección URL: <http://www.revistaeconomicacritica.org/sites/default/files/revistas/n14/Clasicos1-Oscar-Carpintero.pdf>, [Consulta: 5 de abril de 2016].

⁶⁵ Bengt-Åke Lundvall; “National Systems of Innovation”, *National Systems of Innovation: Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Anthem Press, Londres, 2010, pág. 2.

⁶⁶ Para mayor referencia, véase Bengt-Åke Lundvall; “National States and National Systems”, *op. cit.*, pág.3.

⁶⁷ En el sentido estrecho y restringido, Carlota Pérez señala que el SNI “coincide esencialmente con lo que en

integrado solamente por organizaciones e instituciones involucradas en actividades heurísticas (para el incremento del conocimiento), tales como centros de I+D, institutos tecnológicos y universidades”;⁶⁸ es decir, que el tema tecnológico había sido abordado de manera general y monopolizado por una sola institución gubernamental, o bien, que podía ser abordado desde un enfoque amplio en donde se incluyeran “todos los elementos y aspectos de la estructura económica e institucional -estatal- que afectasen el aprendizaje y la heurística”.⁶⁹

Sin embargo, desde otro punto de vista, Christopher Freeman formuló una segunda propuesta aplicable al caso de los países en desarrollo, en la cual define al SNI como:

“La red de instituciones de los sectores públicos y privados cuyas actividades e interacciones inician, importan, modifican y difunden las nuevas tecnologías”.⁷⁰

Resulta evidente que la visión de Freeman se conjuga en la visión amplia del SNI, pues su definición alberga la interacción entre economía, sociedad y tecnología formulada a partir del análisis de una situación particular del caso japonés en la conformación de su propio sistema nacional de innovación⁷¹ En esta visión, el SNI se caracteriza además por ser intermitente, es decir, no siempre presente ni de

América Latina hemos denominado Sistema Científico Tecnológico, colocado en muchos casos bajo un Ministro de Ciencia y Tecnología”. Para mayor referencia, véase Carlota Pérez; “Nueva concepción de la tecnología y Sistema Nacional de Innovación”, *Cuadernos de CENDES*. Año 13, núm. 31, enero-abril, Caracas, 1996.

⁶⁸ *Ibidem*, pág. 13.

⁶⁹ *Idem*.

⁷⁰ Christopher Freeman; *Technology policy and economic performance: Lessons from Japan*. Pinter, Londres, 1987, pág. 1.

⁷¹ Ante la falta de competencia al interior del país nipón, las grandes empresas decidieron internalizar sus actividades para dar pie a la innovación desde el núcleo social de sus trabajadores. En este contexto, Freeman identificó que el *modus operandi* que permitió asimilar la tecnología externa para tornarse en una ventaja competitiva, se basaba en un nuevo modelo de gobernanza de la CGV, el cual, a través de las mejoras de los propios trabajadores, se fortaleció directamente al SNI. No obstante, es un fenómeno que no se reproduce en todos los países aprendices o con una industria aeroespacial en desarrollo, por lo que es necesario atender las circunstancias específicas de cada país. Luc Soete y Bart Verspagen; “Systems of Innovation” [en línea], Centro Maastricht de Investigación Económica y Social en Innovación y Tecnología de la Universidad de las Naciones Unidas, Países Bajos, 2009, pág. 9. Dirección URL: <http://www.merit.unu.edu/publications/wppdf/2009/wp2009-062.pdf>, [Consulta: 5 de abril de 2016].

manera constante al interior de los países; e intermediario, ya que integra y vincula la participación social en el desarrollo tecnológico.

En este sentido, la importancia de entender al SNI desde el enfoque estrecho y amplio, radica, en primer lugar, en analizar cómo es que los procesos de aprendizaje domésticos contribuyen al proceso de innovación -nacional y global-; y en segundo lugar, en demostrar los cambios que tienen las capacidades tecnológicas al cruzar las fronteras nacionales.

Por otra parte, como latinoamericanos inmersos en proceso incipiente de industrialización, habría que reflexionar sobre la noción sistémica del concepto. Si se considera que partimos de una perspectiva *ex ante*, es porque se pretende diseñar una estrategia para lograr la máxima eficiencia tecnológica, y de alguna manera, insertarse en la cadena global de valor como un actor de igual importancia que los líderes en la industria, todo con el objetivo de alcanzar el desarrollo equitativo. Por esa razón, es menester no caer en confusión y asimilar lo que *el sistema* realmente significa. Pérez da cuenta de ello al referir que el sistema nacional de innovación:

“[...] Es mucho más como un sistema ecológico, donde lo importante son las interrelaciones en un conjunto armónico de múltiples participantes. [...] quizás sería preferible -en lugar de hablar de “sistema”- referirse a una “red” nacional de innovación. El objetivo sería mejorar, fortalecer y dinamizar los vínculos en la red existente”.⁷²

Esto es, que se enfoca más en los vínculos donde prima la sinergia entre los actores. Sin duda, es una afirmación contundente y aplicable a los países en desarrollo debido la falta de un objetivo a largo plazo y al carecer, en la mayoría de los casos, de la capacidad de respuesta y adaptación frente a nuevos desafíos tecnológicos. Ante la inexistencia de un consenso social sobre el accionar de los actores directamente involucrados en el cambio técnico, el SNI se desarrolla tecnológicamente sin un rumbo que refleje sus intereses, necesidades y propuestas.

⁷² Carlota Pérez; *op. cit.*, pág. 18.

Sin embargo, se presenta la oportunidad para dar lugar a una nueva gobernanza, capaz de escuchar las voces de aquellos en donde recae el desarrollo tecnológico. Finalmente, al ser una categoría analítica de carácter nacional, se trata de un punto de referencia que ayuda a entender el nuevo papel del Estado,⁷³ pues la existencia de diversos escenarios relacionados con el SNI, constituye una variable determinante de la gobernanza global y, por consiguiente, de una reconfiguración de la realidad internacional. Ello significa que incluso el hecho de no contar con un “ambiente territorial [físico] para la innovatividad [sic]”, tal como Pérez lo afirma, también genera cambios importantes a nivel global, fenómeno que se analiza con detenimiento en los siguientes capítulos.

Si bien el sistema nacional de innovación de algunos países presenta ciertas lagunas en cuanto a su funcionamiento sistémico, en él ha surgido un cuerpo teórico y empírico que replantea la concepción global de la noción de *aprendizaje*, la cual había sido entendida en términos de asimilación tecnológica exclusivamente como un bien sujeto a transacciones comerciales.

Sin embargo, fue a partir del establecimiento de políticas de libre mercado a finales de la década de los setenta que se comenzó a conformar un nutrido cuerpo teórico de las *capacidades tecnológicas*,⁷⁴ tanto desde los países en desarrollo como desde los desarrollados, para analizar la dinámica del desarrollo tecnológico industrial a nivel nacional e internacional. Fue una construcción teórico-conceptual *ex post*⁷⁵

⁷³ Mucho se ha discutido sobre la nueva función del Estado, sin embargo, dentro del marco de la CEPAL, se ha consensuado que la figura estatal es fundamental para la regulación del mercado, la coordinación de las políticas públicas tecnológicas y la garantía del equilibrio social. Para mayor referencia, véase Torres, Miguel; *Fernando Fajnzylber. Una visión renovadora del desarrollo en América Latina*. CEPAL, Chile, 2006, pág. 29.

⁷⁴ La formalización del marco analítico fue posible a partir de dos proyectos concernientes a países en desarrollo. El primero de ellos fue el Programa BID/CEPAL/PNUD de Investigaciones en Temas de Ciencia y Tecnología en América Latina, el cual fue coordinado por Jorge Katz. El segundo fue el Programa sobre la Adquisición de Capacidades Tecnológicas, que fue dirigido por Carl Dahlman y Larry Westphal, financiado por el Banco Mundial. Para mayor referencia, véase Katz, Jorge; *Desarrollo y crisis de la capacidad tecnológica latinoamericana*. BID-CEPAL-CIID-PNUD, Buenos Aires, 1986; así como Stewart, Frances; *The Economics of New Technology in Developing Countries*. Frances Pinter, Londres, 1982, 105-107 pp.

⁷⁵ La literatura actual sobre capacidades tecnológicas fue mayormente acordada después de revisar y verificar pruebas empíricas. Para mayor referencia, véase Alexandre O. Vera-Cruz; “Apertura económica, exportaciones y procesos de aprendizaje”, en Aboites, Jaime y Dutrénit, Gabriela; *op. cit.*, pág. 274.

que evidenció la necesidad de crear valor agregado ante el nuevo escenario internacional que se gestaba en los años ochenta.

1.3.3. Las capacidades tecnológicas

De acuerdo con Linsu Kim, en la definición más completa y actual sobre las *capacidades tecnológicas*, éstas se definen como:

“La habilidad de hacer un uso efectivo del conocimiento tecnológico para asimilar, usar, adaptar y cambiar las tecnologías existentes. También es la capacidad para crear nuevas tecnologías y para desarrollar nuevos productos y procesos en respuesta a los cambios del medio ambiente económico cambiante”.⁷⁶

A este respecto, cabe rescatar de dicha definición la relación entre *el conocimiento y el uso de este conocimiento*,⁷⁷ así como, la existencia de un amplio margen de acción para aplicar este conocimiento en las esferas política, económica y social. Sin embargo, también resulta imperativo destacar la condición transversal de incertidumbre en el proceso de transformación de dichos procesos de aprendizaje, una característica intrínseca de la lógica sistémica del entorno en el cual se desarrolla este aprendizaje.

Desde luego, cabe aclarar que el análisis efectuado desde la perspectiva *learner* no aborda el momento inicial de la creación de dichas habilidades tecnológicas, como lo supone cualquier país desarrollado. Al contrario, toma como punto de partida algún momento dentro de ese proceso de asimilación para explicar cómo es que aprenden de la tecnología de un país más avanzado tecnológicamente. En este sentido, resulta interesante la nueva caracterización que se les asigna a los países en desarrollo, al ubicarlos dentro de un proceso gradual de adquisición de conocimientos y ya no de atraso o codependencia tecnológica permanente. Aunado

⁷⁶ Linsu Kim; *Imitation to Innovation: The Dynamics of Korea's Technological Learning*. Harvard Business School Press, Massachusetts, 1997, pág. 4.

⁷⁷ Esta relación versa sobre la aplicación práctica del conocimiento. Véase Gabriela Dutrénit, *et. al.*; “Conceptualización del proceso de acumulación de capacidades tecnológicas”, *Acumulación de capacidades tecnológicas en subsidiarias de empresas globales en México: el caso de la industria maquiladora de exportación*. Porrúa, México, 2006, pág. 48.

a ello, al hablar de capacidades tecnológicas, es preciso también hablar de su propia taxonomía o caracterización, que en conjunto y de manera integral, constituyen una estrategia tecnológica para el desarrollo industrial de cualquier sector orientado a la manufactura, en este caso, la industria aeronáutica, porque permite tener un punto de referencia básico de su avance en innovación tecnológica.

1.3.3.1. La taxonomía de las capacidades tecnológicas

En este sentido, Martin Bell y Keith Pavitt desarrollaron la taxonomía de dichas *capacidades tecnológicas* de acuerdo con la función técnica de cada empresa, con el objetivo de demostrar el grado de influencia en la innovación nacional en países en desarrollo. Dicho análisis se relaciona estrechamente con la dinámica del sistema nacional de innovación, lo cual podría contribuir a la consecución de la *finalidad y adaptabilidad* de un sistema como tal.⁷⁸

Por esta razón, la presente taxonomía resulta de gran utilidad para identificar los niveles de conocimiento existentes dentro de un sector y, de esta manera, poder determinar el grado de acumulación de este conocimiento reflejado en el dominio de actividades tecnológicas, constituyendo así diversos niveles del poder social en el proceso de gobernanza global aeronáutica.

Para analizar esta taxonomía se consideraron los trabajos diseñados para las industrias maquiladoras de exportación (IME). Uno de estos trabajos fue el de Bell y Pavitt, quienes organizaron la matriz en torno a *cuatro niveles de acumulación y seis funciones técnicas*⁷⁹ (véase tabla 3).

⁷⁸ Si bien existe el objetivo primordial de acumular conocimiento para lograr una ventaja competitiva frente a otros actores, aún no se ha identificado el rol de cada uno de ellos. En la industria aeronáutica existe una tendencia a diversificar la producción, por lo que resulta casi imposible determinar el interés de innovación de cada empresa, y por ende, de cada país.

⁷⁹ Martin Bell y Keith Pavitt; "The Development of Technological Capabilities", en Irfan Haque; *Trade, Technology and International Competitiveness*. Banco Mundial, Washington, 1995, 69-101 pp.

Tabla 3. Matriz de capacidades tecnológicas: acumulación y función técnica

Innovativas		Funciones técnicas						
		Inversión			Producción		Soporte	
Operativas	Toma de decisiones	Preparación y ejecución del proyecto	Centradas en procesos y organización de la producción	Centradas en el producto	Vinculación externa	Vinculación interna	Modificación del equipo	
	Estimación de desembolsos	Planeación y preparación del protocolo; acondicionamiento del terreno	Especificaciones del proceso, ensamble simple, mejoras en estaciones de trabajo	Réplica de especificaciones del producto, control de calidad	Relación con proveedores, clientes e instituciones a través de la casa matriz	Relación con la matriz para recibir autorizaciones	Mantenimiento rutinario sin programación, réplica de especificaciones de planta	
	Monitoreo y control de estudios de factibilidad, selección de tecnología, proveedores, programación de actividades	Estudios de factibilidad, búsqueda de equipo estándar e ingeniería básica	Adaptaciones menores al proceso de ensamble	Adaptaciones según las necesidades del cliente, mejoras incrementales en la calidad	Relación con clientes, búsqueda y negociación con proveedores	Establecimiento de grupos de trabajo	Copia y adaptaciones menores, reconstrucción de equipo pequeño sin asistencia técnica	
	Búsqueda, evaluación y selección de tecnología, negociación con proveedores y administración del proyecto completo	Ingeniería de detalle, adquisición de equipo, estudios de medio ambiente, gestión de proyectos, capacitación y reclutamiento	Rediseño de partes del ensamble o manufactura, validación de procesos, manufactura	Diseño incremental del producto	Transferencia de tecnología, atracción de proveedores, proyectos conjuntos con universidades para formación profesional	Delegación por parte de la matriz en la toma de decisiones sobre diseños, clientes, proveedores e instituciones	Adaptaciones a grandes equipos, ingeniería inversa, construcción de equipo de prueba, mantenimiento preventivo	
Innovativas	Desarrollo de nuevos sistemas de producción y componentes	Diseño de procesos y desarrollo de la I+D	Innovación en procesos y actividades de I+D	Diseño de características básicas de nuevos productos, innovaciones	Vinculación con universidades y centros de I+D para desarrollos tecnológicos	Autonomía en la toma de decisiones respecto a producción, abastecimiento y nuevos productos	Diseño y construcción de equipo, I+D asociada +	
								
								
Nivel de capacidades								

Fuente: Gabriela Dutrénit, et. al.; “Conceptualización del proceso de acumulación de capacidades tecnológicas”, *Acumulación de capacidades tecnológicas en subsidiarias de empresas globales en México: el caso de la industria maquiladora de exportación*. Porrúa, México, 2006, págs. 52-53.

Respecto a los niveles de acumulación, el eslabón más elemental corresponde a las capacidades necesarias para operar la tecnología recibida, los tres restantes están orientados a la innovación, según diversas etapas de desarrollo (básica, intermedia o avanzada).

Por otra parte, las funciones técnicas, que son entendidas como *habilidades* adquiridas, se clasifican a partir de la inversión, producción y soporte; tales funciones derivan en variables como “la toma de decisiones y control, preparación y ejecución de grandes proyectos de inversión; centradas en los procesos y organización de la producción, centradas en el producto; funciones de vinculación externa y producción de bienes de capital”.⁸⁰

De acuerdo con Sanjaya Lall, las funciones técnicas de inversión relacionadas con la toma de decisiones, preparación y ejecución del proyecto radican en la capacidad para identificar áreas de oportunidad en cuanto a infraestructura tecnológica y capital humano. Por otra parte, las funciones técnicas de producción orientadas a los procesos y organización son habilidades para operar (control de calidad, funcionamiento básico y mantenimiento de la maquinaria), absorber o imitar (adaptación y réplica de especificaciones técnicas), así como para perfeccionar (investigación y diseño de características nuevas en procesos y productos) la tecnología transferida de otras empresas o países.

Las funciones técnicas de soporte con respecto a la vinculación interna, externa y modificación del equipo responden a la capacidad de establecer contactos para el intercambio de información y soluciones entre los diferentes actores de la cadena productiva como lo son los gobiernos, proveedores, instituciones de investigación, clientes y casas matrices.⁸¹ Sin duda alguna, el esquema permite identificar los niveles de acumulación, perfeccionamiento y reformulación de las capacidades tecnológicas mediante el desglosamiento de procesos de aprendizaje en cada área

⁸⁰ *Ibidem*, pág. 83.

⁸¹ Para mayor referencia, véase Lall, Sanjaya; “Technological capabilities and industrialization”, *World Development*, vol. 20, núm. 2, 1992, 165-186 pp.

productiva que, de alcanzar un grado importante de complejidad, pueden detonar el desarrollo de tecnologías propias y creación de valor agregado en los países con una industria aeronáutica en desarrollo.

1.3.3.2. La dimensión nacional del estudio de las capacidades tecnológicas

Ahora bien, al aplicar la literatura sobre capacidades tecnológicas en un sector cuya demanda es internacional, así como lo es su cadena productiva, surge la necesidad metodológica de vincularlo con el SNI del país en cuestión. El estudio de caso por empresa significaría perder de vista ciertos factores políticos, institucionales y económicos que influyen en el conglomerado aeronáutico.

Desde la actividad más elemental sobre la toma de decisiones respecto a capacidades operativas básicas hasta la modificación del equipo en términos de desarrollo de I+D, implica que se requiere de un SNI particular dado por el Estado. En otras palabras, la acción estatal es entonces el contrapeso necesario para el control de la dinámica de subcontratación laboral común en las empresas aeronáuticas, pues provee el marco regulatorio para la inversión, los subsidios, seguridad jurídica y propiedad intelectual. Así pues, uno de los objetivos de esta investigación es proporcionar una primera aproximación al tema desde una mirada internacionalista, por lo que, al realizar una proyección general y específica, la figura del Estado es indispensable.

Al considerar la proyección nacional, damos cuenta de la coexistencia de diferentes tipos de capacidades, incentivos e instituciones; elementos condicionados por el eje rector que representa la relación entre tecnología, cultura y poder. Es entonces que las *capacidades tecnológicas* como instrumentos de análisis, constituyen una alternativa para detectar deficiencias y falencias en un sistema nacional de innovación, un punto de partida desde donde podemos comenzar a reformular una estrategia tecnológica adecuada a las necesidades socioeconómicas e industriales de cada país, sin dejar de seguir los estrictos lineamientos productivos que caracterizan a la aeronáutica.

1.4. Reflexiones finales

En términos teórico-metodológicos, la relación entre tecnología y gobernanza denota la existencia de elementos aislados que en conjunto tienen una gran capacidad explicativa. Si desglosáramos cada uno de estos elementos, tendríamos la noción de transformación gradual de la tecnología y el modo de gestión de un Estado, comunidad, organismo internacional o determinado tipo de industria. Estos elementos no solamente permiten definir el *modus operandi* de los principales actores involucrados en una industria de suma complejidad como la aeronáutica, sino también, ayuda a entender el ambiente o “atmósfera” que los condiciona. La gobernanza y el desarrollo de capacidades nacionales, globales y sectoriales están condicionando la concepción cultural de lo tecnológico. Porque puede ser una visión de una cultura de un país hegemónico o de un país no hegemónico.

En este tenor, el cambio de concepción de este “ambiente”, (entendido como el modo de “gobernar”), surgió a partir de una serie de estudios teóricos que fueron aceptados gradualmente en todo el mundo. Dichos estudios fueron exportados desde Reino Unido, un país en donde la idea de gobernabilidad ya se había superado y ahora era rebasada por una nueva dinámica comercial. Se trataba de un país con capacidades políticas, tecnoeconómicas y sociales en condiciones favorables para dar el siguiente paso en cuanto a su propia evolución de Estado, desde un Estado intervencionista en la economía, hacia un Estado de más libre mercado. En los países aprendices, la gobernanza sigue una lógica descriptiva y normativa encaminada a buscar el “orden” del sistema sociopolítico en cuestión, situación que denota ciertas deficiencias y vacíos en diversas áreas. Esto quiere decir, que dichos países se encuentran actualmente en un estado de entendimiento rezagado, pues apenas están en proceso de asimilación sobre la progresiva disminución de papel estatal en el proceso de fabricación de aeronaves, siendo que el Estado ya no es el único responsable del desarrollo de la industria.

Por lo tanto, al comparar las perspectivas anglosajona y latinoamericana, resulta evidente el impacto de cada una de éstas en la trayectoria tecnológica mundial que

finalmente deviene en la incompatibilidad entre ambas visiones. Mientras que en los países anglosajones el desarrollo tecnológico ha alcanzado tal grado de innovación y producción que sólo buscan la explotación de las aplicaciones tecnológicas de sus industrias (como la aeronáutica), en los países aprendices, sólo se pretende ordenar su estructura productiva (conformada por todos los actores que participan en la producción industrial dentro de cada uno de estos países aprendices) para ubicarse al nivel de los países líderes, y así poder competir en la industria aeronáutica mundial.

Es así que las cadenas globales de valor responden a la gobernanza global y comercial como el mecanismo a través del cual los diversos actores líderes de la industria aeronáutica civil logran la explotación de las aplicaciones tecnológicas y rentabilidad económica. Esto pone de manifiesto la existencia de un peso tecnosimbólico fuerte, que proyectan aquellos países que encabezan la industria; así como la distribución del poder determinada por la implementación de barreras para la innovación tecnológica, tales como la codificación y certificación, generadas por el tipo de relación al interior de la CGV.

Por otra parte, la denominada “nueva gobernanza” marca la pauta de una nueva reconfiguración mundial, que aparentemente arrasaría con las relaciones de igualdad en la comunidad internacional. Sin embargo, esta nueva realidad puede representar una oportunidad para incidir en la trayectoria tecnológica global por parte de aquellos actores rezagados en algún eslabón vulnerable de la CGV. Entonces, el tipo de gobernanza dictará los parámetros de conducta que afectan directamente a la trayectoria tecnológica, misma que genera efectos de largo alcance en el paradigma tecnoeconómico.

Claro está que las mejoras técnicas efectuadas al interior de este paradigma surgieron constantemente hasta causar una revolución tecnológica. No obstante, no se debe caer en la falacia metodológica al suponer que el cambio tecnológico devino de manera radical y repentina. Por esta razón y como se dijo previamente, el marco teórico respecto de las capacidades tecnológicas en el marco de la Economía de la

Innovación Abierta, debe renovarse para adaptarse a una realidad internacional sumamente cambiante. También debe responder a las principales inquietudes de la dinámica de las nuevas aplicaciones tecnológicas de la industria aeronáutica civil que, si bien representan un grado de avance tecnológico abismal, la gran mayoría de ellas ya se encuentra definida desde hace algunas décadas atrás por los países líderes, tal y como se explicará más adelante.

CAPÍTULO II. Las capacidades tecnológicas en la industria aeronáutica civil

“Informa a la prensa”,⁸² fue el brevísimo mensaje del telegrama enviado por los hermanos Wright a su padre el 17 de diciembre de 1903, el mismo día del primer triunfo aéreo cerca de Kitty Hawk, al noreste de Carolina del Norte, Estados Unidos. Wilbur Wright realizó un vuelo de 12 segundos a bordo del *Flyer*, el cual voló una pequeña trayectoria a tan sólo 12 metros sobre la superficie terrestre. No obstante, no fue sino hasta 1909 que la reacción de la prensa y del propio gobierno estadounidense dejó de estar cargada de un halo de escepticismo y desinterés, pues fue el año en que se firmó el primer contrato con Wilbur y Orville Wright,⁸³ ex propietarios de un pequeño taller de bicicletas; pero también, fue el año en que uno de sus principales rivales de origen francés, Louis Blériot, realizó el primer vuelo de larga distancia –de 36 minutos- para cruzar el Canal de la Mancha a bordo del *Blériot XI*.⁸⁴

Tres años después del éxito del *Flyer*, Alberto Santos-Dumont, el ingeniero brasileño pionero en dirigibles propulsados,⁸⁵ realizó el primer vuelo motorizado a bordo de un biplano al que llamó *14 bis*.⁸⁶ Posteriormente, dio cuenta de cierta eficiencia tecnológica y económica al desarrollar el primer plano de carga ligera, el

⁸² Joshua Stoff; “Pioneers”, *Picture history of early aviation. 1903-1913*. Dover Publications, Nueva York, 1996, pág. 14.

⁸³ A pesar de ser el primer contrato celebrado con el gobierno, la manufactura aeronáutica en Estados Unidos comenzó un año antes con la primera empresa *The Herring-Curtiss Company*, respaldada por la Asociación de Experimentos Aéreos (AEA, por sus siglas en inglés). El primer prototipo que desarrolló fue el *White Wing*, primer avión en usar alerones y en causar disputas de propiedad intelectual con los hermanos Wright. Para mayor referencia, véase Pattillo, Donald; “Origins and pioneers”, *Pushing the Envelope: The American Aircraft Industry*. The University of Michigan Press, Michigan, 2003, pág. 13.

⁸⁴ *Ibidem*, pág. 49.

⁸⁵ Un dirigible es un objeto tripulado propulsado con capacidad de ser guiado. Si bien sus bases técnicas fueron asentadas por David Schwarz, un mecánico de origen croata, quien marcó un hito en la historia de la aeronáutica fue Santos-Dumont, su creador auténtico, al integrar motores más potentes provenientes de triciclos automóbiles y al reformular el diseño aerodinámico del globo. Para mayor referencia, véase Lázaro, Carlos; *Colosos al aire: Historia de los dirigibles*. Nowtilus, Madrid, 2013 y Danellek, Alan; *The Great Airship of 1897: A Provocative Look at the Most Mysterious Aviation Event in History*. Adventures Unlimited Press, Estados Unidos, 2009.

⁸⁶ Joshua Stoff; *op. cit.*, pág. 21.

Demoiselle,⁸⁷ equipado con un motor de tan sólo 2 cilindros y un estrecho fuselaje hecho a base de bambú. Sin embargo, la austeridad de este prototipo no representó ningún impedimento para ser una de las aeronaves más vendidas durante los años previos a la Primera Guerra Mundial.

Puesto que la motivación inicial de elaborar una *máquina voladora* radicaba en el simple deseo humano de *volar*, tanto los hermanos Wright como el brasileño Santos-Dumont carecían de conocimientos sobre la gestión de una adecuada estructura productiva de aeronaves a gran escala, ni de un modelo de negocios que respaldase el gran invento surgido en un siglo de incipiente agitación internacional. Pero también, desconocían que a sus inventos se les daría posteriormente el uso principal de la destrucción.⁸⁸

Posteriormente, la aviación militar se comenzó a desarrollar hasta convertirse en una industria estratégica para tiempos de guerra. Su desarrollo, aunque estuvo sujeto a la centralización de las decisiones del gobierno, detonó una dinámica con repercusiones en distintos niveles que provocaron un despunte en la producción y en innovaciones tecnológicas de países líderes. Tal fue el caso del *DC-3*, prototipo aéreo equipado con motores alternativos que predominó en la Segunda Guerra Mundial.⁸⁹ Sus procesos tecnológicos y productivos alteraron el *statu quo* técnico y jurídico de aquella época y desencadenaron la primera escalada de innovación masiva. Sus nuevos motores *redujeron el tiempo de vuelo de 25 a 18 horas en un vuelo de Nueva York hacia Los Ángeles*.⁹⁰

No obstante, después de los dos grandes conflictos mundiales, el sector aeronáutico civil adquirió mayor importancia debido a la integración de innovaciones provenientes del sector militar, lo cual provocó la reestructuración industrial que

⁸⁷ *Ibidem*, pág. 37.

⁸⁸ La industria aeronáutica militar ha sido la principal impulsora de las innovaciones tanto en el sector civil, como en el espacial. Sin embargo, la presente investigación no se aboca a su análisis.

⁸⁹ Kathleen Burke; "How the DC-3 Revolutionized Air Travel", [en línea], *Smithsonian Magazine*, abril de 2013. Dirección URL: <http://www.smithsonianmag.com/history/how-the-dc-3-revolutionized-air-travel-5444300/>, [Consulta: 11 de mayo de 2016].

⁹⁰ *Idem*.

poco a poco dio lugar a la nueva gobernanza de las cadenas globales de valor. A pesar de que hoy en día la aeronáutica civil predomina en la industria, tampoco se puede dejar en segundo plano la creciente demanda de aeronaves militares en el contexto actual de conflicto en las regiones de Asia-Pacífico, Medio Oriente y Europa del Este.⁹¹

Empero, no fue sino hasta el 15 de julio de 1954 que se presentó el primer punto de inflexión en términos productivos del sector civil cuando el *B-707* fue lanzado al mercado por la empresa Boeing.⁹² Se trataba un de avión de 160 plazas (asientos), con cuatro motores y con apenas un 5% de producción foránea (no realizada en el país de origen de la empresa),⁹³ lo cual representaba el inicio de las CGV para dicha industria.

Con el referente estadounidense, y en sintonía con un nuevo modo de gestión irregular de la producción aeronáutica, se abrió paso a la desregulación del mercado interno y a la primera fase de liberalización del espacio aéreo con su contraparte europea.⁹⁴ Un hito en términos de relaciones comerciales que afectaría la producción mundial de uno de los segmentos más importantes de la industria: los *jets* regionales;⁹⁵ además de alterar la cadena global de valor respecto al mantenimiento, reparación y revisión de aeronaves (*MRO*, por sus siglas en inglés).

⁹¹ Para el caso exclusivo del país estadounidense, gracias a la aprobación del Presupuesto Bipartidista Especial para 2014, el cual pretendía disminuir el impacto de la austeridad económica por parte del gobierno del presidente Barack Obama, se prevé un resurgimiento del sector de la aeronáutica militar con un plazo de dos años para incrementar sus capacidades científico-tecnológicas. Para mayor referencia, véase s/a; "El Senado aprueba un presupuesto fruto de un acuerdo bipartidista en EE. UU" [en línea]; *El País*, 18 de diciembre de 2013. Dirección URL: http://internacional.elpais.com/internacional/2013/12/18/actualidad/1387403850_479166.html, [Consulta: 11 de mayo de 2016].

⁹² Para mayor referencia, véase Joshua Stoff; "Boeing 707 (nose section)", *Historic Aircraft and Spacecraft in the Cradle of Aviation Museum*. Dover Publications, Nueva York, 2001, pág. 81.

⁹³ Charles Hill; "Producción global, subcontratación y administración de materiales", *Negocios Internacionales. Competencia en el mercado global*. McGraw-Hill, México, 2011, pág. 552.

⁹⁴ La primera fase de liberalización se concretó a través de la *Air Cargo Desregulation* de 1977 y la *Airline Desregulation Act* de 1978. Véase Martín, Pablo; "Cielos abiertos Unión Europea-Estados Unidos: Una nueva era en la aviación mundial", *Revista Económica*, Río de Janeiro, vol. 12, núm. 2, diciembre de 2010, 43-47 pp.

⁹⁵ Los *jets* regionales constituyen un segmento productivo de la industria aeronáutica civil en donde las aeronaves recorren vuelos de corta distancia y su capacidad máxima es de 80 a 100 pasajeros.

De esta manera, la industria aeronáutica se convirtió en un factor de gran relevancia en la reconfiguración del orden internacional del siglo XX, pues fungió como el punto de convergencia tecnológica al demostrar la aplicación de diversas tecnologías en cada uno de sus componentes y procesos. Desde los denominados principios de vuelo (aquellos que explican por qué un avión es capaz de volar) o los nuevos materiales para la producción de aeronaves (como la fibra de carbono y ciertas aleaciones de metal), hasta las estrategias de mercado y el impacto en las balanzas comerciales de cada país.

Pero su papel como variable independiente del devenir de las relaciones internacionales encuentra su razón de ser en la capacidad para trascender fronteras, simplificar las comunicaciones y acelerar las rutas de la globalización, cuyo alcance abarca aspectos más allá de los políticos y económicos. La aeronáutica también ha sido fuente de un sinnúmero de símbolos culturales que han redefinido determinados sectores sociales en diferentes momentos de su historia.

Vale recordar desde las múltiples exhibiciones de vuelo que fomentaron la identidad nacional de americanos, franceses y alemanes, hasta la modificación del avión *B-747* para transportar al transbordador espacial *Discovery*, en donde una simple adaptación técnica impactó al imaginario colectivo en cuanto a la preeminencia de Estados Unidos en las industrias aeronáutica y espacial.

Es por ello que en el primer apartado de este capítulo se explica en qué consiste la industria aeronáutica civil actual, lo cual implica analizar la variedad de definiciones que existen en torno a ella (lo que incluye necesariamente una distinción entre lo que se entiende por aeronáutico y lo que se entiende por aeroespacial y espacial), pues de ahí derivan problemas de entendimiento entre el sector académico y el gubernamental, con serias implicaciones económicas y legales en foros internacionales.

Asimismo, se estudia la estructura de su cadena global de valor, elemento indispensable en este análisis, ya que se suele confundir con la segmentación de la

industria. En tercer lugar, se señalan las certificaciones obligatorias para cada componente, aeronave o proceso relacionado.

Conviene destacar que para llevar a cabo la caracterización de la industria aeronáutica se consideran los estudios de una de las consultoras internacionales más importantes como *Capgemini*; de agencias nacionales que fungen como referencias obligadas tales como la Administración Nacional de lo Aeronáutico y del Espacio (NASA, por sus siglas en inglés), de dependencias gubernamentales especializadas en comercio exterior como Apex-Brasil; así como de organismos internacionales como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), Organización Internacional del Trabajo (OIT), Administración Federal de Aviación (FAA, por sus siglas en inglés), entre otros.

En un segundo apartado se identifican las capacidades básicas necesarias que permiten ser partícipe la cadena de valor mundial. Dicho estudio es de gran utilidad para analizar el desarrollo de tales capacidades dentro del sistema nacional de innovación de países como Brasil, Canadá y China. Considerar al SNI como herramienta de análisis, nos permite destacar el impacto que tiene cierta estructura cultural, económica, institucional y política en la acumulación de habilidades de absorción tecnológica y/o de cambio técnico en los procesos industriales del sector aeronáutico.

En este tenor, también resulta de gran utilidad el último proyecto de investigación auspiciado por la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) sobre esta materia. Es un proyecto coordinado por Mónica Casalet, en donde diversos expertos en el tema permiten el correcto abordaje de la complejidad productiva e institucional a partir de la caracterización de la industria desde la mirada tecnoeconómica de los Estudios Sociales de la Ciencia y Tecnología. Un proyecto de suma relevancia debido a que es el primer trabajo integral sobre la industria aeronáutica civil que se desarrolla desde la mirada de las Ciencias Sociales.

En suma, la importancia de caracterizar de manera general a la industria aeronáutica responde a la necesidad de esclarecer cómo funciona una industria tan compleja que diseña, produce y proporciona mantenimiento a aeronaves capaces de unir grandes distancias y culturas. Por lo tanto, definir la taxonomía de las capacidades tecnológicas resulta indispensable para identificar los requerimientos mínimos para incursionar en esta cadena global de valor, y con ello, establecer pautas sobre la distribución del poder a nivel internacional en términos de desarrollo tecnológico.

2.1. Caracterización general de la industria aeronáutica

La particularidad más importante de la industria aeronáutica mundial radica en su carácter cambiante, multinivel y multisectorial. Cambiante, debido a la constante reformulación de su trayectoria tecnológica; multinivel, a causa del involucramiento de actores con distintas capacidades tecnológicas; y multisectorial, pues su capacidad para generar innovación es suficiente para satisfacer las necesidades de distintos segmentos como el comercial, ejecutivo, civil, militar y espacial; y a su vez es capaz de integrar otras áreas científicas como la nanotecnología, ingeniería en sistemas, física, química, finanzas internacionales, derecho internacional, entre otras.⁹⁶

Cada uno de estos segmentos no se desarrolla de manera aislada y endógena, ya que el *know how*⁹⁷ aplicado en los procesos industriales y comerciales que ahí se llevan a cabo, proviene de alguna fuente externa, llámese empresa, centro de investigación o universidad, lo que supone, además, el desarrollo un proceso de transferencia de tecnología. En este sentido, las redes entre estas fuentes de

⁹⁶ Cfr. Estévez, Beatriz y Escobar, Alberto; "Percepción social de la gobernanza de la ciencia y la tecnología. Expertos versus público", Anuario Electrónico de Estudios en Comunicación Social, [en línea], Universidad de los Andes, vol. 3, núm. 2, julio-diciembre, 2010. Dirección URL: <http://revistas.saber.ula.ve/index.php/Disertaciones/article/view/706/763>, [Consulta: 15 de mayo de 2016].

⁹⁷ Término anglosajón del comercio internacional que se traduce al español como "saber cómo". En esencia, se refiere al conocimiento basado en la experiencia y eficacia, y es ampliamente utilizado por las empresas como bien sujeto a transacciones comerciales (transferencia de tecnología). Para mayor referencia, véase Charan, Ram; *Know How*. Grupo editorial Norma, Bogotá, 2007, 328 pp.

conocimiento son las interacciones que posibilitan la creación, mantenimiento y transformación de cada uno de sus actores, componentes, subsectores y procesos en una CGV.

Asimismo, el intercambio de tecnología no puede ser visto sólo como un bien comercial (de venta de tecnología), sino que este depende del potencial de los procesos ingenieriles de los países con una industria aeronáutica consolidada, así como de las *capacidades tecnológicas y culturales* de los países *learners*, las cuales permiten la absorción, adaptación y asimilación de tecnología. En este tenor, en este apartado se abordan algunas concepciones que definen a la industria de acuerdo con sus propios estándares productivos y tecnológicos.

Estas definiciones van desde el punto de vista del referente internacional por excelencia como Estados Unidos, hasta aquella visión de un país como Brasil, el cual marcó un cambio radical en la gobernanza global aeronáutica. Además, se procede al análisis de la estructura productiva y del funcionamiento en el mercado de esta industria, así como, de las normas de certificación que funcionan como barreras de entrada a la cadena global de valor.

2.1.1. Definición y delimitación: Entre lo *aeronáutico* y lo *aeroespacial*

Definir la industria aeronáutica mediante una acepción universal es en gran medida inconcebible, pues su campo de estudio aún no se encuentra epistemológicamente delimitado. En la literatura oficial e internacional, todavía no se explica con exactitud en qué consiste el conjunto industrial aeronáutico debido a la creciente tendencia de integrar actividades complementarias y de mayor complejidad, lo que da como resultado una diversidad de definiciones muy acotadas, o bien, muy generales.

Es así que el desarrollo de esta industria en cada país o región da cuenta de un desarrollo tecnológico distinto (de acuerdo a sus capacidades tecnológicas) a pesar de ser un mismo sector productivo. Tradicionalmente, el término *aeroespacial*, ha sido utilizado para englobar tanto a la industria aeronáutica (el objeto de estudio de

este trabajo) como la industria espacial⁹⁸, lo cual denota cierto entrelazamiento entre ambas, aunque existan incompatibilidades financieras, productivas y tecnológicas. O peor aún, se percibe a lo *aeronáutico* de la misma forma que lo *aeroespacial*.

A este respecto, la NASA concibe la industria *aeroespacial* como algo indivisible al no existir un término específico para definir a la producción *aeronáutica*. En este sentido, define a la industria aeroespacial como aquella que “abarca seis principales segmentos: las aeronaves y partes; misiles guiados; búsqueda, detección y navegación; transporte aéreo; comunicaciones por satélite; y la investigación espacial”.⁹⁹

Sin embargo, en un estudio ulterior dedicado exclusivamente a explicar el significado de la primera vocal de su acrónimo, se precisa que la industria aeronáutica:

“[...] No se encuentra orientada a las misiones en el sentido de ir a la Luna o a Marte. Se enfoca en entender y aprender sobre los fenómenos físicos como la turbulencia; en el *cómo* hacer algo, por ejemplo, en reducir el ruido de las aspas de un helicóptero. [...] Sus actividades giran en torno a la experimentación, pues éstas se han efectuado en los túneles de viento, en las pruebas de vuelo de prototipos revolucionarios y en la creación de nuevas metodologías”.¹⁰⁰

En este mismo sentido, el sector industrial canadiense comparte dicha interpretación al definir la industria aeronáutica como aquella que también comprende el aspecto espacial. Sin embargo, identifica las diferencias en ambos

⁹⁸ La industria espacial incluye la manufactura de productos (vehículos y componentes), así como los servicios (percepción remota, turismo espacial, etc), cuya aplicación tiene lugar más allá de 118 kilómetros de la atmósfera terrestre. Cfr. s/a; “The Space Economy at a Glance: 2011”, [en línea], OCDE, 2011. Dirección URL: <http://www.oecd-ilibrary.org/sites/9789264111790-en/03/01/index.html;jsessionid=1b1icuviznosq.x-oecd-live-03?contentType=%2fns%2fChapter&itemId=%2fcontent%2fchapter%2f9789264113565-9-en&mimeType=text%2fhtml&containerItemId=%2fcontent%2fbook%2f9789264111790-en&accessItemIds=&option6=imprint&value6=http%3a%2f%2foecd.metastore.ingenta.com%2fcontent%2fimprint%2foecd>, [Consulta: 10 de junio de 2016].

⁹⁹ s/a; “Industry segments key findings”, en *U.S. Aerospace and Aviation Industry: A State-by-State Analysis*, [en línea], NASA, Estados Unidos, 2002, pág. 10. Dirección URL: <http://www.hq.nasa.gov/office/hqlibrary/documents/o51456552.pdf>, [Consulta: 12 de junio de 2016].

¹⁰⁰ Robert Ferguson; “The Other NASA”, *NASA’s First A: Aeronautics from 1958 to 2008*. NASA, Washington D.C., 2013, 1-2 pp.

sectores y cabe mencionar que el desarrollo tecnológico de éstos se encuentra estrictamente diferenciado. En este tenor, señala que:

"La industria aeroespacial combina las industrias aeronáuticas y espaciales. La industria de la aviación [...] comprende la fabricación y reparación de aeronaves (aviones y helicópteros), motores, equipos y piezas de aviones. La industria espacial incluye la fabricación de misiles, vehículos espaciales y de sistemas de lanzamiento, así como los equipos asociados tales como simuladores de vuelo, estaciones de tierra para sistemas de satélites, control de tráfico aéreo y equipos de tierra para aeronaves y aviones".¹⁰¹

En esta misma perspectiva, una de las agencias consultoras más importantes a nivel internacional, como lo es la francesa *Capgemini*, caracteriza a este sector en un sentido también amplio:

"La industria aeroespacial y de defensa (A&D) está compuesta por fabricantes de adquisiciones civiles y militares. El segmento de las adquisiciones de defensa comprende los ingresos obtenidos a partir de la electrónica de defensa y aeroespaciales militares; mientras que el segmento aeroespacial civil incluye los ingresos obtenidos a partir de aviones civiles (pero excluye a las aeronaves militares y elementos relacionados)".¹⁰²

Podemos ver que, si bien esta definición no introduce la categoría de "espacial", si asume como sinónimo o correlativo lo aeroespacial y lo aeronáutico. Esto es una muestra de que ha primado la visión estadounidense en la construcción de la categoría "aeroespacial" como noción hegemónica, debido principalmente al término en idioma inglés *aerospace*, pues no existe una explicación del término *aeronautics* dentro de la acepción industrial.

¹⁰¹ Industrie Canada. "La série des cadres de compétitivité sectorielle. Les aéronefs et les pièces d'aéronefs", [en línea], Sommet de Montréal, Canadá, 2002. Dirección URL: http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/SOMMET_FR/MEDIA/DOCUMENTS/Aerospatiale.pdf, [Consulta: 13 de junio de 2016].

¹⁰² s/a; "Industry Overview" [en línea], *The Changing Face of the Aerospace & Defense Industry: A review of key segments and emerging trends*. Capgemini: consulting technology outsourcing, Francia, 2014, pág. 4. Dirección URL: http://www.de.capgemini.com/resource-file-access/resource/pdf/The_Changing_Face_of_the_Aerospace_Defense_Industry.pdf, [Consulta: 12 de junio de 2016].

A este respecto, cabe mencionar que la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), ha realizado un primer esfuerzo para la integración e interpretación de la industria en la Clasificación Internacional Industrial Uniforme (ISIC, por sus siglas en inglés) de la División Estadística de la Organización de las Naciones Unidas. En dicha clasificación, se concibe a la industria aeronáutica y espacial como un binomio indisoluble en términos exclusivamente de manufactura,¹⁰³ sin considerar a otras actividades complementarias que deberían incluirse en este rubro. Así pues, el *peso tecnosimbólico* estadounidense ha sido proyectado y adoptado en distintos Sistemas Nacionales de Innovación.

No obstante, para efectos de esta investigación, diferenciaremos ambos sectores (el espacial y el aeronáutico), puesto que la lógica de este trabajo se enfoca en analizar los procesos de aprendizaje que dieron lugar a las capacidades tecnológicas en países *learners*, cuyo sistema nacional de innovación aún no genera las condiciones necesarias para pensar en una relación intrínseca significativa entre lo espacial y lo aeronáutico dentro de una sola categoría (aeroespacial), como en Estados Unidos y Canadá.

Luego entonces, en el marco del establecimiento del Grupo Especial del Órgano de Solución de Diferencias en la OMC, resulta interesante la crítica brasileña al *limitado* alcance de la definición propuesta por Canadá:

“Por industria aeronáutica se entiende la rama que produce todos y cada uno de los tipos de aeronaves y los proveedores que suministran a esa rama motores, sistemas, piezas, componentes, materiales y servicios a través de una empresa u otra entidad vinculada dedicada a esa actividad en una Parte, incluidas, entre otras, las corporaciones, empresas mixtas, empresas constituidas con fines especiales y cualesquiera empresas conexas no incluidas en el balance general, así como las subsidiarias y filiales y cualesquiera empresas directamente o indirectamente controladas por dichas empresas o entidades o sujetas a su control directo o indirecto. Esta definición no es aplicable a los helicópteros [aeronaves militares] ni a ningún elemento relacionado con los productos antes citados cuyo costo

¹⁰³ s/a; “Clase: 3530 - Fabricación de aeronaves y naves espaciales”, [en línea], Clasificación Internacional Industrial Uniforme, Rev. 3.1, Naciones Unidas, 2016. Dirección URL: <http://unstats.un.org/unsd/cr/registry/regcs.asp?Cl=2&Co=3530&Lg=3>, [Consulta: 27 de enero de 2016].

individual represente [sic] menos del 2 por ciento del precio normal de venta de la aeronave en que se utilice ese elemento”.¹⁰⁴

De esta manera, de acuerdo con Casalet, el núcleo tecnológico que comparten las dos industrias se centra solamente en la *aerodinámica, propulsión, electrónica, navegación y materiales*,¹⁰⁵ no así en todos los aspectos técnicos, productivos y comerciales. Entonces, al tratarse de una cuestión comercial, la rentabilidad económica es el punto central del desarrollo de la industria aeronáutica que lo diferencia sustancialmente de la industria espacial.

2.1.2. Estructura de la cadena global de valor

Ahora bien, según la clasificación realizada por Óscar F. Contreras y Álvaro Bracamonte Sierra,¹⁰⁶ la industria aeronáutica se divide en tres grandes grupos, los cuales explican, a simple vista, el funcionamiento *piramidal* de la estructura productiva (gráfico 1): *a) manufactura de aeronaves, b) de partes y refacciones, y c) servicios de mantenimiento, reparación y revisión (MRO, por sus siglas en inglés)*.¹⁰⁷

De este modo, se señala que la cadena productiva se conforma por cinco niveles en función del grado de dificultad de cada actividad (véase gráfico 2). El nivel que domina dicha estructura es el que desempeña funciones de manufactura de equipo original (OEM, por sus siglas en inglés).¹⁰⁸ En este nivel se encuentran aquellas empresas con capacidades tecnológicas consolidadas de diseño, producción y

¹⁰⁴ Gobierno del Brasil, propuesta de Memorando de Entendimiento entre el Gobierno del Brasil y el Gobierno del Canadá sobre intercambio de información acerca de la industria aeronáutica, 26 de junio de 1998. [TAB J, Comunicación preliminar del Canadá de 23 de octubre de 1998.]

¹⁰⁵ Mónica Casalet; “Diferencias y similitudes entre la industria aeronáutica y aeroespacial”, *La industria aeroespacial: complejidad productiva e institucional*. FLACSO, México, 2013, pág. 9.

¹⁰⁶ Especialistas en el tema aeroespacial del Colegio de la Frontera Norte y del Colegio de Sonora, respectivamente.

¹⁰⁷ Óscar F. Contreras y Álvaro Bracamonte Sierra; “Capacidades de manufactura global en regiones emergentes. La industria aeroespacial en Sonora”, *La industria aeroespacial: complejidad productiva e institucional, op. cit.*, pág. 200.

¹⁰⁸ En inglés: *Original Equipment Manufacturer*.

ensamblaje completo de aeronaves, es decir, que cuenta con la solvencia financiera para cubrir todas las necesidades de fabricación y mercadeo.

En el segundo nivel,¹⁰⁹ se encuentran las empresas que se encargan del proceso de integración de sistemas de inteligencia aviónica, el cual comprende *software* de navegación y sistemas de propulsión de motores. Además, realiza el sub-ensamblaje de estructuras primarias de los aviones, como lo son los fuselajes y trenes de aterrizaje.

Cabe señalar que el proceso más importante de transferencia de tecnología tiene lugar en el intercambio de conocimientos (*know how*) entre el primer y segundo nivel, lo cual proporciona el mayor campo de oportunidad para las empresas que se encuentran en el segundo nivel, es decir, el ascenso productivo se puede basar en una relación de gobernanza modular, debido a que se llevan a cabo actividades de alta complejidad.

Por otra parte, al tercer nivel corresponden las compañías de proveeduría secundaria y de subcontratación,¹¹⁰ las cuales prestan sus servicios a las empresas del segundo nivel. Este conglomerado también es responsable del diseño de sistemas electrónicos e hidráulicos que funcionan como sistemas base de los que son elaborados en el segundo nivel.

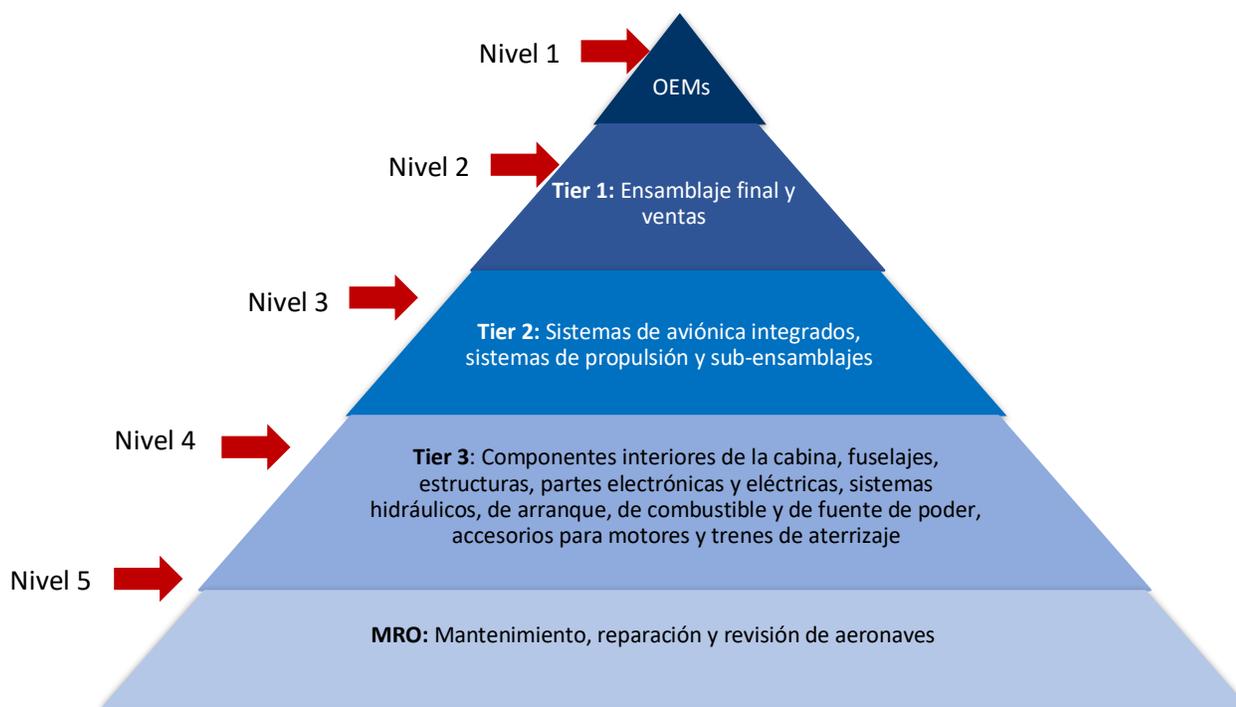
En el cuarto nivel se concentran las empresas de proveeduría de materia prima, es decir, aquellas que corresponden al sector metalmecánico y de materiales de composición (fibra de carbono, plásticos, etc.). Cabe señalar que el desarrollo de capacidades tecnológicas es limitado debido a que siguen patrones establecidos por las empresas del primer grupo, es decir, el proceso de innovación es inexistente. Por último, el quinto nivel corresponde al mantenimiento, reparación, apoyo

¹⁰⁹ En el argot industrial en general, a este nivel junto con el tercero y el cuarto se les denomina Tier 1, Tier 2 y Tier 3 respectivamente.

¹¹⁰ Estas empresas se clasifican en el grupo Tier 2 y 3.

secundario y/o logístico a la producción (MRO, por sus siglas en inglés).¹¹¹

Gráfico 2. Cadena global de valor de la industria aeronáutica



Fuente: Lucie Morissette, *et. al.*, “El desarrollo de ventajas competitivas institucionales”, en Casalet, Mónica; *La industria aeroespacial: complejidad productiva e institucional*. FLACSO, México, 2013, pág. 25.

Evidentemente, la industria depende de la constante actualización del alto valor agregado en cada proceso de innovación tecnológica, por lo que el estancamiento en cualquiera de los aspectos señalados anteriormente puede afectar las entregas de aeronaves, lo que también ocasiona una grave alteración a las finanzas internacionales.

¹¹¹ En inglés: *Maintenance, Repair and Overhaul services*.

2.1.3. Segmentación del mercado

Desde una mirada empresarial, la industria se clasifica en cuatro grupos que engloban distintos tipos de aeronaves (véase gráfico 3). Capgemini señala que tales grupos corresponden a *aviones comerciales de fuselaje ancho, aeronaves regionales, aviones ejecutivos y helicópteros*,¹¹² mismos cuya frontera tecnológica no se encuentra restringida a un solo segmento productivo. Es decir, que las mejoras técnicas en estos grupos de aeronaves están interrelacionadas de manera estrecha.

En primer lugar, la producción de los *aviones comerciales de fuselaje ancho* se encuentra dominada por las dos compañías aeronáuticas más grandes del mundo: Airbus (Europa) y Boeing (Estados Unidos). Cabe mencionar que este segmento, capaz de volar largas distancias, comprende dos categorías, las cuales incluyen a los aviones de más de 120 plazas (*super prime*)¹¹³ y a aquellos con menos de 120 (*niche prime*).¹¹⁴

En el segmento de las *aeronaves regionales*, la manufactura se encuentra liderada por más competidores como Bombardier (Canadá), EMBRAER (Brasil), ATR (Francia-Italia), Mitsubishi (Japón), Sukhoi (Rusia), COMAC (China) e Indian Regional Jets.¹¹⁵ Son aviones que carecen de la posibilidad de recorrer largas distancias, debido principalmente a la constitución de sus motores, los cuales aumentan severamente su temperatura en trayectos largos.

¹¹² s/a; "Market Segment Analysis" [en línea], *The Changing Face of the Aerospace & Defense Industry: A review of key segments and emerging trends*. Capgemini: consulting technology outsourcing, Francia, 2014, pág. 4. Dirección URL: http://www.de.capgemini.com/resource-file-access/resource/pdf/The_Changing_Face_of_the_Aerospace_Defense_Industry.pdf, [Consulta: 15 de agosto de 2016].

¹¹³ Guilherme Castanho Franco Montoro y Marcio Nobre Migon; "Arquitetura e Dinâmica da Cadeia Global de Aeroestruturas", *Cadeia Produtiva Aeronáutica Brasileira: Oportunidades e Desafios*. BNDES, Brasil, 2009, pág. 400.

¹¹⁴ *Ibidem*.

¹¹⁵ Lucie Morissette, et. al., "El desarrollo de ventajas competitivas institucionales", en Casalet, Mónica; *La industria aeroespacial: complejidad productiva e institucional*. FLACSO, México, 2013, pág. 24.

En términos de demanda, se trata del grupo más dinámico de la industria, pues su nicho de mercado ha cambiado constantemente durante los últimos años; la producción de las aeronaves ha evolucionado hasta incluir una capacidad de hasta 149 plazas, cuando tradicionalmente el sector era caracterizado por prototipos de menos de 100 asientos. De esta manera, el avance que ha tenido este segmento permite que pueda competir con el nivel dedicado a los *aviones de fuselaje ancho*.

Con respecto a los *aviones ejecutivos*, cuyo desarrollo está a cargo de grandes empresas como Bombardier, EMBRAER, Dassault Aviation (Francia), Gulfstream Aerospace y Cessna (Estados Unidos),¹¹⁶ éstos son de menor tamaño para uso exclusivo del gobierno o clientes a menor escala. El número máximo de plazas de un avión ejecutivo es de 19, por lo que la rentabilidad de este segmento depende de la eficiencia del combustible con respecto de los motores, que en este caso son utilizados los denominados *turbofan*.¹¹⁷

Por último, compañías como Eurocopter (Francia-Alemania) Bell Helicopter y Sikorsky (Estados Unidos) predominan en el segmento de los helicópteros. La diversificación de este segmento se basa en el tipo de motor, por lo que existen helicópteros con *motor único, bimotor ligero y mediano*.¹¹⁸

¹¹⁶ Aleksander Mrozek, et. al.; "VIP Business Jet", [en línea], *The Institute of Aeronautics and Applied Mechanics*, Warsaw University of Technology, Polonia. Dirección URL: <http://itlims.meil.pw.edu.pl/zsis/pomoce/WTLK/ENG/Sup/SamplePresentation.pdf>, [Consulta: 16 de agosto de 2016].

¹¹⁷ El motor *turbofan* ha demostrado mayor eficiencia pues consume menos combustible y posee mayor potencia y rapidez. Comparte la estructura de una turbina de gas, no obstante, lo que lo distingue de ésta es el ventilador tanto en su parte frontal y trasera, mismos que cubren al motor central. Ello da como resultado un número mayor de aspas para mayor velocidad. Para mayor referencia, véase Johnston, Nick; "The Turbofan Engine", [en línea], Columbus State University, Estados Unidos, 2013. Dirección URL: http://studentwebs.columbusstate.edu/johnston_nicholas1/The%20Turbofan%20Engine.pdf, [Consulta: 16 de agosto de 2016].

¹¹⁸ s/a; "Helicópteros", [en línea], *Informe 2008*, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos, Universidad Politécnica de Madrid, España, 2008. Dirección URL: <https://www.aero.upm.es/departamentos/economia/investiga/informe2008/helicopteros.html>, [Consulta: 17 de agosto de 2016].

Gráfico 3. Segmentación de la industria aeronáutica civil



Fuente: Elaboración propia con base en la categorización anterior.

2.1.4. Regulación y certificación internacional

La industria aeronáutica, como cualquier otra, tiene el objetivo de cumplir con las normas del control de calidad correspondiente. Este sector, al ser de alto desarrollo tecnológico, se caracteriza por contar con un esquema de regulación sumamente amplio y estricto que se rige a través de certificaciones de seguridad internacionales. Cada una de las normatividades verifica los estándares mínimos requeridos para todos los procesos especiales de la industria aeronáutica.

En primer lugar, la norma *ISO 9001:2008*, la cual versa sobre los sistemas de gestión de calidad, es otorgada a aquellas empresas aeronáuticas que cuentan con una estructura consolidada para el eficiente funcionamiento de la totalidad del andamiaje productivo. Por su parte, en términos de gestión ambiental, la norma *ISO14001* analiza el impacto de las actividades de producción que la empresa puede modificar para reducir los daños físicos y químicos al entorno que le rodea.

Ambas normas derivan de la regulación de la Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés).¹¹⁹

Asimismo, dentro de esta misma categoría se encuentra el modelo de gestión de la seguridad y la salud en el trabajo: el *ILO-OHSAS 2001*, el cual se encarga de sentar las bases para la protección de los trabajadores contra enfermedades y accidentes. Su carácter no es *legalmente vinculante*¹²⁰ y emana de la Organización Internacional del Trabajo (OIT).

Ahora bien, de manera más específica, se encuentran las certificaciones emanadas del *programa de acreditación de productos y procesos especiales administrados por el sector aeroespacial*, (NADCAP, por sus siglas en inglés)¹²¹ las cuales a su vez abrevan de los instrumentos jurídicos de la Administración Federal de Aviación¹²² (FAA, por sus siglas en inglés), la Agencia Europea de Seguridad Aérea¹²³ (EASA, por sus siglas en inglés), la Organización de la Aviación Civil Internacional¹²⁴ (OACI) y del proveedor internacional más importante el *Performance Review Institute* (PRI, por sus siglas en inglés).

¹¹⁹ *International Organization for Standardization*. Para mayor referencia véase ISO, “Standards”, [en línea], International Organization for Standardization. Dirección URL: <http://www.iso.org/iso/home/standards.htm>, [Consulta: 30 de agosto de 2016].

¹²⁰ OIT; “Seguridad y salud en el trabajo para hombres y mujeres”, [en línea], Organización Internacional del Trabajo, Ginebra. Dirección URL: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---gender/documents/publication/wcms_106520.pdf, [Consulta: 30 de agosto de 2016].

¹²¹ *National Aerospace and Defense Contractors Accreditation Program*. PRI; “Acerca del Performance Review Institute”, [en línea], Performance Review Institute, Estados Unidos, 2016. Dirección URL: <http://es.pri.org/about-pri/about-pri/>, [Consulta: 30 de agosto de 2016].

¹²² *Federal Aviation Administration*. Para mayor referencia véase s/a; “Aircraft Certification”, [en línea], FAA, Estados Unidos, 2016. Dirección URL: http://www.faa.gov/licenses_certificates/aircraft_certification/, [Consulta: 30 de agosto de 2016].

¹²³ *European Aviation Safety Agency*. Para mayor referencia véase s/a; “Regulations”, [en línea], Unión Europea, 2016. Dirección URL: <https://easa.europa.eu/document-library/regulations>, [Consulta: 12 de septiembre de 2016].

¹²⁴ “La OACI establece normas y regulaciones internacionales necesarias para garantizar la seguridad y eficiencia y regularidad del transporte aéreo y sirve de catalizador para la cooperación en todas las esferas de la aviación civil entre sus 185 Estados contratantes”. Para mayor referencia véase ONU; “Safety”, [en línea], Naciones Unidas. Dirección URL: <http://www.icao.int/safety/Pages/default.aspx>, [Consulta: 10 de septiembre de 2016].

Generalmente, el primer nivel de la industria realiza el proceso de certificación de la totalidad de la aeronave, salvo la certificación de los motores puesto que son fabricados también por el segundo nivel. Esta dinámica demuestra que la principal fuente de *know how* de la tecnología aeronáutica proviene de los procesos dentro del primer grupo (primeros dos niveles), que realiza los grandes ensamblajes, y por lo tanto las OEM's son las entidades que generan las directrices de la industria aeronáutica, sin embargo, la evolución de la cadena productiva da cuenta de una nueva tendencia mundial en donde niveles inferiores comienzan a realizar aportaciones a la industria de acuerdo con su experiencia y sus capacidades básicas, como veremos a continuación.

2.2. Capacidades básicas para la industria aeronáutica en países aprendices

Como se señaló anteriormente, la morfología general de la industria aeronáutica se compone de grandes grupos que funcionan bajo la lógica de una estructura piramidal. Si bien esto denota que el poder se concentra en el nivel de desarrollo tecnológico más avanzado, ha surgido una tendencia a diversificar tales relaciones de poder dentro de la industria, por lo que cada grupo es capaz de desarrollar cierto tipo de actividades que impulsan la creación de habilidades capaces de transformar la cadena productiva global. No obstante, tales actividades varían en cada eslabón de la cadena global de valor.

Con base en la taxonomía establecida en el capítulo primero, se han identificado cuatro capacidades tecnológicas de carácter *operativo básico* que son esenciales para incursionar en los niveles más bajos de desarrollo tecnológico de acuerdo con tres funciones técnicas: inversión, producción y soporte (véase tabla 4).

Sin embargo, cabe destacar que la literatura especializada deja en segundo plano a las capacidades referentes al *know how*, al dar por hecho que es un elemento superado y asimilado en la ejecución de operaciones de la industria aeronáutica de cualquier grado de dificultad. Esto, sin duda, es un aspecto que merece atención para el análisis, ya que el conocimiento desempeña un rol principal en el desarrollo

de capacidades tecnológicas en países *aprendices*, en donde las relaciones sociales se llevan a cabo de manera muy diferente a aquellas de países con mayor adelanto tecnológico.

Es así que las capacidades tecnológicas básicas versan sobre la infraestructura aeronáutica que posee cada país; la formación del capital humano que realiza todas las operaciones de maquinaria, investigación y desarrollo; y la vinculación entre las diferentes instituciones que fomentan y regulan la actividad industrial aeronáutica.

Tabla 4. Capacidades tecnológicas del nivel operativo básico

NIVEL BÁSICO DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS			
FUNCIONES TÉCNICAS	TIPO DE FUNCIÓN	ÁMBITO	OPERACIÓN
	Inversión	Toma de decisiones	Estimación de desembolsos: INVERSIÓN E INCENTIVOS
		Preparación y ejecución del proyecto	Planeación y preparación del protocolo; acondicionamiento del terreno: INFRAESTRUCTURA AERONÁUTICA
	Producción	Centradas en procesos y organización de la producción	Especificaciones del proceso, ensamble simple, mejoras en estaciones de trabajo: CAPITAL HUMANO
		Centradas en el producto	Réplica de especificaciones del producto, control de calidad: CAPITAL HUMANO
	Soporte	Vinculación externa	Relación con proveedores, clientes e instituciones a través de la casa matriz: VINCULACIÓN INSTITUCIONAL
		Vinculación interna	Relación con la matriz para recibir autorizaciones: VINCULACIÓN INSTITUCIONAL
		Modificación del equipo	Mantenimiento rutinario sin programación, réplica de especificaciones de planta: CAPITAL HUMANO

Fuente: Adaptación con base en la clasificación de Gabriela Dutrénit, et. al.; “Conceptualización del proceso de acumulación de capacidades tecnológicas”, *Acumulación de capacidades tecnológicas en subsidiarias de empresas globales en México: el caso de la industria maquiladora de exportación*. Porrúa, México, 2006, págs. 52-53.

2.2.1. Infraestructura aeronáutica básica

La infraestructura aeronáutica se refiere al “conjunto de instalaciones y servicios que, desde la superficie, sirven las necesidades de la actividad aeronáutica, posibilitando la partida y llegada de aeronaves, controlando y aumentando la

seguridad de los vuelos”.¹²⁵ En este sentido, la infraestructura responde a las necesidades esenciales de manufactura y mantenimiento, para lo cual resulta obligatorio contar con diversos tipos de laboratorios y talleres en universidades, empresas y centros de investigación y desarrollo, pues la actividad conjunta es fundamental para satisfacer las exigencias mínimas de la industria aeronáutica. Si bien se habla de infraestructura básica, las instalaciones deben cumplir con ciertos requerimientos como las certificaciones, mismas que se abordaron anteriormente.

Entre dichos laboratorios se pueden encontrar los denominados: de máquinas de medición de coordenadas, de aviónica,¹²⁶ de resistencia de materiales, de máquinas térmicas, de tratamientos químicos, de aerodinámica, de electrónica, de pruebas no destructivas, de mantenimiento virtual y de metalografía.¹²⁷ En cuanto a los talleres, es necesario contar con aquellos diseñados para probar y reparar sistemas de aeronaves, motores, y baterías. También resultan imprescindibles los talleres de motores, líquidos penetrantes, procesos térmicos y soldaduras, así como aquellos diseñados para la construcción de prototipos a escala y de metrología.¹²⁸

Es evidente que cada tipo de taller demanda un grado máximo de especialización, por lo que resulta viable que un país o región opte por ofrecer exclusivamente los servicios en los que está más especializado conforme a sus respectivas instalaciones, a diversos clientes como las aerolíneas. A este respecto, se ha identificado una tendencia en los eslabones más básicos de la cadena global de valor, en donde los países en desarrollo centran sus esfuerzos en el mantenimiento, reparación y revisión de aeronaves ya que el costo de la mano de obra es menor.¹²⁹

¹²⁵ Federico Videla; *Manual de Derecho Aeronáutico*. Víctor de Zabalía, Buenos Aires, 1969, pág. 389.

¹²⁶ Aplicación de la electrónica a los sistemas de control de la aeronave.

¹²⁷ Para mayor referencia, véase s/a; “Laboratorios y talleres”, [en línea], Universidad Aeronáutica en Querétaro. Dirección URL: <http://www.unaq.edu.mx/index.php/nuestra-universidad/campus-franco-mexicano/laboratorios-y-talleres>, [Consulta: 30 de septiembre de 2016].

¹²⁸ *Ibidem*.

¹²⁹ Jesús Navarro señala que “[...]La reducción de costos de operación por la vía de reducir el costo de mantenimiento enviándolo a terceros ubicados en países en desarrollo con menores costos de mano de obra se ha convertido, en tiempos recientes, en una de las estrategias de reducción de costos más populares entre las grandes aerolíneas de los Estados Unidos”. Para mayor información, véase Jesús Navarro; “Retos y oportunidades para los talleres aeronáuticos en México”, [en línea], Academia de Ingeniería México,

En este sentido, aún en los niveles más básicos de la CGV, la apuesta por el desarrollo del capital humano sigue siendo fundamental para la operación de determinado tipo de maquinaria o programación, pues en la industria aeronáutica aún es necesaria la presencia supervisora del personal, tal como explica a continuación.

2.2.2. Capital humano: Ocupaciones básicas, capacidades técnicas y gerenciales

Debido a los estrictos controles de calidad, el margen de error en la industria es casi nulo, por lo que cada proceso debe cumplir con el mínimo requerido para asegurar la producción o mantenimiento de algún elemento de la aeronave en un eslabón específico de la cadena global de valor. En ello radica la importancia del desarrollo de capital humano en la industria aeronáutica. Es importante mencionar que este rubro no ha sido totalmente abordado en los estudios sobre *capacidades tecnológicas* de los ESCT, pues se suele confundir la interrelación entre el título académico u oficio (ocupación) con las aptitudes y habilidades (capacidades) necesarias en un trabajador de esta industria. En este sentido, es necesario analizar a profundidad las ocupaciones básicas (profesiones) y las capacidades técnicas y gerenciales del capital humano.

2.2.2.1. Ocupaciones básicas

De acuerdo con el Consejo Canadiense de la Industria Aeroespacial y Aviación (CCAA, por sus siglas en inglés) y la Clasificación Nacional de Ocupaciones de Canadá (NOC, por sus siglas en inglés),¹³⁰ las capacidades tecnológicas necesarias

diciembre de 2010, pág. 7. Dirección URL: <http://www.ai.org.mx/ai/archivos/ingresos/navarro-parada/Retos%20y%20oportunidades%20para%20los%20Talleres%20Aeronauticos%20en%20Mexico.pdf>, [Consulta: 30 de septiembre de 2016].

¹³⁰ El NOC es una herramienta que clasifica las actividades económicas de Canadá en función de un sistema estandarizado de códigos de cuatro dígitos. Dicha clasificación se basa en el tipo de habilidad y grado de complejidad. Se trata de un sistema de gran utilidad para el análisis de la fuerza laboral del país. Para mayor referencia, véase s/a; “National Occupational Classification (NOC) 2011”, [en línea], *Statistics Canada*. Dirección URL: <http://www23.statcan.gc.ca/imdb/p3VD.pl?Function=getVD&TVD=314243>, [Consulta: 23 de septiembre de 2016].

para la industria estriban en cuatro tipos de ocupaciones esenciales, mismas que responden a distintos niveles de complejidad en la CGV. Dichas ocupaciones corresponden a aquellas que se relacionan con 1) *aspectos de mayor valor agregado dentro de la ingeniería aeronáutica*; 2) *de coordinación tecnológica en proyectos*; 3) *de gestión y supervisión de manufactura, transporte y distribución*; 4) *aquellas destinadas a oficios técnicos*.¹³¹

Dentro de las ocupaciones que llevan a cabo *actividades de mayor complejidad de la ingeniería aeronáutica* se encuentran los mecánicos e inspectores de ensamblaje, instrumentación electrónica y aviónica. En un segundo punto, en relación con aquellas dedicadas a la *coordinación tecnológica de proyectos*, se incluyen a los ingenieros, diseñadores o “tecnólogos” industriales y en electrónica, los cuales elaboran e implementan planos vinculados a algún aspecto específico de la producción de aeronaves. Generalmente, este grupo interactúa estrechamente con otros grupos de capital humano en toda la industria.

Con respecto a las ocupaciones referidas a la *gestión y supervisión de manufactura, transporte y distribución*, se consideran a los supervisores del proceso de producción y a los analistas logísticos y financieros. Finalmente, los *oficios técnicos* necesarios comprenden a los mecánicos industriales, operadores de maquinaria, trabajadores metalúrgicos, encargados de recubrimientos y pintura de aeropartes, fabricantes y soldadores de herramientas y troqueles.

Cabe mencionar que la industria aeronáutica congrega la fuerza de trabajo de otros sectores industriales, lo cual denota la existencia de un cruce de tecnologías complementarias. Esta convergencia, que bien puede ser expresada como ejemplo en el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN), incluye a especialistas en la “fabricación de productos de plástico; equipo de computación,

¹³¹ Prism Economics and Analysis; “Current and future human capital needs in the aerospace industry and strategies for harnessing the potential workforce”, [en línea] *The Aerospace Review*, julio de 2012, pág. 11. Dirección URL: [http://aerospacereview.ca/eic/site/060.nsf/vwapj/Aerospace_Human_Capital_Needs_-_Final_Report_draft_July_16.pdf/\\$FILE/Aerospace_Human_Capital_Needs_-_Final_Report_draft_July_16.pdf](http://aerospacereview.ca/eic/site/060.nsf/vwapj/Aerospace_Human_Capital_Needs_-_Final_Report_draft_July_16.pdf/$FILE/Aerospace_Human_Capital_Needs_-_Final_Report_draft_July_16.pdf), [Consulta: 25 de agosto de 2016].

comunicación, medición y de otros equipos; equipo aeroespacial; servicios profesionales, científicos y técnicos; otros servicios relacionados con el transporte aéreo; y servicios de reparación y mantenimiento”.¹³² Evidentemente, esta categorización puede variar de acuerdo con la organización industrial en cada país o región.

2.2.2.2. Capacidades técnicas y gerenciales

Derivado de una visión general sobre las profesiones y ocupaciones que son requeridas por la industria, de acuerdo con un estudio realizado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID, por sus siglas en inglés)¹³³ se distinguieron dos tipos de capacidades básicas dentro del personal: técnicas y gerenciales, que a su vez se encuentran condicionadas por capacidades transversales.¹³⁴

La transversalidad versa sobre la comprensión lectora y oral a un nivel intermedio del idioma inglés, aptitudes de comunicación interpersonal y conocimiento técnico de modelos técnicos de gestión productiva tales como Seis Sigma (*Six Sigma*), Gestión de la Calidad Total (TQM, por sus siglas en inglés) y Manufactura Esbelta (*Lean Manufacturing*).¹³⁵

¹³² Dichas segmentaciones comparten el código de identificación (número que clasifica al producto) en los sistemas nacionales de clasificación de ocupaciones de Canadá, Estados Unidos y México. Hasta la fecha, sólo hay un rubro incompatible, el de servicios de defensa y seguridad nacional. Para mayor información, véase s/a; “2012 NAICS Definition”, [en línea], *North American Industry Classification System*, United States Census Bureau. Dirección URL: <http://www.census.gov/cgi-bin/sssd/naics/naicsrch?code=9281&search=2012%20NAICS%20Search>, [Consulta: 26 de agosto de 2016].

¹³³ Giulia Salieri y Lucrecia Santibañez; “El desarrollo del sector requiere la disponibilidad de recursos humanos altamente capacitados”, *Estudio de las necesidades de capital humano en la Industria Aeroespacial de México*. USAID, Estados Unidos, 2010, pág. 11.

¹³⁴ *Idem*.

¹³⁵ *Six Sigma* se basa en la confiabilidad respecto a la reducción de “defectos por millón de oportunidades” (3.4 DPMO: 99,99966% de eficiencia); TQM funciona como catalizador de mejoras en todos los procesos al interior de la industria y *Lean Manufacturing* se centra en la reducción de desperdicios, tiempo de entrega y aprovechamiento máximo de recursos. João Paulo Estevam de Souza, *et. al.*; “Investigation about quality in the Brazilian aerospace industry”, [en línea], 21° International Conference on Production Research, Brasil, 2011. Dirección URL: https://www.researchgate.net/publication/230674739_Investigation_about_Quality_in_the_Brazilian_Aero_space_Industry, [Consulta: 27 de septiembre de 2016].

Las capacidades requeridas se pueden categorizar en cuatro grupos dentro de la CGV (véase gráfico 4). En el caso de las capacidades técnicas, el personal dedicado a actividades de ingeniería e investigación y desarrollo debe contar con certificaciones en software especializado como CATIA¹³⁶ y CNC.¹³⁷ Para manufactura de aeropartes, los trabajadores cuentan con habilidades para interpretar las especificaciones de los clientes en los diseños de aeronaves, conocen a profundidad las características de los materiales y el manejo de éstos en la producción, así como la integración de éstos en sistemas automatizados de asistencia a la producción. Para el caso del mantenimiento, reparación y revisión (MRO), los técnicos deben certificar sus competencias (supervisión de funcionamiento de motores y recubrimientos) ante la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC).

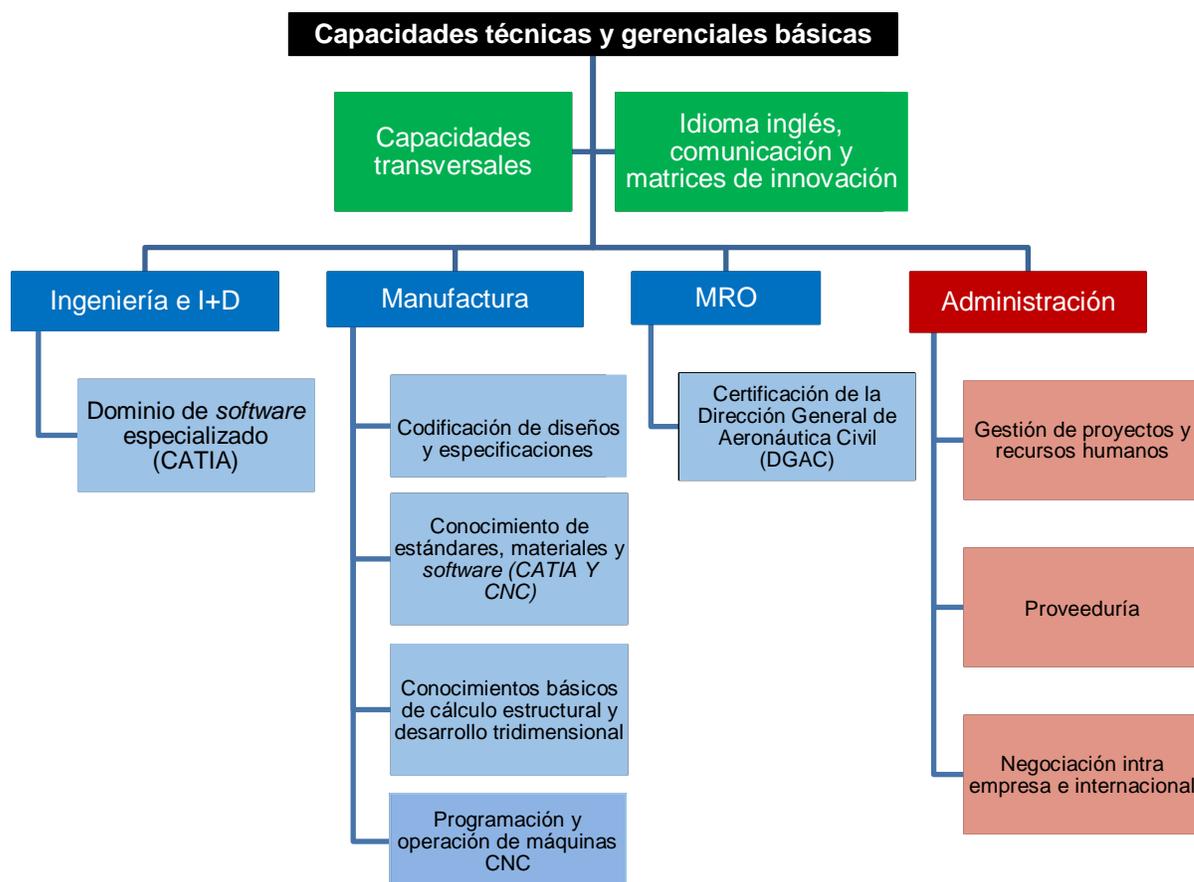
Respecto a las capacidades gerenciales, los trabajadores deben contar con conocimientos suficientes para la toma de decisiones en el ámbito administrativo. Dichas tareas exigen la integración de las matrices transversales de innovación en la gestión de proyectos, planeación estratégica, control de las cadenas de proveeduría y recursos humanos, todo ello con el objetivo de consolidar el plan de negocios, garantizar colaboraciones internacionales y acceder a nuevos mercados.¹³⁸

¹³⁶ *Computer-Aided Three-Dimensional Interactive Application* (CATIA, por sus siglas en inglés) es un programa informático que funge como plataforma de diseño en la industria aeronáutica. Permite incluir diversos materiales para la elaboración de *croquis en 3D, subdivisión de superficies, modelado de clase A, impresión en 3D, ingeniería inversa, visualización y experiencia*. Para mayor información, véase s/a; “CATIA”, [en línea], Dassault Systèmes. Dirección URL: <http://www.3ds.com/es/productos-y-servicios/catia/disciplinas/>, [Consulta: 27 de septiembre de 2016].

¹³⁷ El Control Numérico por Computadora (CNC) es un sistema en donde se utiliza una computadora para controlar el funcionamiento de una “máquina-herramienta”, la cual asiste al proceso de producción de aeropartes. Entre esas máquinas se pueden encontrar la fresadora, el torno, las máquinas de corte láser, entre otras. Para mayor referencia, véase s/a; “Introducción a la tecnología CNC”, [en línea], *De máquinas y herramientas*, 2015. Dirección URL: <http://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/introduccion-a-la-tecnologia-cnc>, [Consulta: 27 de septiembre de 2016].

¹³⁸ s/a; “Final Report of the People and Skills Working Group”, [en línea], *Beyond the Horizon: Canada's Interests and Future in Aerospace*, *Aerospace Review*, vol. 1, noviembre de 2012. Dirección URL: <http://aerospacereview.ca/eic/site/060.nsf/eng/00049.html>, [Consulta: 27 de septiembre de 2016].

Gráfico 4. Capacidades técnicas y gerenciales básicas de países aprendices



Fuente: Elaboración propia con base en la clasificación de Giulia Salieri y Lucrecia Santibañez; "El desarrollo del sector requiere la disponibilidad de recursos humanos altamente capacitados", Estudio de las necesidades de capital humano en la Industria Aeroespacial de México. USAID, Estados Unidos, 2010.

2.2.3. Vinculación interinstitucional e incentivos: La triple hélice y la coevolución tecnológica

Aunado al factor del capital humano y el conocimiento, es necesario contar con el respaldo institucional que se gesta a partir de la generación de redes e *instituciones intermedias*.¹³⁹ En algunos casos, dicho entramado comúnmente conocido como la

¹³⁹ Entrevista con Mónica Casalet Ravenna, profesora investigadora de FLACSO México, miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel III e integrante de la Academia Mexicana de Ciencias, 31 de agosto de 2016.

triple hélice,¹⁴⁰ se formaliza como un sistema nacional de innovación constituido por las universidades, centros de investigación y desarrollo, laboratorios, empresas y dependencias gubernamentales para el financiamiento, internacionalización y promoción de exportaciones. Sin embargo, para países con menor adelanto tecnológico aeronáutico, el SNI y la triple hélice muestran serias fragmentaciones que impiden la consolidación interinstitucional, pues no hay una sinergia que demuestre complementariedad entre los actores debido a la ausencia de políticas públicas en la materia. Es por ello que se tiene que recurrir a una serie de acciones estratégicas –aisladas- orientadas a impulsar el desarrollo de diversos rubros en la producción global.

Tales acciones, cuyo propósito es articular la cadena global de valor, se deben basar en incentivos (que ofrece el país que busca retener la tecnología), para fomentar la inversión extranjera directa de las empresas multi y trasnacionales. Estos estímulos se encuentran orientados a compensaciones industriales -*offsets*- en términos de bienes y servicios dentro de una negociación contractual, las cuales pueden ser *directas e indirectas*.¹⁴¹

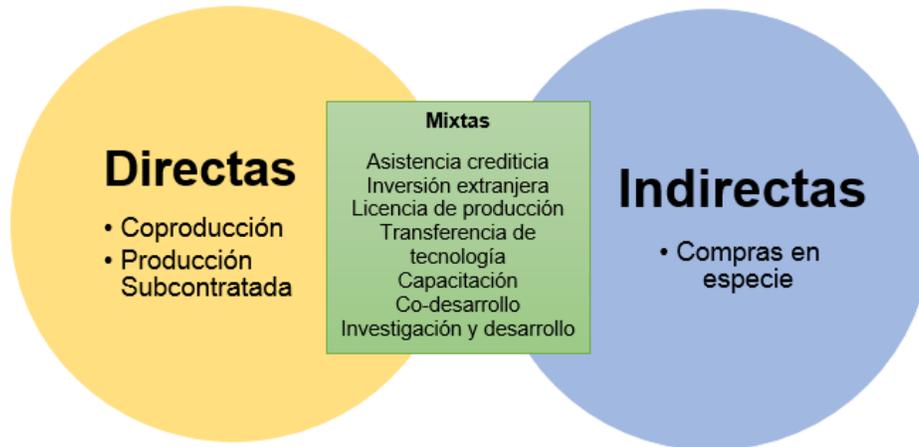
Las compensaciones directas se vinculan exclusivamente con el objeto -aeronáutico- del contrato y las compensaciones indirectas se asocian a otro tipo de actividades relativas al objeto del contrato. Algunos ejemplos de tales compensaciones son la *asistencia crediticia, inversión extranjera, licencia de producción, co-desarrollo, investigación y desarrollo, coproducción, producción autorizada o subcontratada, transferencia tecnológica, comercio en especie y*

¹⁴⁰ Algunos autores señalan el surgimiento de una tendencia que derivó de la *nueva gobernanza*, la Triple Hélice de tipo III, en la cual los actores llevan a cabo tareas que le corresponden a otros, como “las universidades que crean empresas o las empresas que cuentan con laboratorios de investigación”. Para mayor referencia, véase María del Socorro López, *et. al.*, “Un acercamiento al concepto de la Transferencia de Tecnología en las universidades y sus diferentes manifestaciones”. *Panorama Socioeconómico*, Colombia, enero-junio de 2006, año 24, núm. 32, 70-81 pp.

¹⁴¹ s/a; “US Commercial Technology Transfers to the People’s Republics of China”, [en línea], *Bureau of Export Administration*, Washington D.C., enero de 1999, pág. 2. Dirección URL: http://fas.org/nuke/guide/china/doctrine/dmrr_chinatech.htm, [Consulta: 15 de octubre de 2016].

capacitación en procesos,¹⁴² mismas que pueden clasificarse en estas dos grandes subdivisiones (véase gráfico 5).

Gráfico 5. Clasificación de compensaciones industriales u offsets



Fuente: OMC; “Offsets in the Aerospace and Defence Industry”, International Forum on Business Ethical Conduct for the Aerospace and Defence Industry, Basel Institute of Governance, 2010, pág. 8.

Por lo tanto, ante la incapacidad de integración institucional y el límite de actores que contempla la triple hélice, estas compensaciones pueden contribuir a la consolidación del entramado mediante la *coevolución*¹⁴³ de diversos aspectos en el mercado, consumo, infraestructura, ciencia, tecnología, cultura y regulación. Se trata de una disgregación de los elementos de la triple hélice que resulta necesaria para identificar nichos de mercado y áreas de oportunidad en todos los aspectos de la industria aeronáutica en un país o región.

¹⁴² Para mayor información, véase Sandoval, Manuel, *et. al.*; “Adquisiciones de equipos y sistemas de compensación industrial y compras de gobierno”, *Plan Nacional de Vuelo: Industria Aeroespacial Mexicana. Mapa de Ruta 2014*. ProMéxico, México, 2014, 32-33 pp.

¹⁴³ Término acuñado para definir el rumbo de la trayectoria tecnológica ante la debilidad del concepto de la triple hélice. Para mayor información, véase Frank W. Geels; “Co-evolutionary and multi-level dynamics in transitions: The transformation of aviation systems and the shift from propeller to turbojet (1930-1970)”, *Technovation*, Países Bajos, núm. 26, 2006, 999-1016 pp.

2.3. Reflexiones finales

El significado de la industria aeronáutica ha sido construido desde los inicios del siglo XX por diversos actores tradicionales y emergentes involucrados en el diseño, construcción y venta de aeronaves. A lo largo del tiempo, el peso tecnosimbólico del término se ha plasmado en distintos ámbitos que conciernen a esta industria.

Identificar y comparar definiciones permite dar una primera aproximación del entrelazamiento, o en su caso, del aislamiento de redes de conocimiento diferentes en un mismo sector. Es decir, si el país en cuestión cuenta con las capacidades tecnológicas suficientes para desarrollar lo aeronáutico y espacial. A este respecto, es importante aclarar que la dimensión nacional del análisis en la caracterización de la industria es fundamental, pues cada país define una atmósfera institucional, productiva y jurídica que hace posible la participación en cada eslabón de la CGV según las capacidades de las empresas al interior de su territorio.

Por otra parte, en los distintos eslabones de la cadena productiva existen actividades con diferente grado de dificultad, lo cual también demuestra el grado de coevolución de las instituciones, tecnologías y sistemas sociotécnicos. Dicha estratificación dentro de la cadena global denota la posibilidad de rezago, o bien, de ascenso hacia un eslabón más sofisticado. Además, se trata de una dinámica que demuestra la existencia de ciertos procesos que reformulan la realidad internacional constantemente. Ahora bien, las capacidades básicas necesarias para incursionar en los niveles más bajos de la cadena global de valor son impuestas por la dinámica comercial de las grandes empresas aeronáuticas y responden a las necesidades de estos consorcios.

En el caso de la infraestructura, las instalaciones están siendo estandarizadas con certificaciones internacionales a tal grado que todos los actores involucrados siguen la misma lógica industrial. De igual manera, la operación de los laboratorios y diversos centros productivos o de mantenimiento se vincula estrechamente con los requerimientos del capital humano para hacer funcionar la manufactura y

mantenimiento aeronáutico en una región o país. No obstante, las capacidades necesarias comienzan a abarcar aquellas de tipo administrativo, situación que da cuenta del inicio de una formación interdisciplinaria del trabajador. En este tenor, habría que incluir a la adquisición de *know how* dentro de esa evolución conjunta, elemento que no ha sido ampliamente estudiado.

Respecto a la vinculación institucional, mucho se habla sobre la necesidad de un modelo de gestión como la triple hélice, sin embargo, no se puede generalizar en países en donde las instituciones se encuentran poco consolidadas o no existen. Además, el surgimiento y permanencia de otros actores no tradicionales permite un estudio más amplio de las dinámicas del flujo del poder social en la CGV.

En suma, el análisis que se pretende realizar en este trabajo versa sobre una perspectiva multidisciplinaria y multinivel, ya que incluye otras actividades aparte de las exclusivamente de ingeniería, además de otro tipo de actores que se desempeñan en otras áreas pertenecientes a la industria aeronáutica. Se trata de una perspectiva compatible y aplicable al análisis efectuado por el internacionalista, ideal para abordar los estudios de caso de países que están en un proceso de consolidación de una industria aeronáutica propia, casos que se plantean a continuación.

CAPÍTULO III. Desarrollo de capacidades tecnológicas dentro del Sistema Nacional de Innovación en países *aprendices*

“Estoy convencido de que los obstáculos del tiempo y la distancia serán eliminados. Ciudades exiliadas de América del Sur entrarán en contacto directo con el mundo de hoy. Los países difíciles de encontrar, a pesar de las barreras de montañas, ríos y bosques, los Estados Unidos y los países de América del Sur, se conocerán tan bien como Inglaterra y Francia se conocen. Todo esto, señores, se realizará mediante un avión”.¹⁴⁴ Lo anterior era parte del discurso *Cómo un aeroplano puede facilitar las relaciones entre las Américas* del afamado Alberto Santos Dumont en el marco del Segundo Congreso Científico Panamericano de 1915, justo en el primer año de la Primera Guerra Mundial.

Santos Dumont era el pionero de la aeronáutica a nivel mundial. Un visionario que daba cuenta de los alcances de su aeroplano *Demoiselle* y de las graves implicaciones en la comunidad internacional. Era un inventor de carácter temerario, ávido del riesgo, popular entre todos los hombres de ciencia de aquella época, mismos que frecuentaba a lo largo de su formación en Francia.

Sus vínculos académicos y empresariales establecidos durante su estancia en el país galo, marcaron el inicio de diversas alianzas internacionales para el intercambio y codificación de conocimiento, de sencillos estudios de mercadotecnia e incipiente identificación de errores técnicos. Sin duda alguna, un claro ejemplo de etapas iniciales en la gestación de procedimientos para el desarrollo de capacidades tecnológicas.

Como se señala en capítulos anteriores, la acumulación de capacidades tecnológicas constituye la base de la manufactura aeronáutica de cualquier país. Por lo que en este último capítulo se abordan los casos emergentes de Brasil y China, así como el de la industria aeronáutica mayormente consolidada de Canadá. Los tres casos, comparten una característica muy peculiar: son grandes referentes

¹⁴⁴ Alberto Santos Dumont; *O que eu vi e o que nós veremos*. Hedra, Río de Janeiro, 2000, pág. 14.

industriales en la manufactura de aviones regionales, a pesar de seguir una lógica tecnológica diferente, pero sus capacidades tecnológicas repercutieron en la cadena global de valor, generando así un nuevo modo de gobernanza en las instituciones locales y en organismos internacionales. El análisis comparativo es de gran utilidad porque éstos han enfrentado problemáticas diferentes que figuran como posibles en el panorama prospectivo de la industria aeronáutica de otros países de igual condición productiva. En los tres casos existieron condiciones favorables para la creación de oportunidades mediante el impulso de la investigación científica, vinculación institucional y apropiación tecnológica.

Para explicar los elementos que permiten analizar comparativamente el desarrollo de capacidades tecnológicas en la industria aeronáutica, resulta imperativo entender la evolución en las industrias de los tres países. En este sentido, a lo largo del capítulo se describe el desarrollo desde sus inicios en cada país, así como, los factores y circunstancias que hicieron posible su consolidación hasta la primera década del siglo XXI.

Asimismo, su desarrollo tecnológico ha generado cierta dependencia con otros países emergentes en la industria de este sector, por lo tanto, cabe reflexionar sobre cada una de las racionalidades técnicas que motivaron el impacto transfronterizo en materia de comercio exterior. Por otra parte, a pesar de ser concebidos entre sí como rivales, han establecido entre ellos alianzas para la cooperación internacional.

De manera específica, se analiza el caso de China debido a que el desarrollo industrial de este país presenta una evidente reformulación de la *gobernanza* nacional, misma que a su vez está intentando modificar la CGV al optar por prácticas que parecerían desleales en términos comerciales, pero que en el sentido científico-tecnológico son las ideales. Además de complementar dichas prácticas con una figura del derecho económico internacional: los contratos *joint venture*.¹⁴⁵

¹⁴⁵ Término anglosajón que hace referencia a un tipo de contrato basado en la asociación empresarial para llevar a cabo actividades de negocios de mayor complejidad, cuyo objetivo principal es compartir riesgos.

Es decir, China se encuentra ante un gran reto en el desarrollo de una industria con características propias, resultado de la combinación de una apropiación exitosa - pero aún inconclusa- de tecnologías extranjeras con un marco nacional institucional fuerte. Sin embargo, el gran obstáculo al que se enfrenta es a la aprobación y confianza de la comunidad internacional, ante el desacato de las certificaciones internacionales actuales en la fabricación de sus nuevas versiones aeronáuticas.

Por otra parte, se realiza un análisis del desarrollo de las capacidades tecnológicas de Brasil, debido a que su industria aeronáutica presenta un despunte inusual que lo ha llevado a dominar un nicho de mercado a nivel internacional difícil de obtener. Al ser un país en desarrollo, resulta obligatorio centrar nuestra atención en su habilidad para asimilar y adoptar la tecnología que muchos países de su misma categoría no han podido concretar.

En el caso de Canadá, el estudio de sus capacidades tecnológicas responde a la acumulación *sui generis* para el desarrollo de su industria aeronáutica, la cual fue favorecida por la existencia de una política industrial muy fuerte, que fue capaz de adaptarse al contexto político y comercial internacional.

Ahora bien, para efectos del análisis propio de Relaciones Internacionales, el cual se realiza a través la revisión de grandes procesos históricos, se considera como punto de partida para el caso canadiense, a la Primera Guerra Mundial, pues es en este periodo donde se percibe la creación e identificación de las primeras capacidades que definieron el rumbo de su tendencia tecnológica. Mientras que, para China y Brasil, el despunte de su industria aeronáutica se produjo en un contexto posterior a la Segunda Guerra Mundial. Si bien ésta estuvo basada en la industria militar desde un inicio, la cuestión bélica fue el detonante de una derrama tecnológica masiva al considerar que las fuerzas aéreas conformaban una ventaja que determinaba la victoria en cualquier batalla.

3.1. El caso de China

En el caso de China, la acumulación de capacidades tecnológicas responde a dos circunstancias principales: a la evolución de su industria militar y a la constante expansión de su mercado. Un aspecto determinante dentro de su industria aeronáutica es que, en los primeros años de gestación, su sistema nacional de innovación fue relativamente fuerte, pues su control dependía de las fuerzas militares que impulsaban constantemente el desarrollo de capacidades tecnológicas. Asimismo, es importante enfatizar que el papel del Estado¹⁴⁶ fue predominante y se caracterizó por llevar a cabo una política industrial de largo plazo, ya que asumió la planeación y dirección de la misma. Por otra parte, la variable educativa evolucionó de manera conjunta desde el inicio del proceso, lo que demuestra la capacidad de adaptación de la industria ante nuevos panoramas internacionales y una relación dialéctica con el exterior en términos de gobernanza.

3.1.1. La guerra: El impulso tecnológico de la industria aeronáutica

Desde 1951, el gobierno comunista de la República Popular China comenzó a desarrollar la industria aeronáutica con la creación de un órgano gubernamental que la dirigiera: tal fue el caso del Departamento Industrial de Aviación bajo la dirección del Ministerio de Industria Pesada. Evidentemente, de acuerdo con el primer plan quinquenal del Departamento (1953-1958), el objetivo consistía exclusivamente en establecer las primeras fábricas para desarrollar artefactos aéreos de vigilancia y ataque con ayuda de la experiencia soviética, así como, en la coordinación de las actividades de defensa militar, pues el contexto geopolítico de aquella época manifestaba gran agitación regional por los conflictos con Taiwán, el Tíbet, Xinjiang y Corea.

¹⁴⁶ El rol que desempeña el Estado como eje rector del desarrollo industrial se encuentra respaldado en los objetivos políticos de la reforma china, los cuales abarcaban las áreas prioritarias de las cuatro modernizaciones: desarrollo agrícola, crecimiento industrial, mejoramiento de investigación y desarrollo, así como la modernización militar.

Conviene destacar que, respecto al conflicto con Taiwán,¹⁴⁷ la fricción en la región en un contexto de Guerra Fría se debió a la constante provocación por parte de Estados Unidos *al brindar apoyo militar y una importante ayuda financiera*¹⁴⁸ a la isla. Debido a que la República Popular de China nunca reconoció al gobierno de Taiwán, esta situación causó la desaprobación y una inmediata reacción por parte del gobierno chino, puesto que ello representaba la injerencia extranjera en sus asuntos nacionales. De esta manera, cada vez que las autoridades chinas criticaban al gobierno taiwanés, los portaaviones estadounidenses tomaban posiciones en el estrecho de Taiwán. Así, desde 1948 el gobierno de Beijing prohibió toda ruta aérea entre China y Taiwán, lo cual afectó al tráfico aéreo, y por ende, a la producción de aeronaves regionales chinas.

No obstante, es importante mencionar que la asistencia técnica brindada por la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) a partir de 1953 fue crucial para mantener a China al margen del conflicto con Taiwán. Sin embargo, la motivación principal detrás de dicha asistencia radicaba en la colaboración estrecha con China para evitar la presencia estadounidense en la zona de influencia soviética establecida desde los Acuerdos de Yalta.¹⁴⁹

Cabe aclarar que, a pesar de los intereses soviéticos, el gobierno chino decidió canalizar tal colaboración en beneficio de la industria aeronáutica que apenas se encontraba en su primera etapa. Fue así que en ese año se fundó la primera universidad aeroespacial de China: *la Universidad de Aeronáutica y Astronáutica de Beijing*¹⁵⁰ (BUAA, por sus siglas en inglés), el inicio del establecimiento de nuevas

¹⁴⁷ Tras el final de la Guerra Civil China en 1949, la facción vencedora encabezada por el partido comunista, proclamó la República Popular China en Beijing, y el régimen derrotado liderado por el Partido Nacionalista Chino o Kuomintang exilió su gobierno (de la República de China) en la Isla de Taiwán, la única parte del territorio chino que no llegaría a caer bajo el control del nuevo régimen comunista, gracias a la ayuda económica y militar concedida por Estados Unidos.

¹⁴⁸ Yves Lacoste; "Múltiples cuestiones geopolíticas en torno a China", *Geopolítica: La larga historia del presente*. Editorial Síntesis, España, 2008, pág. 182.

¹⁴⁹ Dicha motivación cambiaría a lo largo del tiempo cuando el proceso de ingeniería inversa como forma de apropiación tecnológica fungiera como una amenaza para la Federación de Rusia.

¹⁵⁰ Jin Yuan Zhao; "China's catching up in aerospace", *International Journal of Technology and Globalisation*. University of Quebec, Montreal, vol. 7, núm. 1 y 2, 2013, pág. 83.

universidades y centros de investigación en el país. En este sentido, con el fin de preservar el conocimiento adquirido para su posterior aplicación y modificación, el *modus operandi* consistió en crear acuerdos de cooperación internacional educativa con otras universidades y centros de investigación en diversos países. Sin duda alguna, la respuesta china en este rubro da cuenta de un acierto más para lograr uno de los objetivos principales: la creación de una industria aeronáutica propia.

Fue en este año que la República Popular de China recibió transferencia de tecnología soviética en el proceso de manufactura para el avión de entrenamiento militar *Yak-18*¹⁵¹, cuyo uso gozó de gran popularidad en la Guerra de Corea. La apropiación de dicha tecnología se efectuó como un proceso de ingeniería inversa (apropiación y reproducción tecnológica) y tuvo tal éxito que en 1954 fue ensamblado en su totalidad por primera vez bajo la designación *CJ-5*¹⁵² en una de las primeras fábricas de la ciudad de Nanchang, la *Nanchang Aircraft Manufacturing Corporation*, ubicada en el sudeste de la República Popular China. Además, el impulso de las capacidades tecnológicas en Nanchang dio pie a la producción de aeronaves de transporte y ya no solamente de combate. Un ejemplo de ello fue el caso del prototipo *Y-5*, cuya versión fue copiada del modelo soviético *Antonov-2*.¹⁵³

Otro caso que ejemplifica esta ingeniería inversa, fue el avión militar de caza de reacción subsónico¹⁵⁴ *MiG-17*, cuya estructura aeronáutica se reprodujo con éxito en 1956 para ser ensamblada al año siguiente con la designación *J-5*¹⁵⁵ en otra fábrica de Shenyang. Es interesante señalar que, debido a las propiedades de sus cañones, esta versión fue útil para los combates de 1958 contra la flota aérea militar de Taiwán, la cual estaba conformada por aviones basados en los *F-86 Sabre*.

¹⁵¹ Shen Pin-Luen; "The System of China's Aviation Industry: Evolution and Revolution", *The Chinese Air Force: Evolving Concepts, Roles and Capabilities*. National Defense University Press, Center for the Study of Chinese Military Affairs, Estados Unidos, 2013, pág. 258.

¹⁵² *Idem*.

¹⁵³ *Ibidem*, pág. 81.

¹⁵⁴ Un avión subsónico es incapaz de mantener el vuelo horizontal a velocidades supersónicas. Es decir, su velocidad es inferior a la velocidad del sonido.

¹⁵⁵ *Idem*.

En síntesis, los prototipos explicados anteriormente constituyeron un hito histórico en la industria aeronáutica china. Sin embargo, una práctica muy particular fue la fabricación a gran escala de nuevas versiones chinas para su posterior y agresiva comercialización con países que figuraban en los mismos conflictos geopolíticos.

Empero, a finales del plan quinquenal del Departamento Industrial de Aviación, la producción china sufrió una severa disminución causada por la inestabilidad política del plan económico denominado el *Gran Salto Adelante*.¹⁵⁶ De igual manera, la industria se vio afectada después de las diferencias con la Unión Soviética en la década de los sesenta, así como por la *Gran Revolución Cultural Proletaria*¹⁵⁷ de Mao Zedong en 1966.

Lo anterior, afectó directamente al personal que laboraba en las fábricas. Por consiguiente, el país se enfrentó a la falta de organización del capital humano y del proceso productivo. Entonces, para subsanar lo anterior, el país reorganizó la industria en términos de intercambio de directivos y administradores del sector espacial y militar hacia lo aeronáutico. Además, comenzó a establecer distintos convenios con otros países, ya que el gobierno chino había decidido que, para volver a desarrollar una industria competitiva a nivel internacional, era necesaria la adopción de tecnologías extranjeras. Sin duda alguna, esto dio lugar a una nueva reconfiguración institucional para poder enfrentar los nuevos retos que surgían.

3.1.2. La reconfiguración institucional

El Departamento Industrial de Aviación pasó a ser el Tercer Ministerio de la Industria Mecánica entre 1960 y 1982. En dicho periodo, el presidente de Estados Unidos, Richard Nixon, visitó por primera vez la República Popular de China y le otorgó el

¹⁵⁶ De acuerdo con el Dr. Edmundo Hernández Vela, "(...) ante el fracaso del *gran salto hacia adelante*, en 1959 Mao se vio obligado a desmantelarlo y a tratar de cambiar nuevamente la economía china, cuya base debía ser la agricultura y la industria el factor principal". *Diccionario de Política Internacional*, pág. 501.

¹⁵⁷ Con el objetivo de "(...) consolidar la dictadura del proletariado, prevenir la restauración del capitalismo y construir el socialismo", esta revolución fue de gran impacto en la modificación de la organización gubernamental y militar por parte de los sectores más radicales del gobierno maoísta. Véase Mao Zedong; *Importantes documentos de la Gran Revolución Cultural Proletaria*. Ediciones en Lenguas Extranjeras, Beijing, 1970, preámbulo.

reconocimiento a su gobierno, lo cual marcó una nueva etapa en la relación bilateral de ambos países. Con ello inició la importación de numerosas flotas aeronáuticas. El primer modelo que se importó fue el *MD-82*,¹⁵⁸ perteneciente a la serie estadounidense McDonnell Douglas *MD-80*,¹⁵⁹ la cual producía aviones de pasajeros de corto alcance. Por otra parte, en 1970 se importaron 13 helicópteros franceses del modelo *SA-321Ja*¹⁶⁰ y se procedió de nuevo bajo el método de la ingeniería inversa, lo cual dio como resultado la primera versión china designada como *Z-8*¹⁶¹, aún con fallas técnicas.

Ahora bien, en 1982 el Tercer Ministerio de la Industria Mecánica cambió su nombre por el del Ministerio de la Industria de Aviación. En esta etapa ya comenzaba a vislumbrarse la concesión de licencias por parte de la compañía líder en el mercado global de aquella época: McDonnell Douglas, para permitir la fabricación de sus aeropartes en Chengdu, Shenyang y Xian,

Posteriormente, en 1988 surgió la tercera actualización institucional con el Ministerio de la Industria de Aviación y Astronáutica. A este respecto, la Guerra del Golfo de 1991 jugó un papel fundamental en el cambio de mentalidad en relación con dicha actualización pues destacó el nuevo enfoque integral que debía tener sobre la industria aeronáutica y espacial, tal como un binomio indisoluble:

“El impacto decisivo de los medios aéreos occidentales, especialmente por parte de Estados Unidos, impulsó el cambio y estimuló un nuevo pensamiento con un enfoque integral de la aviación militar y espacial. Mientras que el control político seguía determinando los límites de la política militar, era evidente la inquietud de innovar en términos de fabricación. Este salto intelectual también marcó una nueva etapa de modernización de las capacidades autóctonas aeroespaciales chinas para alejarse de la dependencia de las importaciones de armas”.¹⁶²

¹⁵⁸ Jin Yuan Zhao; *op. Cit. Ibidem*, pág. 82.

¹⁵⁹ *Idem*.

¹⁶⁰ *Idem*.

¹⁶¹ *Idem*.

¹⁶² Keith Hayward; “History and Revolutionary Experience Conditions Current Events”, [en línea], *The Chinese Aerospace Industry: A Background Paper*. Royal Aeronautical Society, Londres, julio de 2013, pág. 4. Dirección

Sin embargo, todavía empleaban el método de la ingeniería inversa, práctica que constituiría un gran peligro en la industria china en los años subsecuentes.

3.1.3. La reconfiguración industrial

A partir de 1993, la reconfiguración industrial atravesó cuatro etapas. La primera de ellas tuvo como objetivo impulsar un nuevo motor de desarrollo tecnológico a través de la organización de la industria aeronáutica militar sobre la línea de la comercialización sus productos con otros países. Esto es porque se creía que el enfoque comercial podía integrar otros aspectos fundamentales para la industria como: la manufactura, la I+D, el mantenimiento y las ventas a clientes.

La segunda etapa comenzó en 1998 cuando no sólo se empezó a supervisar la producción de artefactos militares, sino también cuando se inició el análisis y la proposición de políticas públicas orientadas a la regulación de la tecnología militar incipiente y a la aplicación de su correspondiente *uso dual*. Es decir, las aplicaciones militares de nuevas tecnologías aeronáuticas en el sector industrial civil, mismas que fijarían las bases para la siguiente fase.

Además, en esta etapa, la tendencia tecnológica china sufrió un *impasse* al dar cuenta de una de las carencias estructurales más graves: la deficiente producción de *motores de aviones*.¹⁶³ La tecnología en motores no constituyó una fortaleza en su industria ya que su historial aeronáutico debe su origen a la colaboración directa con la antigua Unión Soviética, la cual también poseía esta debilidad por falta de inversión en materiales de alta resistencia, un rezago de innovación en la trayectoria tecnológica global:

“Aunque China tiene un cierto grado de capacidad en la fabricación de motores militares, los motores de fabricación china en general, en comparación con el mismo tipo de motores fabricados por los países occidentales, tienen cortos intervalos de reacondicionamiento y son lentos en la aceleración a la potencia máxima después de la aplicación del acelerador

URL:<http://aerosociety.com/Assets/Docs/Publications/DiscussionPapers/ChineseAerospaceIndustryDiscussionPaper.pdf>, [Consulta: 6 de abril de 2015].

¹⁶³ Keith Hayward; *op. cit.* “Combat Aircraft Show-Stoppers”, pág. 10.

rápido. Esto indica que todavía hay un desfase técnico significativo en la capacidad de desarrollo del motor en China”.¹⁶⁴

A partir de ello se puede señalar que en ciertas ocasiones la ingeniería inversa no es la mejor opción si se le aborda de manera exclusiva, pues ésta sólo se dedica a llenar los grandes vacíos tecnológicos desde una perspectiva ajena, sin integrar las nuevas soluciones generadas a partir de problemas específicos y característicos de la industria de cada país.

Sin embargo, poco a poco se fue construyendo un puente entre la exacerbada práctica del método de la ingeniería inversa y el comienzo del establecimiento de los contratos *joint venture*, que de acuerdo con Atilio Alterini,

“(…) consiste en la asociación temporal de dos o más sociedades para realizar operaciones civiles o comerciales de gran envergadura económico-financiera, con objetivos y plazos limitados, dividiéndose la labor según aptitudes y posibilidades y, soportando los riesgos respectivos de acuerdo con los pactos que se hagan entre ellas”.¹⁶⁵

A este respecto, cabe señalar que existen diferentes clases de contratos de esta índole. En el caso de la industria aeronáutica china, los dos tipos más recurridos fueron el *contractual joint venture*¹⁶⁶ y el *equity joint venture*.¹⁶⁷ Esto constituye un elemento de análisis de suma importancia, pues ante la función de la figura del *joint venture* como herramienta para llenar los vacíos de la ingeniería inversa, este tipo de contratos brinda pautas para definir si la tendencia derivada del desarrollo de capacidades tecnológicas ha seguido una línea de acumulación, o bien, si ha logrado desarrollar una actividad industrial con características propias.

¹⁶⁴ Shen Pin-Luen; *op. cit. Ibidem*, Pág. 265.

¹⁶⁵ Atilio Alterini; *Contratos. Teoría general*. Buenos Aires, Abeledo-Perrot, 1998, pág. 255.

¹⁶⁶ Contrato en el que “se comparte la participación en las contribuciones y los riesgos, pero no se forma una sociedad conjunta con personalidad jurídica independiente, en la que las partes tengan acciones de capital en proporción de sus aportes”. Véase Jorge Enrique Romero Pérez, “El contrato de *Joint Venture*”, [en línea], Costa Rica, pág.107. Dirección URL: <http://biblio.juridicas.unam.mx/libros/4/1943/9.pdf>, [Consulta: 3 de abril de 2015].

¹⁶⁷ Contrato que se realiza y del cual sí surgirá una nueva sociedad o forma corporativa. Paul H. Folta; “Cooperative Joint Ventures”, [en línea], *China Business Review*. 2 de enero de 2005. Dirección URL: <http://www.chinabusinessreview.com/cooperative-joint-ventures/>, [Consulta: 17 de marzo de 2015].

Es decir, si se han fortalecido las alianzas de cooperación económica entre las partes contractuales del *joint venture*, por la posibilidad del surgimiento de una “nueva forma corporativa” con un grado significativo de innovación tecnológica a largo plazo; o solamente se trata de una simple transacción comercial. Esta nueva forma corporativa puede dar pie a reflexionar sobre la creación de nuevas condiciones que llevarían consigo el desarrollo de nuevas capacidades de innovación.

Un año después, la totalidad de la producción militar fue integrada en dos grandes compañías independientes de la Corporación Industrial de Aviación de China (AVIC, por sus siglas en inglés): AVIC I y AVIC II. La primera de ellas estaba enfocada en el desarrollo de aeronaves militares de ataque y la segunda compañía centraba su producción en aviones comerciales y helicópteros para uso civil.

La clasificación anterior dio pie a la tercera etapa iniciada en 2006, en la cual se declaró que China podía y debía tener una industria aeronáutica militar y civil propia para lo cual era momento de generar sus propias capacidades tecnológicas:

“(…) consolidando su establecimiento, desarrollando innovación independiente, acelerando la implementación y actualización, además de asegurar la producción y suministro de equipo militar y promover la economía nacional”.¹⁶⁸

Dichas acciones derivaron en una nueva estructuración basada en el aprovechamiento de las fortalezas del sector civil a través del establecimiento de alianzas comerciales con empresas transnacionales.

Por último, la cuarta etapa que comenzó en 2008, obedeció a la formación de dos grandes entidades que ya no operaban de manera aislada, sino que empezaban a interactuar entre sí para lograr el desarrollo de aeronaves comerciales de fuselaje ancho, ya no sólo *jets* regionales. Por una parte, la Corporación Comercial de Aviación de China (COMAC, por sus siglas en inglés) fue establecida por primera vez con el fin de coordinar el diseño, ensamblaje, comercialización, mantenimiento

¹⁶⁸Shen Pin-Luen; *op. cit. Ibidem*, Pág. 259.

y servicio postventa. Por otra parte, AVIC I y AVIC II volvieron a ser integradas en AVIC para asumir el desarrollo y producción de aeronaves y helicópteros civiles o militares, así como de componentes especiales como fuselajes y motores. También tiene la tarea de dirigir la investigación en ambos subsectores, además de realizar pruebas de vuelo. De igual manera, es importante destacar que desempeña funciones de proveeduría a COMAC. (véase tabla 5).

Tabla 5. Configuración industrial de China

Configuración industrial aeroespacial en China actual (desde 2008)		
	<i>China Aviation Industry Corporation (AVIC)</i>	<i>Commercial Aircraft Corporation of China (COMAC)</i>
Tipo de empresa	Empresa de manufactura aeroespacial y de defensa de propiedad estatal. También es una empresa proveedora de COMAC	Sociedad de responsabilidad limitada de propiedad estatal
Objetivo	Coordinar y canalizar el proceso de manufactura y la actividad comercial de cada subsidiaria en función de su especialidad	Diseño, ensamblaje, marketing, certificación y mantenimiento mediante la absorción de tecnología extranjera.
Capital	10 billones de dólares	3 billones de dólares
Fuerza laboral	400,000 empleados	8,300 empleados
Organización administrativa	200 subsidiarias 14 divisiones 10 segmentos de producción	6 socios comerciales: SASAC, AVIC, Shanghai Guosheng Group, Aluminum Corporation of China, Shanghai Baosteel Group y China Sinochem Group.

Fuente: Elaboración propia con base en la información de Shen Pin-Luen; “The System of China’s Aviation Industry: Evolution and Revolution”, *The Chinese Air Force: Evolving Concepts, Roles and Capabilities*. National Defense University Press, Center for the Study of Chinese Military Affairs, Estados Unidos, 2013, 260-262 pp.

Esta nueva organización fijó las bases de la industria aeronáutica actual en este país. Por tanto, se generaron las condiciones para impulsar nuevos proyectos aeronáuticos como el *ARJ-21* y el *C-919*. El primero pretende aumentar la incipiente demanda interna del transporte aéreo nacional a pesar de que la altura máxima de

vuelo es de 11,500 metros sobre la superficie terrestre¹⁶⁹, lo cual dificulta la venta del prototipo en otros países cuyo techo de vuelo autorizado alcanza los 12,000 metros.

También es importante destacar, que el prototipo chino C-919 cumple con las especificaciones de clase mundial al haber integrado nuevas soluciones resultantes de la colaboración con empresas extranjeras. Un ejemplo de ello es la compra del 90% de participación en la compañía especializada en materiales compuestos más importante de Austria (*Austria's Future Advanced Composite Components*, FACC, por sus siglas en inglés).¹⁷⁰

El objetivo de China fue utilizar la parte adquirida de FACC como un centro de investigación y desarrollo, además de desempeñarse como centro de pruebas de nuevos materiales para el C-919. Sin embargo, su lanzamiento en 2015, representó un punto de inflexión en la industria aeronáutica, pues es el primer avión que no posee las certificaciones internacionales establecidas por Estados Unidos.

Empero, a pesar de la contradicción acerca del problema de la seguridad y confiabilidad aeronáutica, existe cooperación técnica con los países líderes en el sector, pues ambos proyectos fueron posibles gracias al establecimiento de *joint ventures* con múltiples empresas extranjeras de países como Estados Unidos, Francia, Alemania, Holanda, Ucrania, Suiza o Austria.

3.1.4. Balance crítico

Derivado de lo anterior, podemos señalar que la tendencia tecnológica predominante todavía corresponde a una racionalidad basada en la defensa y competencia económica. Por otra parte, y de manera específica, la estrategia sobre el poder aéreo ha evolucionado de manera conjunta con la industria espacial. Se trata de una industria que pudo desarrollarse para satisfacer las necesidades de seguridad territorial pues consideraron que ya tenían la capacidad para tener una

¹⁶⁹ *Idem.*

¹⁷⁰ Shen Pin-Luen; *op. cit. Ibidem*, pág. 266.

industria aeronáutica propia, sin embargo, no hubo una coordinación efectiva, descuidando instituciones y descuidando programas.

A pesar del intento por enfrentar los retos del mercado global con una industria aeronáutica con manufactura propia, no se contaba con una coordinación efectiva pues el resultado denotó el surgimiento descontrolado de desvíos de recursos, así como, de planes de trabajos repetitivos y redundantes que no aportaban gran innovación tecnológica. En este tenor, el duopolio entre Airbus y Boeing, aún constituye la fuente principal de tecnología para China, lo que denota cierta dependencia de fuentes técnicas exógenas.

Por tal motivo, China comenzó a entablar relaciones comerciales a largo plazo con grandes empresas del ramo, tanto americanas como europeas, con el fin de conseguir nuevas y diversificadas fuentes de innovación. En este sentido, se ofrecieron incentivos a grandes empresas extranjeras con el fin de lograr el establecimiento de plantas productivas en su país. De esta manera, el acuerdo institucional entre las empresas y el Estado sigue la línea del *joint venture*,¹⁷¹ figura jurídica y proceso consolidado dentro de su cadena productiva.

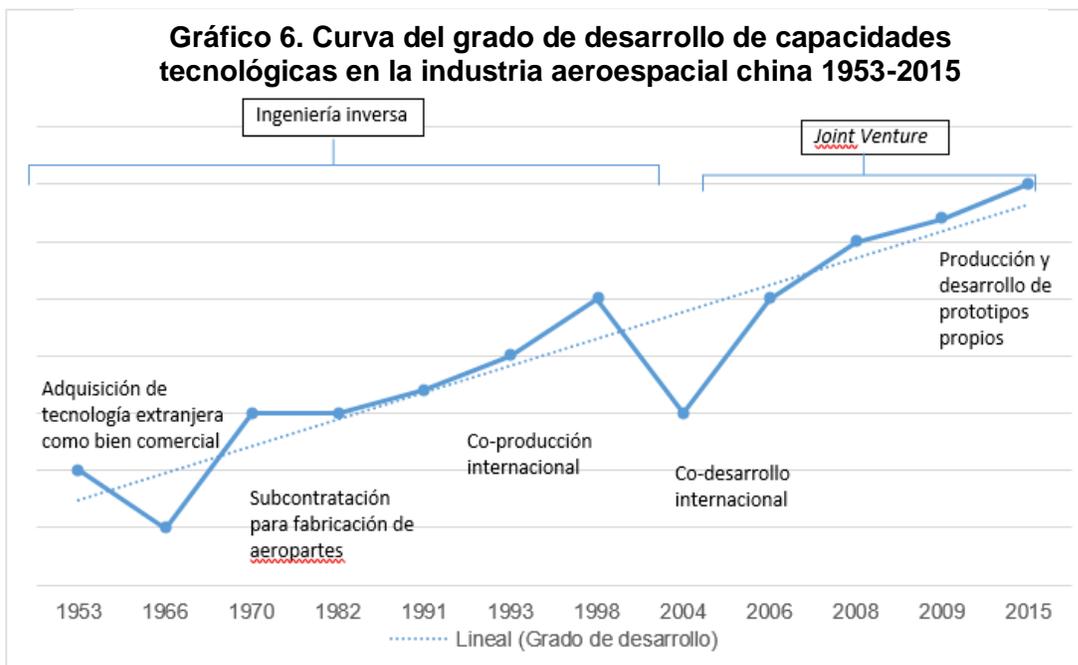
Luego entonces, a pesar del esfuerzo en el proceso de manufactura de los dos prototipos actuales, la violación de la propiedad intelectual en el proceso de ingeniería inversa no favorece la reputación internacional de China. De igual manera, en la incursión en el mercado global del sector aeronáutico, la oferta de una aeronave a menor costo con características similares a las de una aeronave de mayor costo (pero sin las certificaciones internacionales) tampoco contribuye al aumento de su credibilidad.

Por lo tanto, es menester impulsar la innovación independiente y aumentar la inversión en investigación y desarrollo (I+D). En este tenor, la inversión en investigación y desarrollo debe contemplar al factor humano, pues dada la

¹⁷¹ Gregory Chin; *China's Automotive Modernization: The Party-State and Multinational Corporations*, Hampshire, Palgrave Macmillan, 2010, pág. 226.

inexperiencia de la fuerza de trabajo, el talento existente resulta insuficiente para innovar en tecnologías tan sofisticadas como la aeroespacial. A su vez, este factor educativo se relaciona estrechamente con la necesidad de gestionar adecuadamente el proceso de ingeniería inversa. Por tratarse de un proceso en donde la generación de conocimiento se efectúa de forma automatizada, no es viable confiar en esta práctica solamente, pues no produce innovación tecnológica.

Este proceso de ingeniería inversa debe ser complementado con la asistencia continua de personal especializado en cada área de manufactura. Es decir, por la condición actual de la mano de obra china, el recurso humano puede constituir una deficiencia, pero al mismo tiempo puede ser el elemento esencial que potencialice su industria aeronáutica. Por ello, la razón de ser de los *joint ventures*. A este respecto, cabe reflexionar sobre el nuevo panorama ante una reconfiguración industrial en donde las certificaciones de navegabilidad impuestas por Estados Unidos podrían dejar de tener la misma validez para regir las normas de seguridad de las industrias aeronáuticas emergentes. Evidentemente, China se encuentra en la construcción de una estructura industrial aeronáutica con un alto índice de riesgo que aún no se ha consolidado.



Fuente: Elaboración propia basada en la sistematización de datos de la presente investigación.

3. 2. El caso de Brasil

A diferencia de China, en el caso del país sudamericano, el desarrollo de las capacidades tecnológicas en el sector es resultado de la acumulación de conocimiento, debido al proceso de innovación abierta de *matriz local*¹⁷² en determinados segmentos de la industria.

El principal objetivo del surgimiento de la misma, radica en el interés gubernamental para insertarse en la cadena global de producción mediante una estrategia basada en la adquisición de conocimiento o *know how* tecnológico, administrativo y empresarial, que a su vez se sustentaba en el interés nacional de integración del Estado, pues pretendía conciliar tres visiones antagónicas: la empresarial, institucional y militar. En otras palabras, en sus inicios la industria aeronáutica brasileña optó por el camino del perfeccionamiento tecnológico de los diseños y procesos productivos de aeronaves, y relegó aquel marcado por la producción y comercialización a gran escala de éstas.

3.2.1. El inicio del proceso de aprendizaje apoyado por el factor institucional

Con el objetivo de crear una atmósfera adecuada para el incipiente proceso de aprendizaje, en 1941 se fundó el Centro de Tecnología Aeroespacial¹⁷³ (CTA) bajo la dirección del Ministerio de Aeronáutica. Su objetivo principal fue la investigación en segmentos de muy bajo desarrollo tecnológico como el diseño, propulsión y materiales. Cabe señalar que el CTA se estableció en la región de Sao José dos Campos, en Sao Paulo, debido a que existía una *atípica disponibilidad de energía*

¹⁷² La innovación abierta de matriz local consiste en la constante mejora técnica de los procesos basada en conocimientos generados en territorio brasileño. Véase Alejandro Artopoulos; “Emprendedores tecnológicos en la industria aeronáutica latinoamericana”, [en línea], Universidad de San Andrés, pág. 3. Dirección URL: http://mba.americaeconomia.com/sites/mba.americaeconomia.com/files/alejandroatopoulos_emprendedores.pdf, [Consulta: 13 de enero de 2016].

¹⁷³ La iniciativa de crear un centro tecnológico derivó del exhaustivo debate sobre la orientación que debía tener la industria aeronáutica brasileña en el “Tercer Congreso Aeronáutico” en 1955. Véase Aureliano da Ponte; “La creación de EMBRAER: Un proyecto de Estado de carácter estratégico”, [en línea], *Gaceta Aeronáutica*, 22 de octubre de 2012. Dirección URL: <http://www.gacetaeronautica.com/gaceta/wp-101/?p=4069>, [Consulta: 14 de enero de 2016].

*eléctrica, clima adecuado y una topografía favorecedora.*¹⁷⁴ En suma, poseía las características ideales para emprender cualquier negocio, puesto que no era un polo tecnológico aislado y ya contaba con un antecedente industrial consolidado.¹⁷⁵ Además, el centro, cuya estructura fue diseñada en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT, por sus siglas en inglés), tenía un *modus operandi* similar que proporcionaba orientación financiera y tecnológica a empresas privadas brasileñas. Es importante destacar que el CTA se basó en una *estructura informal*¹⁷⁶ (sin complicados procesos burocráticos) para facilitar las redes de trabajo de la denominada triple hélice.

Lo anterior evidenció una colaboración estrecha con Estados Unidos, una consecuencia natural debido al contexto geopolítico de la época, pues ambos países reflejaron una situación de *simbiosis económica*¹⁷⁷ en la que Brasil era dependiente de sus exportaciones. Además, en plena Segunda Guerra Mundial, el gobierno del entonces presidente brasileño Getúlio Vargas expresó total apoyo al país estadounidense con el abandono de su posición neutral –ante los ataques alemanes- para autorizar la instalación de bases militares estadounidenses en el territorio nacional, y con ello, el impulso de la industria siderúrgica brasileña.¹⁷⁸

Dicha situación propició el intercambio del conocimiento para agregar valor al capital humano brasileño. Ello derivó en el establecimiento de nuevos centros de investigación, tales como el Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) y el Instituto de Pesquisas Espaciales (INPE, por sus siglas en portugués).

¹⁷⁴ José Adelino de Medeiros y Sérgio Alves Perilo; “Implantação e consolidação de um pólo tecnológico: o caso de São José dos Campos, *Artigo: Revista de Administração de Empresas*. Sao Paulo, vol. 30, núm. 2, 1990, pág. 37.

¹⁷⁵ La ciudad experimentó diversos ciclos económicos que giraban en torno a la industria cafetera, ganadera, médica, textil, química y militar.

¹⁷⁶ José Adelino de Medeiros y Sérgio Alves Perilo; op. cit., *Ibidem*.

¹⁷⁷ Luiz Alberto Moniz Bandeira; “Brasil como un Poder Regional y sus Relaciones con los Estados Unidos”, [en línea], *Revista Espaço Acadêmico*, Brasil, núm. 62, julio de 2006. Dirección URL: <http://www.espacoacademico.com.br/062/62bandeira.htm>, [Consulta: 10 de octubre de 2015].

¹⁷⁸ *Ibidem*.

En este tenor, el primer proyecto que correspondió al CTA fue diseñar el primer prototipo aéreo, el IPD-6504,¹⁷⁹ que hasta el momento de su certificación sería conocido como el *Bandeirante*. El proceso completo, desde el diseño hasta la construcción del avión, implicó una ardua labor pues no se contaba con bases avanzadas de conocimiento. A este respecto, uno de los grandes referentes de la industria aeronáutica brasileña, Ozires Silva, refería sobre el CTA que:

“Con formación básicamente técnica, poco sabíamos sobre leyes de mercado, ventas, *marketing* y publicidad. [...] precisábamos adquirir otros conocimientos [...]. Solamente tenía sentido fabricar un avión que atendiese los deseos y necesidades del público consumidor. Sin un plan que le garantizase sustentabilidad económica en el largo plazo, nuestro proyecto fracasaría, como tantos otros.”¹⁸⁰

Posteriormente, en 1950, este proyecto se comenzó a trabajar de manera conjunta con el Instituto de Investigación y Desarrollo (IPD, por sus siglas en portugués). Por su parte, el ITA fue sede del intercambio de conocimientos con expertos europeos, pues fue la institución responsable de la gestión de la vinculación con profesores reclutados en Francia y Alemania.

De esta manera, el gobierno brasileño forjó la primera etapa de la construcción de capacidades tecnológicas, es decir, desde la inexistencia de experiencia estableció la infraestructura necesaria para sentar las bases del aprendizaje y preparar su capitalización en la industria. Esta visión estratégica se reflejó en la creación de la Empresa Brasileira de Aeronáutica¹⁸¹ (EMBRAER, por sus siglas en portugués) en 1969, cuya actividad comercial más importante era la manufactura de motores de avión de fuselaje estrecho (*jets* regionales), así como la capacitación militar aeronáutica. De acuerdo con Ozires Silva, la empresa establecía que:

“(...) el Estado de Brasil controlaría el 51% de las acciones, también garantizaba la compra de sus productos por parte de las agencias estatales, y la exención de impuestos a los

¹⁷⁹ La nomenclatura del proyecto debe su nombre al ser el cuarto modelo diseñado en 1965.

¹⁸⁰ Ozires Silva; *Nas asas da educação, a trajetória de Embraer*. Elsevier, 2008, pág. 45.

¹⁸¹ La creación de EMBRAER se basó en la alianza entre el sector técnico del sector público y la fuerza militar de Brasil, proceso de gran relevancia en la creación de empresas estatales desde 1940.

insumos y aeropartes importados. Además, las empresas brasileras podrían invertir hasta el 1% del total de los impuestos federales anuales en acciones de la compañía.”¹⁸²

Sin duda alguna, la gestión gubernamental desempeñó el rol más importante para asegurar la sustentabilidad económica del sector, además de brindar mecanismos para incentivar la inversión extranjera directa y evitar caer en la nula diversificación comercial, tal como lo experimentó el caso argentino, principal punto de referencia para los brasileños. No obstante, aún faltaba mucho para satisfacer al mercado internacional, lo cual, en parte, fue más fácil gracias a la colaboración con el país estadounidense y ello implicaba contar con las certificaciones internacionales de seguridad aeronáutica.

3.2.2. El comienzo productivo basado en los contratos internacionales para la gestión de riesgos

La evolución productiva comenzó en 1970 con el prototipo *EMB-202*, monoplano utilizado para fines agrícolas (siembra, irrigación, fertilizantes y pesticidas). Este primer lanzamiento fue posible gracias al acuerdo de cooperación comercial con *Piper Aircraft*¹⁸³ de Estados Unidos, en el cual se estipulaba que los paquetes de ensamblaje serían proporcionados por la empresa para ser armados en Brasil. No obstante, el valor agregado brasileño radicaba en la integración de *sistemas con copias de seguridad para las principales funciones y un margen de seguridad adecuado para los componentes estructurales*,¹⁸⁴ es decir, se perfeccionó el control de calidad de los procesos de ensamblaje de aeroplanos.

Fue así que en 1978, el *Bandeirante* recibió la primera certificación por parte de la Administración Federal de Aviación (FAA, por sus siglas en inglés) y de *Civil Aviation Authority*, (CAA, por sus siglas en inglés). Por lo tanto, a partir de su primera certificación y consolidación de un nivel medio de innovación, EMBRAER identificó

¹⁸² Ozires Silva; *A decolagem de um sonho. A historia da criacao da Embraer*. Lemos, Brasil, 1998, pág. 98.

¹⁸³ José Eduardo Cassiolato, *et. al.*; *Transfer of technology for successful integration into the global economy: A case of study of Embraer in Brazil*. Geneva, UNCTAD, Naciones Unidas, 2002, pág. 8.

¹⁸⁴. Andrea Goldstein; “EMBRAER: From national champion to global player”, *CEPAL Review*, Francia, agosto 2002, pág. 101

su nicho de mercado por excelencia: los *jets* regionales. Sus capacidades tecnológicas permitían la fabricación de un avión con turbopropulsión capaz de ahorrar combustible, pues sus alas serían más anchas y por ello requeriría de una pista de aterrizaje más corta. Se trataba de un avión que operase en situaciones climatológicas adversas y en relieve irregular.

Como resultado, los prototipos *EMB-312 Tucano* y el *EMB-120 Brasília* fueron desarrollados con las nuevas capacidades tecnológicas adquiridas que redujeron costos y propiciaron un valor agregado: motor turbohélice, asientos eyectables, alta velocidad y gestión logística. Lo anterior fue un detonante e inclusive un incentivo que impulsó la ejecución de un nuevo programa para desarrollar y perfeccionar un avión de caza (Programa AMX), en donde EMBRAER instaló, por primera vez, el *sistema de diseño y manufactura asistidos por computadora*¹⁸⁵ (CAD/CAM, por sus siglas en inglés).

Este programa fue posible gracias a las nuevas relaciones que se entablaron entre el gobierno brasileño y la Fuerza Aérea Brasileña, así como, a las capacidades tecnológicas de ese momento que destacaban el diseño y producción de *jets*. Otro factor que hizo tangible dicho adelanto tecnológico fue el establecimiento de redes de trabajo con empresas de otros países como Italia, desde la creación del ITA.¹⁸⁶ De esta manera, se pudieron superar aquellos vacíos para mejorar los procesos en la manufactura y así volver más eficaz su rendimiento.

3.2.3. La crisis como detonante de la consolidación industrial aeronáutica

En 1985, con el objetivo de fortalecer su relación bilateral, Argentina y Brasil comenzaron a desarrollar tecnología de motores con turbopropulsión, cuyo proyecto principal era el *CBA 124 Vector*.¹⁸⁷ Dicha colaboración tuvo tal éxito que cinco años después pudo ser parte del primer prototipo a prueba. No obstante, el proyecto tuvo

¹⁸⁵ Andrea Goldstein; op. cit., *Ibidem*, pág. 102.

¹⁸⁶ Empresas como Aeritalia y Macchi Aeronautic. *Ibidem*.

¹⁸⁷ El CBA 124 Vector poseía un valor total de \$300 millones de dólares.

que ser cancelado como consecuencia de su alto precio ante la crisis económica de 1990, así como de la discontinuidad política. Asimismo, durante la reestructuración internacional de 1990 a 1994, el contexto geopolítico no favoreció el desempeño de EMBRAER, pues el fin de la Guerra del Golfo y la disminución del conflicto de la Guerra Civil de Angola afectaron severamente las exportaciones y, por consiguiente, el desarrollo tecnológico y financiero de la industria.

Sin embargo, Brasil pudo adaptarse a las necesidades y prácticas de la industria de ese momento, lo que dio como resultado la creación del modelo de nueva generación *ERJ-145*, que fue lanzado hasta 1996, y cuyo uso estaba destinado exclusivamente para rutas regionales. El proyecto contaba con la integración de la tecnología de turbohélice, que había sido desarrollada para el Programa AMX.

Sin embargo, a pesar de que el diseño y desarrollo del prototipo se basó en la cooperación comercial con proveedores de mayor escala y de que existían las condiciones necesarias e idóneas para la asimilación de dicha tecnología¹⁸⁸, el programa no pudo superar el valor agregado del modelo anterior que ya se había gestado previamente en la industria aeronáutica brasileña. No obstante, ello no impidió el progreso del desarrollo del subsecuente modelo *ERJ-170/190*.

3.2.4. La privatización y una nueva etapa de desarrollo tecnológico

La situación aparentemente desfavorable para EMBRAER resultó ser un punto a favor en la consolidación de su sustentabilidad empresarial al ser privatizada en 1994.¹⁸⁹ Constituyó un punto de inflexión que obligó a repensar sus alcances productivos y tecnológicos para implementar nuevos procesos orientados a mejorar su desempeño.

Entre dichos procesos se encuentran la inversión en sistemas de tecnologías de la

¹⁸⁸ Ya existían clústers de proveeduría local en la región. Bittencourt, Sérgio., et. al.; “O desafio do apoio ao capital nacional na cadeia de produção de aviões no Brasil”, *Revista do BNDES*, vol. 12, núm. 23, junio de 2005, 119-134 pp.

¹⁸⁹ Los inversionistas brasileños obtuvieron el 60% de las acciones, mientras que los europeos solamente controlaron el 20% de la empresa. El remanente fue absorbido por el mercado de capitales.

información (TIC's) y la *obtención de la certificación ISO 9001 para cuestiones de calidad, diseño, producción y ventas*,¹⁹⁰ así como, la firma de acuerdos de riesgo compartido o contratos tipo *joint venture* con países como Estados Unidos, Japón, España, Chile, Bélgica y Francia. Aunado a ello, el caso *ERJ-145* también fungió como pieza principal en la consolidación de la industria, pues su desarrollo fue de gran utilidad para la acumulación de capacidades tecnológicas. Este prototipo fue altamente demandado por empresas estadounidenses después de su lanzamiento en el show aéreo de Farnborough en 1996.

En ese mismo año, EMBRAER firmó un acuerdo de riesgo compartido con la empresa estadounidense United Technologies-Sikorsky -ahora propiedad de Lockheed Martin-, el cual estableció un marco de cooperación para el intercambio de conocimientos sobre sistemas, depósitos de combustible y trenes de aterrizaje del helicóptero S-92. Un acuerdo de vital importancia pues facilitó el acceso a nuevas tecnologías de materiales y de diseño virtual, entre ellas, *la Computer Aided Three-Dimensional Interactive Application*, (CATIA, por sus siglas en inglés).¹⁹¹

Posteriormente, el grado de desarrollo tecnológico avanzó velozmente que tan sólo cinco años después se produjo el primer avión ejecutivo brasileño, el *Legacy*.¹⁹² Ello significó que EMBRAER ya dominaba parte del mercado global, por lo que en 2003 firmó el primer contrato *joint venture* con la empresa aeronáutica AVIC de China.¹⁹³ Dicho *joint venture* fue motivado por el deseo de capitalización y maximización de las capacidades tecnológicas adquiridas no para abarcar más mercados, sino para tener acceso a nuevas tecnologías o *know how*, lo que comprueba que su objetivo principal no era la producción a gran escala.

¹⁹⁰ Andrea Goldstein; *op. cit., Ibidem*, pág. 103.

¹⁹¹ La aplicación CATIA es una herramienta de gran utilidad como plataforma de modelado y diseño de procesos de manufactura, pues permite identificar las operaciones que requieren la asistencia de socios internacionales. Véase más en Andrea Goldstein; *op. cit.*, pág. 104.

¹⁹² Niosi, *op. cit.*, pág. 37.

¹⁹³ Para mayor referencia, véase Edmund Amann; "Technology, Public Policy and the Emergence of Brazilian Multinationals", en L. Brainard y Martínez-Díaz, L; *Brazil as an Economic Superpower? Understanding Brazil's Changing Role in the Global Economy*. Brookings Institution Press, Washington, D. C, 2009.

Posteriormente, el acceso a nuevos mercados fue utilizado para obtener beneficios de otro tipo de transferencia tecnológica: capacitación para el mantenimiento. Esto fue posible desde el segundo contrato *joint venture* con la empresa portuguesa OGMA (OGMA, por sus siglas en portugués). OGMA es una empresa de mantenimiento aeronáutico, lo cual, significa que funge como una proveedora de servicios en un punto estratégico global, es decir, en Europa. Además, también es una empresa subcontratista, lo que implica que con dicho contrato se satisfacen eslabones dentro de la cadena de producción a un nivel más avanzado.

Explicado lo anterior, podemos señalar que el éxito en la creación de capacidades tecnológicas en la industria aeronáutica brasileña, radica en la búsqueda de nuevas tecnologías para su constante actualización. Esto lo logra mediante un instrumento jurídico comercial internacional de gran utilidad que son los contratos tipo *joint venture*.

3.2.5. Balance crítico

Al analizar la dirección de las capacidades tecnológicas resultantes, podemos dar cuenta de que la racionalidad técnica de su desarrollo estuvo basada en la visión estratégica para lograr la integración nacional. Brasil se encontraba en un momento clave de transición democrática por lo que pretendía conciliar dos visiones antagónicas: la empresarial y/o institucional con la militar. Ello implicaba que no solamente se debía crear y reforzar el conocimiento tecnológico (*know how*) – proveniente principalmente de fuentes militares–, sino que también era menester crear un plan de negocios efectivo con un marco institucional fuerte para el dominio del nicho de mercado que se había propuesto: el de *jets* regionales.

Dicho proceso fue posible gracias al “ensayo y error” de las operaciones de negocios experimentadas durante el inicio de la producción aeronáutica brasileña. Por esta razón, a diferencia de China, las capacidades tecnológicas brasileñas se enfocaron en evitar, en el mayor grado posible, la dependencia tecnológica con otras empresas internacionales. Brasil logró la independencia tecnológica en tres áreas de producción que no involucraban gestiones de alto valor agregado ni de

riesgo, como lo era la manufactura de los componentes principales. Por esta razón, EMBRAER se enfocó en el diseño y producción de fuselajes, así como en el ensamblaje final de aviones; una producción parcial que nunca hubiera iniciado sin el respaldo internacional de Estados Unidos.

En este sentido, las alianzas internacionales fungieron como detonante de las capacidades tecnológicas centrales que crearon una ventaja competitiva respecto de otros países. Esto le permitió acumular conocimientos –y también bases financieras- para poder enfrentar la crisis de 1990.

Posteriormente, la privatización de la empresa transformó su *modus operandi*, pues la producción, investigación y desarrollo ya no girarían en torno a especificaciones de los clientes, sino que ahora se erigirían a partir de proyectos de prototipos aeronáuticos para dotar de mayor flexibilidad y autonomía al proceso de aprendizaje; esto con la finalidad de contribuir al incremento de soluciones técnicas propuestas ya no solamente por los líderes de proyectos, sino también, por los propios trabajadores y estudiantes involucrados.

Sin embargo, como se mencionó anteriormente, la estructura inicial del funcionamiento de una de las instituciones que dio lugar a EMBRAER no tuvo un carácter formal, es decir, el sistema de innovación en el que se desarrolló no estuvo constituido por un marco institucional sistematizado, diversificado y descentralizado. Por ende, esto dio como resultado un proceso de integración bajo la lógica de la coevolución tecnológica, en donde la interacción fue más flexible entre múltiples actores en diferentes grados de participación de la innovación tecnológica aeronáutica, y no un proceso de integración basado en la triple hélice (entre gobierno, empresas y sociedad civil).

Sin embargo, el rezago de la renovación institucional marca un desfase con el aspecto productivo. Aún no se ha planteado si las instituciones existentes son lo suficientemente eficientes para enfrentar los nuevos retos. Sin duda, ante la informalidad institucional, no existe un seguimiento apropiado de los procesos de

regulación de las empresas aeronáuticas al interior del territorio brasileño, ya que el objetivo principal de estas empresas es la especialización tecnológica (innovación). Dicha situación deja en segundo plano a los dos elementos más importantes en la creación de capacidades tecnológicas: al aprendizaje –concentrado en actividades de I+D propias- y la visión a largo plazo de una política industrial.

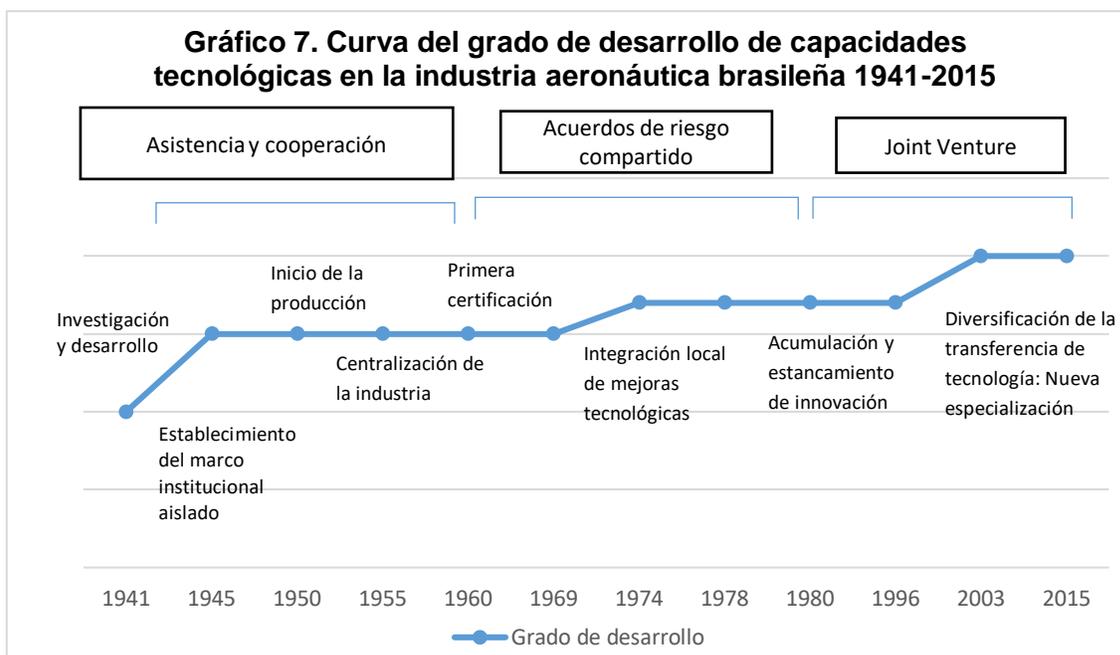
Por otra parte, si bien se logró la independencia tecnológica en sectores específicos de la producción, la industria aeronáutica brasileña sigue dependiendo de otras áreas que fueron delegadas a las empresas extranjeras con más experiencia. Además, dichas áreas son las de mayor complejidad tecnológica, por lo que limita la capacidad brasileña para desarrollar componentes y procesos con alto valor agregado, derivados de una matriz local (empresa) verdaderamente nacional y no de un conglomerado multinacional que tuvo éxito en territorio brasileño.

En este sentido, podemos concluir que la industria aeronáutica brasileña tuvo grandes aciertos, pero aún quedan retos por enfrentar. Por una parte, EMBRAER desarrolló la inteligencia de negocios más sofisticada entre los actores principales de la escena aeronáutica global, debido a que integró una estructura contractual con los países líderes en la industria, fortalecida por excelentes habilidades de negociación.

Asimismo, la gestión tecnológica fue tan eficaz que fue capaz de generar el cambio técnico para mejorar los procesos de manufactura y ensamblaje. No solamente desarrolló capacidades tecnológicas básicas, sino que además, logró un nivel superior hasta llegar a innovaciones tangibles. Además, propició la creación de capacidades de producción y organizacionales, una cuestión no común al ser un país emergente.¹⁹⁴ Aunque al depender de las relaciones comerciales –a mediano plazo- con los socios más importantes del mundo, Brasil adquiere el compromiso de

¹⁹⁴ A este respecto, en la literatura reciente sobre aprendizaje y construcción de capacidades tecnológicas, se hace referencia a la existencia de una taxonomía que no contempla el desarrollo de capacidades organizacionales en países en desarrollo, lo cual constituye un área de investigación que no ha sido ampliamente explorado. Véase en Arturo Torres Vargas; “Aprendizaje y Construcción de Capacidades Tecnológicas”, *Journal of Technology, Management and Innovation*. Chile, vol. 6, núm. 5, 2006.

mantener dichas redes de trabajo, o bien, de crear un mecanismo para la absorción efectiva de conocimiento. Es decir, Brasil se encuentra entre la simple adquisición de bienes y la consolidación de capacidades tecnológicas avanzadas, lo cual, sin duda alguna, da cuenta de una evidente transformación gradual de su industria aeronáutica.



Fuente: Elaboración propia basada en la sistematización de datos de la presente investigación.

3.3. El caso de Canadá

A lo largo del tiempo, los grandes avances en materia aeronáutica fueron posibles gracias a la consolidación de industrias pilares como la automotriz y ferrocarrilera, pero también a la fusión de empresas multinacionales en territorio nacional. Sin embargo, el caso de Canadá muestra la coexistencia de otros factores muy particulares que hicieron posible el surgimiento de una industria poderosa, líder en el mercado aeronáutico internacional de aviones regionales.

En este sentido, el conglomerado industrial canadiense comenzó a acumular capacidades tecnológicas a partir de actividades secundarias a la manufactura, tales como el mantenimiento, reparación y revisión (MRO), lo cual representó un

aprendizaje eficaz de fuentes de conocimiento externas. Por lo tanto, la industria aeronáutica de Canadá denota un sistema educativo fuerte pero flexible al cambio, así como la intervención estratégica del Estado en momentos clave de la primera mitad del siglo XX.

El surgimiento de estos factores generó las condiciones ideales para el establecimiento de una política industrial que, gracias a la constante innovación de la aeronáutica, fue transformándose en una política tecnológica que permitió la incursión de nuevos actores, y con ello, una nueva gobernanza en la regulación nacional, así como en la cadena global de valor.

3.3.1. El surgimiento de la industria aeronáutica canadiense a partir del servicio aéreo

Durante los primeros años del siglo XX el gobierno canadiense compraba aviones estadounidenses para exploración aérea, monitoreo a distancia, distribución del correo, mitigación de incendios y cartografía.¹⁹⁵ Resultaba evidente que a pesar de tener la capacidad para efectuar labores MRO, aún no se contaba con infraestructura básica para la manufactura de aeropartes u otras actividades de mayor complejidad. Es decir, estas aeronaves fungían sólo como un referente tecnológico externo.

Sin embargo, ante la existencia de otras bases de conocimiento procedentes de distintos sectores productivos como el automotriz, naval y ferrocarrilero, así como de la creciente inquietud que inspiraban dichas máquinas voladoras en empresarios entusiastas, se dio pauta al establecimiento de la primera empresa aeronáutica en 1909, la Canadian Aerodrome, conformada a partir de la Asociación para Experimentos Aéreos¹⁹⁶ (AEA, por sus siglas en inglés).

Esta agrupación, que fungía como antecedente del primer centro de investigación y

¹⁹⁵ Pierre Thiffault; *Les origines de l'aviation Québécoise*, en *Cap-aux-Diamants*, núm. 87, otoño de 2006, Québec, pág 12.

¹⁹⁶ La AEA fue fundada por Alexander Graham Bell, Glenn Curtiss, Lieutenant Thomas Selfridge, John McCurdy y Frederick "Casey" Baldwin; los dos últimos fueron ingenieros canadienses. Christian Riel; "Early Flying Machines", *The Walkway of Time*, National Aviation Museum, Canadá, 1998, pág. 2.

desarrollo para el perfeccionamiento de los motores aeronáuticos, impulsó la producción a gran escala de aeronaves para la Primera Guerra Mundial. En aquella época, la demanda internacional de aeronaves de entrenamiento militar, sobre todo de Gran Bretaña, representó una oportunidad para desarrollar un nicho comercial para Canadá. Por esta razón, se creó el primer monopolio aeronáutico conocido como Canadian Aeroplanes Limited, el cual desarrolló el *Curtiss JN-4 “Canuck”*,¹⁹⁷ uno de los prototipos más representativos del país –adaptado a partir de un modelo estadounidense- al ser el primero destinado para la exportación masiva gracias a la concesión de una licencia industrial. No obstante, de acuerdo con expertos del gobierno británico, en 1916 todavía no se vislumbraban capacidades tecnológicas básicas suficientes para el establecimiento de empresas de manufactura y ensamblaje de aeronaves en Canadá:

“[...]He hablado en privado con el jefe de la Oficina de Guerra, así como con el del Almirantazgo Británico de Aeronáutica y estoy de acuerdo con sus visiones. Ellos no recomiendan el establecimiento de una fábrica de producción de aviones, pero aceptan la sugerencia del gobierno canadiense para instruir a los pilotos [...]”.¹⁹⁸

Posteriormente, tal perspectiva fue corroborada por la incapacidad de producción a gran escala, lo que provocó que la mayoría de las empresas quedase en bancarota para 1920.¹⁹⁹ Esta falta de viabilidad técnica y financiera ocasionó cierto desinterés en el sector militar, pero no fue sino hasta las operaciones del llamado “Domingo Negro” de 1918 que se efectuó el reordenamiento de flotas aéreas para fines bélicos, y con ello, el comienzo de la fabricación de aviones de caza a partir de prototipos extranjeros. De esta manera, el gobierno canadiense optó por utilizar

¹⁹⁷ Christian Riel; *op. cit.*, pág. 5.

¹⁹⁸ Traducción propia del telegrama enviado al primer ministro canadiense por parte del alto comisionado del gobierno británico. Se trata de un mensaje que pertenece a una exhaustiva correspondencia entre ambos gobiernos. Para mayor referencia, véase Department of External Affairs, “Documents relatifs aux relations extérieures du Canada. Vol. 1, 1909-1918”, [en línea], Queen’s Printer, Ottawa, 1967, pág. 124. Dirección URL: http://gac.canadiana.ca/view/ooe.b1603413E_001/136?r=0&s=1, [Consulta: 5 de noviembre de 2016].

¹⁹⁹ De acuerdo con Zhegu, de 1909 a 1920 la multinacional *Canadian Aeroplanes*, fabricó 1243 aviones, de los cuales sólo 63 provenían de Canadá. En Estados Unidos se produjeron 17674 aviones en el mismo periodo. M. Zhegu; *op. cit.* pág. 184.

aviones británicos para conformar la Royal Canadian Air Force, (RCAF)²⁰⁰ la cual defendería la costa de Nueva Escocia ante los ataques de los barcos submarinos alemanes (*U-Boots*).²⁰¹ Terminada la guerra, la aviación civil recobró mayor relevancia.

Cabe destacar que, para el término de la Primera Guerra Mundial, gran parte del territorio canadiense aún permanecía inexplorado, por lo que se comenzó a instaurar el servicio aéreo de exploración y transporte remotos (*bush flying*, en inglés) con la flota *Curtiss HS-2L*,²⁰² donada por Estados Unidos. Uno de estos prototipos fue popularmente llamado *La Vigilance*, hidroavión que fue el primero en fungir como patrulla forestal y en proveer servicios de correo aéreo.²⁰³ Esto sólo fue el preámbulo del auge del servicio brindado por las aerolíneas canadienses.

3.3.2. Reconfiguración productiva ante la expansión del mercado aeronáutico estadounidense y británico en Canadá

A partir de 1923, con el apoyo económico del gobierno para promover la inversión extranjera y la fusión comercial, se reformuló la lógica productiva al instalarse empresas extranjeras de manufactura y ensamblaje. Ejemplo de ello se manifiesta con Canadian Vickers, que obtuvo la primera licencia para fabricar el *Fairchild FC-2W-2*,²⁰⁴ así como De Havilland, de origen británico. También se efectuó la fusión y adaptación de Pratt & Whitney Tool con la compañía Air Craft en 1925; además, se estableció De Havilland Canada en Toronto, Ontario y Québec hasta 1928.

Asimismo, algunas empresas decidieron establecer subsidiarias en Canadá debido a la extensión de su mercado y a la compensación productiva ante la saturación en

²⁰⁰ *Idem*.

²⁰¹ Abreviatura del término alemán *unterseeboot*, que significa “barco submarino”. Lisa Zamosky; “Estados Unidos se acerca a la guerra”, *Primera Guerra Mundial*. Teacher Created Materials, California, 2015, pág. 14.

²⁰² Christian Riel; *op. cit.* pág. 6.

²⁰³ Un hidroavión puede realizar amerizajes. s/a; “Curtiss HS-2L: La Vigilance”, [en línea], Canada Aviation and Space Museum. Dirección URL: <http://casmuseum.techno-science.ca/en/collection-research/artifact-curtiss-hs-2l-la-vigilance.php>, [Consulta: 5 de noviembre de 2016].

²⁰⁴ Christian Riel; *op. cit.* pág. 7.

las casas matrices estadounidenses.²⁰⁵ Tal fue el caso de Boeing y Fleet Aircraft, que para 1929 fueron partícipes de una producción irregular en este país.

De igual manera, otras compañías aprovecharon la acumulación de capacidades tecnológicas de otros sectores productivos similares para proceder a la fusión comercial con aquellas del giro aeronáutico. Un ejemplo de ello fue el consorcio constituido por Ottawa Car & Aircraft, MacDonalds Bros Aircraft, National Steel Car & Victory Aircraft y Canadian Car & Foundry, empresa productora de armas para la Segunda Guerra Mundial.

No obstante, ante la crisis económica de los años veinte, la mayoría de empresas de manufactura cayeron en bancarrota, haciendo inviable el apoyo económico gubernamental para el rescate de sus actividades industriales. Por esta razón, fue el primer obstáculo que determinó la supervivencia de las empresas aeronáuticas canadienses más fuertes.

3.3.3. El crecimiento de la aeronáutica canadiense basado en el surgimiento de una política industrial y un nuevo sistema educativo

El hito que dio inicio a la siguiente etapa del desarrollo fue la Segunda Guerra Mundial, pues en 1939, ante la demanda de aeronaves militares que propició el auge productivo de motores, surgía de igual manera el Proyecto Educativo Federal-Provincial²⁰⁶ en el que se implementaron proyectos regionales para jóvenes desempleados, con la finalidad de adquirir práctica en la industria local. Sin embargo, las actividades de diseño más importantes se realizaban en los países matrices: Estados Unidos e Inglaterra, lo cual restringía la capacidad de innovación de la industria canadiense, misma que limitaba sus actividades industriales a la

²⁰⁵ Para 1934, Canadá ya recibía pedidos de aeronaves considerablemente importantes. Uno de ellos fue de 34 aviones solicitados por China, el cual fue traspasado por la empresa Fleet Aircraft. M. Zhegu; *op. cit.* pág. 187.

²⁰⁶ Para mayor información véase Ministerio de Comercio e Industria, "Educación especializada y técnica", *Canadá: Manual oficial de las condiciones actuales y de los recientes progresos*. Edmond Cloutier, Ottawa, 1945, pág 259.

producción masiva de aviones sin un valor agregado.

Empero, poco tiempo después se comenzó a establecer un vínculo de trabajo entre la RCAF y el Consejo Nacional de Investigaciones, establecido desde 1916. Su colaboración consistió en realizar pruebas y mejoras técnicas en los laboratorios aeronáuticos instalados con apoyo de los gobiernos estadounidense y británico. De acuerdo con el Ministerio de Comercio e Industria de 1945, el *Structure Laboratory* era el laboratorio más equipado en Canadá, con infraestructura adecuada para probar diferentes partes estructurales de los aviones:

“[...]Tales pruebas son esenciales cuando se construye un nuevo tipo de avión especial, cuando se destina un avión a ciertos usos para los cuales o fue construido, o cuando su estructura ha sido modificada con vistas al empleo de materiales casi agotados a causa de las prioridades [sic]. Además, se realizan investigaciones de carácter más fundamental para los ensayos. Esta clase de trabajos comprende el diseño y la construcción de modelos de avión en madera, muy usados en el entrenamiento aéreo”.²⁰⁷

Cabe mencionar que dichas actividades se llevaban a cabo con universidades y empresarios, ambos apoyados por un sistema de subvenciones conocido como *Assisted Research Grants*.²⁰⁸ Asimismo, es interesante destacar que en ese mismo año se efectuó un cambio en la política pública sobre las investigaciones relacionadas con la guerra, pues para evitar la redundancia de investigaciones y resultados, algunas de ellas se desarrollaban en los departamentos del gobierno, otras en instituciones académicas y en laboratorios industriales.²⁰⁹ Sin duda alguna, el proceso de aprendizaje se había reformulado para satisfacer las necesidades de defensa y rescate en el menor tiempo posible ante un posible ataque.

Pero gracias al papel preponderante estatal y de la tendencia global de la nacionalización, en 1944 se logró negociar la cesión de una de las primeras subsidiarias londinenses: Canadian Vickers. Como resultado se fundó Canadair,

²⁰⁷ *Ibidem*, pág. 318.

²⁰⁸ *Idem*.

²⁰⁹ Cfr. Flemming, Thomas; “Evolución del Sistema Educativo en Canadá y su situación actual”. Seminario de Posgrado “La Educación Superior en Canadá”, Sociedad Argentina de Estudios Comparados en Educación, Centro Cultural Borgers, Argentina, 5 de julio de 2002, 4 pp.

cuya labor principal versaba sobre la reconversión de la industria aeronáutica militar a la civil mediante licencias de producción. De esta manera, fue hasta 1946 que dicha compensación industrial generó las condiciones para mejorar la aeronave *Douglas C-54/DC-4*, lo que dio como resultado a la “Estrella del Norte” (*Canadian North Star*, por su denominación en inglés), un avión aún más rápido que su predecesor debido a la integración de nuevos motores.²¹⁰

Dos años después, Canadair experimentó posteriores fusiones con diferentes empresas como Electric Boat, ahora General Dynamics. Por su parte, también De Havilland y Avro fueron compradas por el gobierno.

Sin duda, el fortalecimiento de conglomerados multinacionales y del establecimiento de alianzas estratégicas bilaterales dio cuenta de una renovación gradual de la investigación y desarrollo en la industria aeronáutica, pues se comenzaron a diseñar aviones experimentales con capacidad de despegue y aterrizaje vertical, una de las tendencias mecánicas más complejas en la actualidad. De esta manera, las compañías que fueron capaces de enfrentar tales retos de viabilidad en territorio canadiense poseían el monopolio comercial debido al respaldo selectivo del gobierno, siendo las únicas generadoras del 84% de la producción industrial en general para la época de la postguerra.

En este sentido, puede hablarse del surgimiento de una nueva política industrial que hizo posible la independencia necesaria para el desarrollo de áreas que estaban restringidas. Es decir, el diseño, modelismo y formación de un avión en su totalidad ya estaban a cargo del talento canadiense, inclusive para el sector militar. Esto se concretó gracias a la mejora de la interacción interinstitucional y a la integración de proyectos provenientes de otras disciplinas a cargo del organismo canadiense de

²¹⁰ La mejora técnica consistió en la transformación de los motores de pistones radiales a motores *Merlín* de *Rolls Royce*. Esto resultó en una aeronave capaz de volar a una velocidad de 523 km/h, 200 km/h más rápido que su aeronave predecesora. Para mayor información, véase Upton, Bill; “Canadair CL-2/C-54GM North Star RCAF Serial 17515”, [en línea], Canada Aviation and Space Museum Aircraft, Canadá, 2012. Dirección URL: <https://documents.techno-science.ca/documents/CASM-AircraftHistories-CanadairNorthStar.pdf>, [Consulta: 22 de marzo de 2016].

gestión gubernamental en ciencia y tecnología más importante del periodo de postguerra, el Consejo Nacional de Investigación (*NRC*, por sus siglas en inglés).²¹¹

3.3.4. La consolidación de la industria aeronáutica canadiense a partir de la integración comercial con Estados Unidos y la transformación de la política industrial

La siguiente etapa en el desarrollo de capacidades tecnológicas inició con el establecimiento de acuerdos comerciales con Estados Unidos, los cuales aseguraban el acceso total de componentes y aeronaves canadienses a territorio estadounidense, tal como lo manifestó la firma del Acuerdo de Defensa Aérea Norteamericana,²¹² ahora llamado Mando Norteamericano de Defensa Aeroespacial (*NORAD*, por sus siglas en inglés). En 1957, su objetivo contemplaba la construcción e instalación de un sistema de detección de cohetes balísticos soviéticos en Cheyenne Mountain, Colorado, en plena Guerra Fría. Esto representó un incremento productivo de aviones de caza y monitoreo, dependiente del intercambio comercial entre Canadá y Estados Unidos, el cual obedecía a la seguridad nacional territorial.

Posteriormente, a partir de la década de los setenta, la universalización de las medidas de libre mercado provocó un decrecimiento de la incidencia del Estado en la economía nacional. Dicha situación se reflejó en la tercera etapa de la industria: la consolidación. Recordemos que dada la concepción predominante del *desarrollo económico* desde una perspectiva determinista, cuantitativa y unidimensional, el factor tecnológico adquirió una relevancia sin precedentes, por lo que fungió como un instrumento para solventar la crisis mundial del embargo petrolero de 1973, mismo que afectó la producción de aeronaves. En este sentido, si bien fue evidente el estancamiento de la producción debido a la fuerte dependencia con su vecino norteamericano, el gobierno canadiense aprovechó el contexto internacional para

²¹¹ Majlinda Zhegu; “Technology Policy Learning and Innovation Systems Life Cycle: the Canadian Aircraft Industry”, [en línea], Innovation, Strategy and Structure/ Druid Society, Dinamarca, Junio 2011. Dirección URL: http://druid8.sit.aau.dk/acc_papers/vlss0n2kr538om1vcbehqac3fvk3.pdf, [Consulta: 26 de marzo de 2016].

²¹² *Ibidem*.

renovar la política industrial que había comenzado a gestar de forma paralela, aunado a la negativa del gobierno británico por seguir proporcionando las aeronaves de defensa *Hawker Hurricane*, indispensables para la protección fronteriza de Canadá.

Esta nueva política industrial se basó en la diversificación de la estructura productiva general para identificar los núcleos tecnológicos que podían contribuir al desarrollo de cada sector, como el aeronáutico. No obstante, al tratarse de una política acompañada por inversión, el apoyo estatal no resultó suficiente, por lo que se tuvo que recurrir a la participación de la iniciativa privada.

Un hecho que materializó dicha necesidad fue el fracaso del programa *Challenger 600* desarrollado por Canadair, que resultó en la adquisición de la empresa por parte de Bombardier en 1986. Otro ejemplo fue la compra de Bell Helicopter Textron²¹³ en 1983 para la fabricación de helicópteros civiles en Montreal y la adquisición de De Havilland por Boeing. Cabe mencionar que esto significó una gran oportunidad ante la adquisición estratégica al considerar el final del ciclo de vida de los aviones producidos a mitad del siglo XX, por lo que ahora estarían en condiciones idóneas para innovar y mejorar los motores de aviones de regionales.

En este sentido, con las subsidiarias establecidas en territorio canadiense se comenzaban a realizar actividades de I+D y a garantizar medios para la adquisición de conocimiento en áreas muy específicas a través de una estrategia de incentivos u *offsets* ofrecidos por el gobierno de Canadá a matrices extranjeras. De este modo, se aseguraba cierta estabilidad política y económica para dispersar -a manera de *clúster*²¹⁴- la actividad industrial en otras zonas del país como Québec y Montreal.

En el caso de Bombardier, tal empresa carecía de conocimientos sobre la industria

²¹³ *Idem.*

²¹⁴ De acuerdo con Michael Porter, un clúster es “un grupo geográficamente próximo de compañías interconectadas e instituciones asociadas en un campo determinado, ligadas por similitudes y áreas complementarias”. Véase Carrillo, Javier (Coord.); *Desarrollo basado en el conocimiento*. Fondo Editorial de Nuevo León, México, 2008, pág. 30

aeronáutica pues era una empresa especializada en motocicletas para nieve.²¹⁵ Fue entonces que al integrar su respaldo mecánico en el sector ferrocarrilero y automotriz, acumuló las capacidades tecnológicas necesarias para desarrollar y fortalecer su línea de producción aeronáutica, lo cual dio como resultado una empresa competitiva a nivel internacional, capaz de ubicarse entre el nivel Tier 2 y Tier 3 de la cadena global de valor, bajo una relación de gobernanza modular con respecto a la producción de Estados Unidos y Reino Unido.

Consecuentemente, Bombardier fue absorbiendo otras pequeñas y medianas empresas mediante la compra de Short Brothers en 1989, Learjet en 1990 y De Havilland en 1992; con la finalidad de aumentar y diversificar la compra-venta de aviones, así como de obtener conocimientos y efectuar la investigación y desarrollo.

3.3.5. Definición de una industria aeronáutica propia ante la crisis de seguridad del 9/11

Finalmente, en la cuarta etapa de la historia aeronáutica de Canadá, se toma como punto de referencia el ataque terrorista del 11 de septiembre de 2001 en Nueva York. Era evidente que, dado el súbito aumento de sospechas sobre el origen de los aviones, figuraban en primer lugar Canadá y México, siendo los dos países igualmente afectados por la eventual coyuntura, pero en diferentes planos. En este caso, a Canadá y Quebec les tocó perder confiabilidad.

Lo anterior dio lugar al replanteamiento del rol canadiense en la industria aeronáutica, la cual redujo su oferta, garantizó la permanencia de las empresas más fuertes y se mostró autónoma. Según Jolicoeur, esta nueva visión consistía en lo siguiente:

“(…) han reducido radicalmente el número de sus proveedores y de sus subcontratados. Han exigido también, de aquellos que permanecieron, una mayor participación en la I+D, en la toma de riesgo tecnológico y financiero, así como en la producción del subensamblaje completo de aviones. En ciertos casos, el número de proveedores se redujo a diez y los

²¹⁵ Lucie Morissette; “Evolución del conglomerado industrial de la industria aeroespacial en Montreal”, *La industria aeroespacial: complejidad productiva aeroespacial*. FLACSO, México, 2013, pág. 29.

restantes se encuentran en una situación precaria, porque su pequeño tamaño y falta de especialización les dificulta invertir en I+D”.²¹⁶

Sin embargo, a pesar de la obtención de la independencia aeronáutica, Canadá todavía fabrica algunos aviones militares que siguen sin llegar a ser aviones diseñados exclusivamente para combate. Por otra parte, el pasado aeronáutico de Canadá ha generado un puente con el sector espacial pues sus previas habilidades mecánicas se han concentrado y consolidado en desarrollos en mecatrónica y en propulsión por medio de empresas líderes como MDA Corporation y Pratt & Whitney Canadá.²¹⁷

3.3.6. Balance crítico

Como puede observarse, las capacidades tecnológicas de la industria aeronáutica de Canadá fueron impulsadas por la iniciativa privada al implementar y controlar los servicios aéreos, actividad que gradualmente derivó en la organización de las fuerzas aéreas canadienses y en la fabricación de aeronaves con incipiente tecnología de matriz local. Es decir, partió de un segmento de mercado muy específico en un panorama de alta rentabilidad a corto y mediano plazo, el cual sería el parteaguas para una subsecuente reconversión industrial de mayor complejidad.

Cabe mencionar que los aviones adquiridos para llevar a cabo dichas tareas de exploración como parte de los servicios aéreos, provenían de países como Estados Unidos y Gran Bretaña, por lo que esta práctica inicial de compraventa podría explicar la razón del estrechamiento de relaciones comerciales con otros países para obtener conocimiento y reformular constantemente su *know how* aeronáutico.

²¹⁶ Jolicoeur, Martin; “La industrie aérospatiale réclame l’aide du gouvernement”. *Diario Les Affaires*, Montreal, 26 de septiembre de 2009, Dirección URL: <http://www.lesaffaires.com/archives/generale/l-industrie-aerospatiale-reclame-l-aide-du-gouvernement/504215>, [Consulta: 19 de abril de 2016].

²¹⁷ Miguel Morán y Alfonso Mayo; “La ingeniería en la industria aeroespacial”, [en línea], CONACYT, México, 2013, p.7. Dirección URL: <http://www.observatoriodelaingenieria.org.mx/docs/pdf/5ta.%20Etapa/15.La%20ingenier%C3%ADa%20en%20la%20industria%20aeroespacial%20en%20M%C3%A9xico.pdf>, [Consulta: 20 de abril de 2016].

Es decir, que este proceso de compraventa se transformaba en un proceso de aprendizaje para lograr la producción de aeronaves hechas por capital humano canadiense. En este sentido, una de las fortalezas de la industria canadiense actual es el dinamismo de sus programas de intercambio entre trabajadores, pues demuestra una constante adquisición y actualización de conocimiento. Por otra parte, el primer fracaso de la industria en la década de los años veinte pudo deberse a los intereses de Gran Bretaña por obtener ventajas financieras y productivas ante la industria consolidada de Estados Unidos.

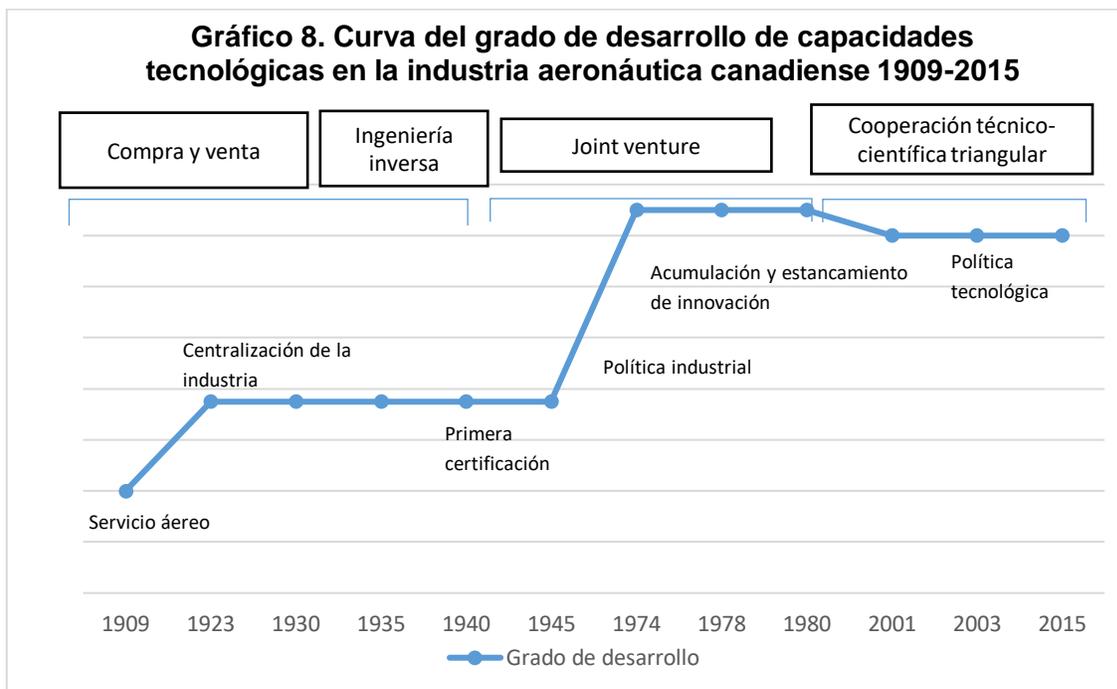
Ahora bien, para el establecimiento de la industria de este sector, la existencia de capital humano con conocimientos básicos de mecánica facilitó el acoplamiento y la transferencia de tecnología de compañías aeronáuticas en territorio canadiense. Contaban con las capacidades tecnológicas suficientes para vislumbrar la posibilidad de creación de aeronaves con tecnología propia a partir de la existencia de bases de conocimiento procedentes de otros sectores productivos consolidados como el automotriz, naval y ferrocarrilero, además de la conformación de consorcios.

La tendencia tecnológica de Canadá parte de un punto distinto al tomar como punto de referencia no sólo al desarrollo previo de otros sectores con un núcleo tecnológico similar, sino podría decirse que fue impulsado por los servicios aéreos y no por una producción base, como lo fue en el caso de Brasil y China.

Por otra parte, en términos de gobernanza, la participación del Estado resultó fundamental. En el desarrollo de la industria fue tardía porque no existía una motivación inicial de inventores y empresarios canadienses. La estimulación de la producción canadiense devino de los intereses comerciales de Estados Unidos y Gran Bretaña, países que apoyaron fuertemente su industria con transferencias de tecnología y venta de prototipos aéreos.

No obstante, gracias a un aprendizaje en las entidades de gobierno, el rol del Estado dio un giro radical al implementar un plan estratégico de intervención sólo en

momentos clave. De esta manera, en un primer momento detonó la fuerte competencia entre las empresas aeronáuticas sólo para detectar a las mejores y brindarles una subvención. Pero, por otra parte, antes de la privatización, invirtió en infraestructura y actividades multidisciplinares de I+D, lo cual creó un sistema de investigación complementario entre empresas, gobierno y universidades, sin repetir esfuerzos e iniciativas. Finalmente, es menester destacar que cada uno de los factores relacionados con las capacidades tecnológicas canadienses, representó cierto dinamismo en la coevolución tecnológica para crear la atmósfera perfecta en el desarrollo de políticas públicas.



Fuente: Elaboración propia basada en la sistematización de datos de la presente investigación.

Conclusiones

La industria aeronáutica civil se ha convertido en un objeto de estudio relevante para las Relaciones Internacionales debido a que se le considera un fenómeno multicausal capaz de permear las estructuras de gobernanza en términos industriales, políticos y comerciales. También funge como factor determinante de significados tecnosimbólicos entre los actores involucrados, pues la constante interacción entre ellos dio lugar a nuevas formas de identificación colectiva, así como a nuevo conocimiento en distintos niveles y áreas relacionadas con el sector.

Esta nueva dinámica de interacción hizo más evidente la vinculación e integración de la aeronáutica y aerodinámica con otras ciencias y disciplinas, lo cual modificó considerablemente a las dinámicas industriales de cada país, la cadena global de valor y los organismos internacionales de comercio.

En términos teórico-metodológicos, la industria aeronáutica como objeto de investigación de un internacionalista, replanteó las categorías de análisis como el Sistema Nacional de Innovación de cada país con una participación tangible en el sector. Además, la constante implementación de mejoras, no sólo en el aspecto técnico, sino también en el administrativo y organizativo, ha modificado la trayectoria tecnológica aeronáutica, misma que debe ser entendida como un resultado de la coevolución tecnológica global a largo plazo.

Es así que, desde el surgimiento de la industria a inicios del siglo XX a partir de distintas motivaciones, ya sea que fuesen impulsadas por curiosidad científica, necesidad de recreación, por cuestiones de seguridad nacional territorial o por aspiraciones comerciales, ésta se ha transformado gracias a la integración de soluciones tecnológicas graduales en función de un cambio en las instituciones.

No obstante, la inercia industrial de este sector configuró la gobernanza internacional de su cadena global de valor a manera de que siguiera una lógica vertical. Es decir, que a causa de la entropía generada por la disponibilidad de recursos y de medios, sólo algunas cuantas empresas se ubicaban a la cabeza de

la industria, generando diversos tipos de relaciones de gobernanza con los actores posicionados en niveles inferiores.

En este sentido, las exigencias de la industria que surgieron a raíz del contexto político internacional de la primera y segunda guerra mundial, así como de la guerra fría y de las subsecuentes crisis económicas, denotaron la necesidad de expandir operaciones más allá de sus casas matrices. Poco a poco se demandaba un mayor volumen de producción de aeronaves, así como de mayor sofisticación tecnológica debido al contexto internacional, en donde proteger fronteras territoriales y aéreas para garantizar la seguridad nacional se consideraba el fin último del Estado, de acuerdo con una perspectiva realista.

Sin embargo, la motivación principal dejó de obedecer a la necesidad de supervivencia del Estado para, posteriormente, centrarse en entender a la tecnología del avión que se había recibido en una simple transacción de compraventa. Esto dio pauta a la realización de ciertas prácticas de aprendizaje, - como la ingeniería inversa, pruebas de vuelo, investigación y desarrollo militar o intercambios académicos- que provocaron la acumulación de capacidades tecnológicas de una manera lineal y paulatina.

Evidentemente, dicha acumulación dio pie al desarrollo de habilidades para adoptar y asimilar la tecnología aeronáutica, actividad que se llevó a cabo en diversos puntos del mundo. No obstante, ante la globalización, ello demostraba que se estaba gestando una dinámica muy peculiar de aprendizaje y transformación de conocimiento, pues pareciera ser que existía una división internacional de trabajo con roles definidos, en donde todos los procesos de apertura a la innovación eran idénticos, pero que a lo largo del tiempo, y debido a diferentes circunstancias sociopolíticas, resultaron en identidades tecnológicas diferentes, mismas que prevalecen actualmente y que seguramente se transformarán en un futuro.

Sin duda, esto constituye un hecho disruptivo en la realidad internacional puesto que los países *aprendices* que anteriormente se ubicaban en el nivel más bajo de

la cadena global de valor, han roto el paradigma tecnológico y tecnoeconómico para imponer un tipo de gobernanza basado en una economía de innovación abierta. Una *nueva gobernanza* que permite la creación de valor agregado en el desarrollo tecnológico global a partir de sus propias capacidades locales, puesto que cada país involucrado en esta industria tiene un objetivo en común: la seguridad aérea. Sin garantizar la integridad de los usuarios, simplemente la industria no tendría razón de ser.

En este sentido, cabe destacar la transición del desarrollo tecnológico militar para ser proyectada en el uso civil de las aeronaves: de un propósito bélico, se diversificó la finalidad de un vehículo aéreo para la realización de otras actividades que satisfacen las necesidades según el contexto histórico correspondiente

Ahora bien, al explicar la dinámica de la industria aeronáutica civil a nivel internacional, es menester también analizar lo que sucede al interior de un país. El sistema nacional de innovación juega un papel de suma relevancia al crear las condiciones para desarrollar tecnología, pues es el medio por el cual el gobierno puede regular las interacciones entre los actores de la coevolución tecnológica.

Es así que, en el caso de China, se observa que la gobernanza nacional en torno a la industria aeronáutica estuvo controlada totalmente por el gobierno mediante instrumentos políticos definidos. Las directrices e intereses impuestos por el gobierno respondían a su contexto internacional, por lo que podría hablarse de una concordancia con su política interna industrial.

En lo que respecta al proceso del desarrollo y acumulación de capacidades tecnológicas, se identificó un modelo inicial de innovación lineal, el cual fue transformándose hasta llegar a ser uno de innovación abierta. Es decir, que desde el surgimiento se optó por la creación de capacidades tecnológicas básicas hasta que, ante una coyuntura política, tal como la Revolución Cultural, se identificaron dos puntos de inflexión que modificaron la dinámica al interior de su sistema nacional de innovación: la cuestión de los motores y los contratos *joint venture*.

Si bien ya se efectuaban prácticas de cooperación internacional científico-técnica para la adquisición de conocimiento, fue hasta los contratos *joint venture* que se formalizó e impulsó dicha actividad. En relación con los motores de los aviones, se descubrió uno de los problemas más severos en la trayectoria tecnológica aeronáutica, por lo que ello derivó en la flexibilización y reformulación del modelo de innovación tradicional hacia uno más abierto, con el propósito de complementar y robustecer su sistema nacional de innovación.

A diferencia de China, Brasil inició su industria aeronáutica sin el control gubernamental, pues al colaborar con Estados Unidos en el establecimiento del primer centro tecnológico, resultó evidente el primer antecedente de la innovación abierta desde una fase inicial. Es importante destacar que la variable catalizadora fue el conocimiento, por lo que la construcción de capacidades tecnológicas se basó en el aprendizaje y perfeccionamiento de procesos aeronáuticos, en donde el intercambio académico y profesional con otros países fue fundamental.

De esta manera, se acumularon capacidades suficientes para constituir la primera empresa brasileña aeronáutica EMBRAER, en donde se identificó una ventaja competitiva: experiencia y buena gestión del control de calidad en el ensamblaje de aviones, ventaja que le permitió realizar mejores posteriores a sus prototipos aéreos.

Sin embargo, a raíz de las crisis económicas se cancelaron diversos proyectos aeronáuticos, por lo que se terminó por privatizar a EMBRAER, con el objetivo de seguir impulsando la especialización tecnológica en aspectos muy específicos del ensamblaje. Por otra parte, se hace referencia a cierta informalidad en la creación del primer centro tecnológico en Brasil, lo cual, si bien fue el antecedente de un modelo de innovación abierta, también podría ser una de las contradicciones más complejas de este modelo en relación con la triple hélice. Dicha descentralización provocaría la exclusión del elemento gubernamental, para favorecer exclusivamente una relación puramente comercial entre la industria y la academia.

En el caso canadiense la industria aeronáutica tuvo una motivación comercial al proporcionar servicios aéreos con aviones ingleses o estadounidenses, en dónde se impulsó la inversión extranjera directa para el establecimiento de subsidiarias. El apoyo gubernamental era mínimo, por lo que la ausencia de una figura reguladora demuestra una anomalía al interior del sistema nacional de innovación que apenas se estaba gestando: había cierta libertad en el surgimiento de una industria aeronáutica masiva. Fue hasta después de la segunda guerra mundial que se pudieron identificar los primeros patrones reales de aprendizaje, lo que conformó un nuevo escenario: la emergente figura del gobierno en el diseño de una estrategia selectiva para determinar a las empresas más fuertes, y con ello, la privatización de la industria, sin dejar de lado el fortalecimiento de alianzas clave para la integración comercial con Estados Unidos y Reino Unido.

Sin duda, esto da cuenta de una diversificación y de un evidente modelo de innovación abierta, pues el gobierno invirtió en la investigación multidisciplinaria para lograr la convergencia tecnológica. Ello hace referencia a que primero fue necesaria una política industrial que consolidase la producción, generando así un puente de aprendizaje hacia una política tecnológica que fortaleciera todos los sectores industriales que estuvieran relacionados al sector aeronáutico.

En este sentido, la hipótesis que había sido planteada al inicio de esta investigación señalaba que, “dentro de la industria aeronáutica, la gobernanza vertical de su cadena global de valor condiciona el proceso de acumulación de capacidades tecnológicas en países de menor adelanto tecnológico”. En efecto, en el caso de los tres países con respecto a las potencias tecnológicas del siglo XX, este modelo vertical daba cuenta de una dinámica de subordinación productiva y cognitiva en las primeras etapas del proceso de creación y acumulación de capacidades tecnológicas para el sector aeronáutico. No obstante, después de las coyunturas internacionales de a finales del siglo, el replanteamiento de la figura del Estado dio lugar a un nuevo modelo de gobernanza y, por ende, a un modelo de innovación abierta en donde los países tecnológicamente emergentes, se comenzaban a

desempeñar como *países aprendices*. Por consiguiente, se habla de una gobernanza más flexible en donde nuevos actores naciones e internacionales son capaces de modificar la cadena global de valor a través del aprendizaje y de su aplicación en los procesos de la trayectoria tecnológica.

Por otra parte, también se refería que “dichas capacidades tecnológicas se gestaban a partir de un Sistema Nacional de Innovación que respalda la existencia de otros sectores industriales como el automotriz, con el objetivo de generar las condiciones adecuadas para la apropiación y adaptación del *know how*, proveniente de países líderes aeronáuticos.” Para el análisis en países aprendices, se comprobó que, en realidad, el desarrollo de capacidades tecnológicas de un determinado sector, no surgió porque hubiese un Sistema Nacional de Innovación definido y consolidado, tal como sucedía en países tecnológicamente adelantados. Al contrario, surgió a partir de las necesidades más importantes y apremiantes de cada contexto histórico correspondiente. En el caso de China, Brasil y Canadá, las capacidades tecnológicas tuvieron una motivación militar, de integración nacional y comercial, respectivamente. Posteriormente, se gestó un sistema nacional de innovación muy diferente para cada país.

Finalmente, también se establecía que “en este proceso, la capacitación continua y el reforzamiento institucional juegan un papel fundamental, lo cual contribuye a la constitución de capacidades endógenas bajo la línea de la innovación científica y tecnológica en los procesos de manufactura y mejora de procesos. En este sentido, el resultado materializado representa la consecución de la triple hélice como uno de los instrumentos impulsores del desarrollo económico en nuestro país”. En este caso, se comprobó que el proceso de aprendizaje y la existencia de instituciones fuertes constituyen aspectos fundamentales para favorecer la creación de capacidades endógenas.

Sin embargo, en primer lugar, se identificó que el aprendizaje no solamente se llevaba a cabo en procesos técnicos, sino también en prácticas institucionales, comerciales y políticas. En segundo lugar, el éxito en la creación de estas

capacidades no era representado con la figura de la *triple hélice*, ya que se identificó que varios elementos al interior de un sistema nacional de innovación presentaban una dinámica irregular en función con otros, por lo que la relación entre la academia, industria y gobierno no encajaba con dicho comportamiento. Asimismo, se detectó que la interacción con actores internacionales constituía un factor determinante en el desarrollo de capacidades tecnológicas.

En suma, se concluye que los países aprendices se rigen bajo una gobernanza nacional similar, misma que aún muestra algunas irregularidades. A pesar de ello, en términos de desarrollo tecnológico se puede vislumbrar que cada uno de ellos sigue caminos diferentes a pesar de tratarse de una industria altamente globalizada que busca imponer un solo tipo de gobernanza internacional. En este sentido, todos los procesos de apertura son idénticos, pero construyen identidades tecnológicas distintas, lo cual da como resultado la aportación de un valor agregado global. Por lo tanto, para efectos de este trabajo, se proponen como aportaciones de China, Brasil y Canadá a las mejoras referentes al ensamblaje de aeronaves, control de calidad y motores de aviones regionales.

Recomendaciones para México

Al ser este un primer trabajo cuyo propósito es acercar al internacionalista o cientista social al área de estudio concerniente a la Ciencia y Tecnología en el campo específico de la industria aeronáutica, se proponen las siguientes directrices para el caso mexicano. Dichas propuestas se basan en la primera aproximación con respecto a tres casos de países aprendices, cuya situación es muy similar a la de México.

a) Gobernanza

De acuerdo con *Mexico Aviation & Aerospace Review*,²¹⁸ México es un actor potencial en el sector aeronáutico con grandes ventajas comparativas y competitivas: su posición geográfica es privilegiada, el capital humano mexicano es joven y cuenta con 45 tratados de libre comercio con otros países. Además, el sector aeronáutico ha demostrado un crecimiento del 400% desde 2004, por lo que actualmente se cuenta con 300 empresas establecidas en territorio mexicano, de las cuales 231 se encuentran certificadas.²¹⁹ Asimismo, el sector representa 2% del Producto Interno Bruto nacional.

Sin embargo, de acuerdo con BANCOMEXT, existe un vacío en la cadena global de valor en nuestro país (véase gráfico 9), pues la producción -mayormente manufacturera- se encuentra limitada a la disponibilidad de proveedores y de capital humano especializado, mismo que muestra una disparidad educativa en cuanto a género y elección de carrera.²²⁰

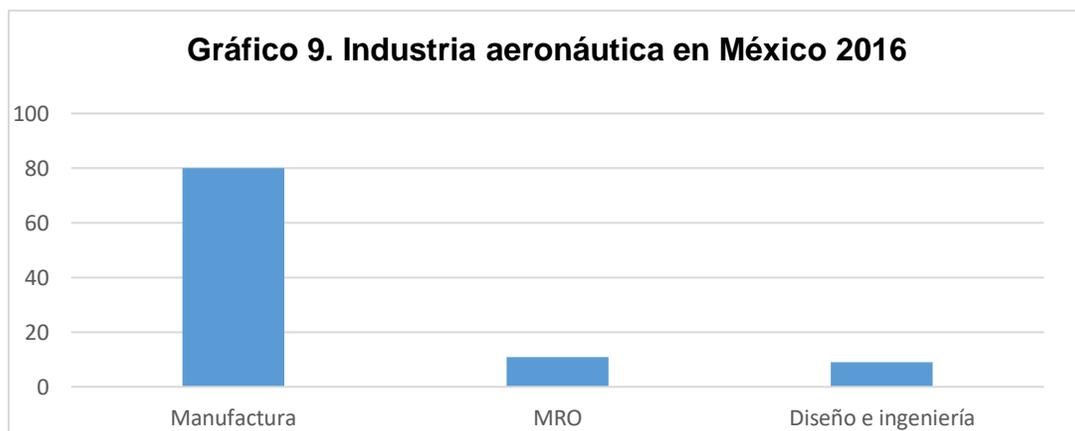
²¹⁸ s/a; "Mexico Aviation & Aerospace Review", [en línea], Toguna, México, 2017. Dirección URL: <https://www.magzter.com/reader/14707/203542#page/1>, [Consulta: 10 de julio de 2017].

²¹⁹ Gen. Julián Corona "Military eyes homemade aircraft". *View from the top*, en "Mexico Aviation & Aerospace Review", *op. cit.*

²²⁰ s/a; "Anuario Estadístico 2015-2016", [en línea], Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior en México (ANUIES). Dirección URL: <http://www.anuies.mx/informacion-y-servicios/informacion-estadistica-de-educacion-superior/anuario-estadistico-de-educacion-superior>, [Consulta: 10 de julio de 2017].

Para el caso de la Maestría en Ingeniería Aeronáutica con opción a MRO y Producción en el Instituto Politécnico Nacional, 34 de los egresados son hombres y solamente 3 son mujeres. Con respecto al doctorado en Ciencias de la Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, 2 son hombres y

Por esta razón, una de las recomendaciones radica en el fortalecimiento de las alianzas comerciales internacionales para impulsar el intercambio académico y profesional en una primera etapa. De esta manera, se adquirirían conocimientos de las nuevas tendencias que pudieran ser aplicables en los diversos eslabones de la cadena global de valor que se encuentran en territorio nacional. Asimismo, se debe aprovechar el fin del ciclo de vida de la mayoría de las flotas de aeronaves que está próximo a 2020, pues el conocimiento proveniente del exterior, sería de gran utilidad para generar nuevas innovaciones tecnológicas, tanto en México, como en Estados Unidos y Canadá.



Fuente: Luis Lazcano, "Strength in numbers", [en línea], FEMIA, Mexico Aviation & Aerospace Review. Toguna, México, 2017. Dirección URL: <https://www.magzter.com/reader/14707/203542#page/16>, [Consulta: 10 de junio de 2017].

b) Modelo de innovación tecnológica

El modelo de innovación tecnológica que predomina en el desarrollo actual del sector es de carácter lineal. Se ha aprovechado el conocimiento surgido a partir de otros sectores industriales como el automotriz, sin embargo, aún no se vislumbra la diversificación de la innovación abierta para productos y servicios de carácter dual.

En este sentido, una de las recomendaciones sería propiciar la interacción entre diversos actores y departamentos especializados en otro tipo de tecnologías, con el

solamente hay una mujer egresada. Para la Maestría en Ingeniería Aeroespacial de la Universidad Aeronáutica de Querétaro, 24 egresados son hombres y 2 son mujeres.

fin de reformular constantemente el devenir de la industria aeronáutica en nuestro país. No obstante, ha surgido un punto de inflexión que supone cambiar radicalmente el proceso de aprendizaje *aeroespacial* en México. Recientemente, la Secretaría de la Defensa Nacional puso en marcha un programa con fines educativos denominado “Azteca”, el cual pretende evolucionar hasta alcanzar el grado de entendimiento máximo para diseñar, fabricar y ensamblar una aeronave en su totalidad. El objetivo a largo plazo es integrar su desarrollo tecnológico con su sucesor llamado “Olmeca”, mismo que estará enfocado en aviones de caza, así como con el programa de cohetes didácticos, realizado por capital humano mexicano.²²¹

Otro hito es la creación de laboratorios multidisciplinarios como lo es el Laboratorio Nacional de Ingeniería Espacial y Automotriz (LNIEA),²²² a cargo de la Unidad de Alta Tecnología de la UNAM, en Querétaro. Su objetivo es integrar cuatro disciplinas: ingeniería de diseño, plásticos, automotriz y aeroespacial. Esto último podría constituir un primer puente productivo con el sector espacial.

c) Sistema Nacional de Innovación

El SNI en México pretende seguir una lógica basada en la triple hélice con la constitución de clústers en puntos clave del país.²²³ Sin embargo, aún hay una descentralización en cuanto a la dinámica del desarrollo de la industria aeronáutica puesto que tampoco existe un objetivo o interés nacional que motive dicha industria en nuestro país.

En este sentido, se recomienda replantear el papel de la triple hélice en nuestro país, puesto que se ha identificado un desarrollo irregular en relación con cada actor

²²¹ *Idem.*

²²² Tania Robles; “Ingeniería espacial y automotriz nacional”, [en línea], CONACYT, 3 de diciembre de 2015. Dirección URL: <http://conacytprensa.mx/index.php/tecnologia/transportes/4329-ingenieria-espacial-y-automotriz-nacional>, [Consulta: 10 de julio de 2017].

²²³ ProMéxico; “Plan Nacional de Vuelo: Industria aeroespacial mexicana/Mapa de ruta 2014”, [en línea], Secretaría de Economía, México, 2014. Dirección URL: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/60149/MRT-Aeroespacial-2014.pdf>, [Consulta: 10 de julio de 2017].

involucrado en la industria, por lo que el análisis a través de la coevolución tecnológica podría generar patrones de entendimiento mucho más coherentes. De esta manera, se podría ampliar dicho patrón para incluir nuevos actores que se encuentren desarrollando otro tipo de tecnologías que pudieran ser aplicables al sector aeronáutico, tal como el desarrollo de software de navegación autónoma, rastreo y monitoreo remoto, además del diseño y construcción de vehículos no tripulados como los drones.

d) Capacidades tecnológicas

Actualmente, la industria aeronáutica mexicana cumple con las tres capacidades tecnológicas básicas para incursionar en la cadena global de valor: formación de capital humano, capacidades técnicas y gerenciales, así como la vinculación interinstitucional e incentivos. Sin embargo, de acuerdo con *MexicoNow*, aún hay vacíos en cuanto al aumento de la matrícula a nivel de educación superior, la certificación del capital humano, así como a la capacitación y financiamiento para la creación de nuevas empresas mexicanas (véase tabla 6).

Tabla 6. Capital humano especializado para la industria aeronáutica en México 2015-2016			
Universidad Especialidad/Maestría/Doctorado	Matrícula	Egresados	Titulados
Instituto Politécnico Nacional Maestría en Ingeniería Aeronáutica con opción a MRO y Producción	34 hombres 3 mujeres	10 hombres 0 mujeres	1 hombre 0 mujeres
Universidad Aeronáutica de Querétaro Maestría en Ingeniería Aeroespacial	24 hombres 2 mujeres	6 hombres 1 mujer	0 hombres 0 mujeres
Universidad Autónoma de Nuevo León Doctorado en Ciencias de la Ingeniería Aeronáutica	2 hombres 1 mujer	0 hombres 0 mujeres	0 hombres 0 mujeres
Centro de Enseñanza Técnica y Superior de Baja California Maestría en Ciencias en Ingeniería Aeroespacial	19 hombres 4 mujeres	6 hombres 3 mujeres	6 hombres 3 mujeres

Fuente: s/a; “Anuario Estadístico 2015-2016”, [en línea], Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior en México (ANUIES). Dirección URL: <http://www.anui.es.mx/informacion-y-servicios/informacion-estadistica-de-educacion-superior/anuario-estadistico-de-educacion-superior>, [Consulta: 10 de julio de 2017].

Por lo tanto, es necesario ampliar la oferta educativa para la formación especializada de jóvenes en las áreas de ingeniería aeronáutica. No obstante, también es menester canalizar e integrar otras ingenierías bajo la lógica de la convergencia tecnológica, es decir, la industria aeronáutica es conformada también por ingenieros eléctrico-electrónicos, mecánicos, mecatrónicos, industriales, entre muchos más. Asimismo, no limitar dicha oferta curricular al campo de las ingenierías, sino también contemplar otro tipo de disciplinas, igualmente complementarias, tales como administración, comercio internacional, derecho, relaciones internacionales, psicología, entre otras. La industria aeronáutica debe ser vista como un todo.

Por otra parte, se sugiere desarrollar un mecanismo de financiamiento mucho más flexible para que nuevas empresas se integren a la industria aeronáutica global. Actualmente existen programas de mentorías especializadas para empresas de base tecnológica, tales como I-CORPS, de la *National Science Foundation*,²²⁴ sin embargo, aún no son suficientes para consolidar modelos de negocio viables en el sector.

²²⁴ Coordinación de Innovación y Desarrollo UNAM; “Nodo Binacional de Innovación Universitario”, [en línea], InnovaUNAM. Dirección URL: <http://www.innova.unam.mx/index.php/convocatoria-2017/>, [Consulta: 10 de julio de 2017].

Fuentes de consulta

Bibliografía

1. Brainard, Lael y Martínez-Díaz, Leonardo (Eds.); *Brazil as an Economic Superpower? Understanding Brazil's Changing Role in the Global Economy*. Brookings Institution Press, Washington, D. C, 2009, 291 pp.
2. Aboites, Jaime y Dutrénit, Gabriela; *Innovación, aprendizaje y creación de capacidades tecnológicas*. UAM, México, 2003, 550 pp.
3. Aguilar; Luis; *Gobernanza y gestión pública*. Fondo de Cultura Económica, México, 2006, 500 pp.
4. Alterini, Atilio; *Contratos. Teoría general*. Buenos Aires, Abeledo-Perrot, 1998, 652 pp.
5. Amsden, Alice; *Asia's Next Giant: South Korea and Late Industrialization*. Oxford University Press, Nueva York, 1989, 379 pp.
6. Bassols, Mario y Mendoza, Cristóbal (Coords); *Gobernanza: Teoría y prácticas colectivas*. Anthropos, México, 2011, 269 pp.
7. Bell, Martin, *et. al.*; *Trade, Technology and International Competitiveness*. Banco Mundial, Washington, 1995, 228 pp.
8. Bueno, Carmen y Santos, María Josefa (Coords.); *Nuevas tecnologías y cultura*. Anthropos, México, 2003, 284 pp.
9. Carrillo, Javier (Coord.); *Desarrollo basado en el conocimiento*. Fondo Editorial de Nuevo León, México, 2008, 72 pp.
10. Casalet, Mónica (Ed.); *La industria aeroespacial: complejidad productiva e institucional*. FLACSO, México, 2013, 224 pp.
11. Charan, Ram; *Know-How*. Grupo editorial Norma, Bogotá, 2007, 328 pp.
12. Chin, Gregory; *China's Automotive Modernization: The Party-State and Multinational Corporations*, Hampshire, Palgrave Macmillan, 2010, 301 pp.
13. Concepción Montiel, Luis Enrique; *Gobernanza global y democracia*. Universidad Autónoma de Baja California-Porrúa, México, 2010, 374 pp.
14. Danellek, Alan; *The Great Airship of 1897: A Provocative Look at the Most Mysterious Aviation Event in History*. Adventures Unlimited Press, Estados Unidos, 2009, 182 pp.
15. Dosi, Giovanni, *et. al.*; *The Economics of Technical Change and International Trade*. Harvester Wheatsheaf, Londres, 1990, 303 pp.
16. Dutrénit, Gabriela, *et. al.*; *Acumulación de capacidades tecnológicas en subsidiarias de empresas globales en México: el caso de la industria maquiladora de exportación*. Porrúa, México, 2006, 205 pp.
17. Eibenschutz Hartman, Roberto y González García de Alba, Ligia (Coords.); *El Legislativo ante la gestión metropolitana*. Porrúa, México, 2009, 380 pp.

18. Freeman, Christopher; *Technology policy and economic performance: Lessons from Japan*. Pinter, Londres, 1987, 155 pp.
19. García Palacios, Eduardo, *et. al.*; *Cuadernos de Iberoamérica*. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI), Madrid, 2001, 165 pp.
20. Haque, Irfan; *Trade, Technology and International Competitiveness*. Banco Mundial, Washington, 1995, 218 pp.
21. Hernández-Vela, Edmundo; *Diccionario de Política Internacional*. Porrúa, México, sexta edición, 2002, dos vols., 1296 pp.
22. Hill, Charles; "Producción global, subcontratación y administración de materiales", *Negocios Internacionales. Competencia en el mercado global*. McGraw-Hill, México, 2011, 703 pp.
23. Katz, Jorge; *Desarrollo y crisis de la capacidad tecnológica latinoamericana: el caso de la industria metalmeccánica*. BID-CEPAL-CIID-PNUD, Buenos Aires, 1986, 354 pp.
24. Kim, Linsu; *Imitation to Innovation: The Dynamics of Korea's Technological Learning*. Harvard Business School Press, Massachusetts, 1997, 301 pp.
25. Kooiman, Jan; *Modern Governance: New Government-Society Interactions*. Sage, Londres, 1993, 288 pp.
26. Kuhn, Thomas; *La estructura de las revoluciones científicas*. FCE, 3ª edición, México, 2006, 360 pp.
27. Lacoste, Yves; *Geopolítica: La larga historia del presente*. Editorial Síntesis, España, 2008, 336 pp.
28. Lázaro, Carlos; *Colosos al aire: Historia de los dirigibles*. Nowtilus, Madrid, 2013, 238 pp.
29. Lundvall, Bengt-Åke; *National Systems of Innovation: Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Anthem Press, Londres, 2010, 342 pp.
30. Medellín, Enrique; *Construir la innovación: gestión de tecnología en la empresa*. Siglo XXI, México, 2013, 260 pp.
31. Ministerio de Comercio e Industria; *Canadá: Manual oficial de las condiciones actuales y de los recientes progresos*. Edmond Cloutier, Ottawa, 1945, 340 pp.
32. Montoro, Guilherme y Migon, Márcio; "Arquitetura e Dinâmica da Cadeia Global de Aeroestruturas", *Cadeia Produtiva Aeronáutica Brasileira: Oportunidades e Desafios*. BNDES, Brasil, 2009, 551 pp.
33. Nye, Joseph y Donahue, John (Coords.); *Governance in a Globalizing World*. Cambridge, Estados Unidos, 2000, 368 pp.
34. Pastrana, Eduardo y Gehring, Hubert; *Suramérica en el escenario global: gobernanza multinivel y birregionalismo*. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 2014, 496 pp.
35. Pattillo, Donald; *Pushing the Envelope: The American Aircraft Industry*. The

- University of Michigan Press, Michigan, 2003, 463 pp.
36. Pérez, Carlota; *Revoluciones tecnológicas y capital financiero: La dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza*. Siglo XXI, México, 2004, 268 pp.
 37. Pin-Luen, Shen; "The System of China's Aviation Industry: Evolution and Revolution", *The Chinese Air Force: Evolving Concepts, Roles and Capabilities*. National Defense University Press, Center for the Study of Chinese Military Affairs, Estados Unidos, 2013, pág. 258.
 38. Rhodes, R.A.W; *Understanding Governance: Policy Networks, Governance, Reflexivity and Accountability*. Open University Press, Buckingham, 1997, 235 pp.
 39. Santos Corral, María Josefa (Coord.); *Perspectivas y desafíos de la educación, la ciencia y la tecnología*. Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM, México: escenarios del nuevo siglo, México, 2003, 405 pp.
 40. Santos Dumont, Alberto; *O que eu vi e o que nós veremos*. Hedra, Río de Janeiro, 2000, 148 pp.
 41. Sarquís, David; *Relaciones Internacionales: Una perspectiva sistémica*. Porrúa, México, 2005, 506 pp.
 42. Silva, Ozires; *A decolagem de um sonho. A historia da criação da Embraer*. Lemos, Brasil, 1998, 606 pp.
 43. _____; *Nas asas da educação, a trajetória de Embraer*. Elsevier, 2008, 240 pp.
 44. Stewart, Frances; *The Economics of New Technology in Developing Countries*. Frances Pinter, Londres, 1982, 256 pp.
 45. Stoff, Joshua; *Historic Aircraft and Spacecraft in the Cradle of Aviation Museum*. Dover Publications, Nueva York, 2001, 86 pp.
 46. _____; *Picture history of early aviation. 1903-1913*. Dover Publications, Nueva York, 1996, 136 pp.
 47. Torres, Miguel; *Fernando Fajnzylber. Una visión renovadora del desarrollo en América Latina*. CEPAL, Chile, 2006, 416 pp.
 48. Videla, Federico; *Manual de Derecho Aeronáutico*. Víctor de Zabalía, Buenos Aires, 1969, 758 pp.
 49. Zamosky, Lisa; *Primera Guerra Mundial*. Teacher Created Materials, California, 2015, 32 pp.
 50. Zedong, Mao; *Importantes documentos de la Gran Revolución Cultural Proletaria*. Ediciones en Lenguas Extranjeras, Beijing, 1970, preámbulo.

Hemerografía

51. Arteaga, Arnulfo, *et. al.*; “Dimensiones sociales del cambio tecnológico”, *Nueva Antropología. Revista de Ciencias Sociales*. UAM, México, vol. 14, núm. 47, 1995, 9-22 pp.
52. Bittencourt, Sérgio., *et. al.*; “O desafio do apoio ao capital nacional na cadeia de produção de aviões no Brasil”, *Revista do BNDES*, vol. 12, núm. 23, junio de 2005, 119-134 pp.
53. Bush, Vannevar; “As We May Think”, *The Atlantic Monthly*. Julio, 1945; vol. 176, núm. 1, 101-108 pp.
54. Casas, Rosalba; “Conocimiento, tecnología y desarrollo en América Latina”, *Revista Mexicana de Sociología*, vol. 66, número especial, octubre, UNAM, México, 2004, pág. 255
55. De Medeiros, José Adelino y Alves Perilo, Sérgio; “Implantação e consolidação de um pólo tecnológico: o caso de São José dos Campos”, *Artigo: Revista de Administração de Empresas*. Sao Paulo, vol. 30, núm. 2, 1990, pág. 37.
56. Díaz Porras, Rafael y Valenciano, Jorge; “Gobernanza en las cadenas globales de mercancías/valor: Una revisión conceptual”. *Economía y Sociedad*, núm. 41, enero-junio de 2012, 9-27 pp.
57. Dosi, Giovanni y Nelson, Richard; “The evolution of technologies: An assessment of the state-of-the-art”, *Eurasian Business Review*, vol. 1, núm. 3, 2013.
58. _____; “Technological Paradigms and Technological Trajectories”, *Research Policy*, vol. 11, núm. 3, 1982.
59. Geels, Frank W.; “Co-evolutionary and multi-level dynamics in transitions: The transformation of aviation systems and the shift from propeller to turbojet (1930-1970)”, *Technovation*, Países Bajos, núm. 26, 2006, 999-1016 pp.
60. Gereffi, Gary *et. al.*; “The Governance of Global value chains”. *Review of International Political Economy*, vol. 1, núm. 12, febrero de 2005, 78-104 pp.
61. Goldstein, Andrea; “EMBRAER: From national champion to global player”, *CEPAL Review*, Francia, agosto 2002, 97-115 pp.
62. Guarneros-Meza, Valeria; “Urban Governance and Participation in Central Mexico”, *Development*, vol. 1, núm. 50, 2007, 104-109 pp.
63. Hobday, Michael; “Firm-level innovation models: Perspectives on research in developed and developing countries”, *Technology Analysis and Strategic Management*. Routledge, Reino Unido, vol. 17, núm. 2, junio de 2005, 121-146 pp.
64. Jessop, B; “The Regulation Approach, Governance and Post-Fordism: Alternative Perspectives on Economic and Political Change?”, *Economy and Society*, vol. 24, núm. 3, 307-333 pp.
65. Lall, Sanjaya; “Technological capabilities and industrialization”, *World*

- Development*, vol. 20, núm. 2, 1992, 165-186 pp.
66. López, José y García, Antonio; "Innovación abierta: Desafíos organizacionales de este modelo de gestión para las empresas", *Revista Galega de Economía*, vol. 19, número extraordinario, 2010, 13 pp.
67. López, María del Socorro, *et. al.*, "Un acercamiento al concepto de la Transferencia de Tecnología en las universidades y sus diferentes manifestaciones". *Panorama Socioeconómico*, Colombia, enero-junio de 2006, año 24, núm. 32, 70-81 pp.
68. Martín, Pablo; "Cielos abiertos Unión Europea-Estados Unidos: Una nueva era en la aviación mundial", *Revista Económica*, Río de Janeiro, vol. 12, núm. 2, diciembre de 2010, 43-47 pp.
69. Ocampo, José Antonio; "*Más allá del Consenso de Washington: una agenda de desarrollo para América Latina*". CEPAL, México, enero de 2005.
70. Pérez, Carlota; "Nueva concepción de la tecnología y Sistema Nacional de Innovación", *Cuadernos de CENDES*. Año 13, núm. 31, enero-abril, Caracas, 1996.
71. Pierre Thiffault; "Les origins de l'aviation Québécoise", en *Cap-aux-Diamants*, núm. 87, otoño de 2006, Québec, pág 12.
72. Torres Vargas, Arturo; "Aprendizaje y Construcción de Capacidades Tecnológicas", *Journal of Technology, Management and Innovation*. Chile, vol. 6, núm. 5, 2006.
73. Williamson, John; "No hay consenso: Reseña sobre el Consenso de Washington y sugerencias sobre los pasos a dar", *Finanzas y desarrollo*, septiembre 2003, 10-13 pp.
74. Zhao, Jin Yuan; "China's catching up in aerospace", *Int. J. Technology and Globalisation*. University of Quebec, Montreal, vol. 7, núm. 1 y 2, 2013, pág. 83.

Documentos

75. Bianchi, Eduardo y Szpak, Carolina; *Cadenas globales de producción: implicancias para el comercio internacional y su gobernanza*. FLACSO, Argentina, 2013, 12 pp.
76. Cassiolato, José Eduardo, *et. al.*; *Transfer of technology for successful integration into the global economy: A case of study of Embraer in Brazil*. Geneva, UNCTAD, Naciones Unidas, 2002, 61 pp.
77. Ferguson, Robert; *NASA's First A: Aeronautics from 1958 to 2008*. NASA, Washington D.C., 2013, 293 pp.
78. Flemming, Thomas; "Evolución del Sistema Educativo en Canadá y su situación actual". Seminario de Posgrado "La Educación Superior en Canadá", Sociedad

- Argentina de Estudios Comparados en Educación, Centro Cultural Borgers, Argentina, 5 de julio de 2002, 4 pp.
79. Riel, Christian; “Early Flying Machines”, *The Walkway of Time*, National Aviation Museum, Canadá, 1998, 15 pp.
80. Velasco, Eva, *et. al.*; “Evolución de los modelos sobre el proceso de innovación: Desde el modelo lineal hasta los sistemas de innovación”, *Decisiones basadas en el conocimiento y en el papel social de la empresa*. XX Congreso anual de la Asociación Europea de Dirección y Economía de Empresa, España, 2007, 15 pp.
81. Salieri, Giulia y Santibañez, Lucrecia; “El desarrollo del sector requiere la disponibilidad de recursos humanos altamente capacitados”, *Estudio de las necesidades de capital humano en la Industria Aeroespacial de México*. USAID, Estados Unidos, 2010, 48 pp.
82. Sandoval, Manuel, *et. al.*; “Adquisiciones de equipos y sistemas de compensación industrial y compras de gobierno”, *Plan Nacional de Vuelo: Industria Aeroespacial Mexicana. Mapa de Ruta 2014*. ProMéxico, México, 2014, 128 pp.
83. s/a; *Temas y políticas clave sobre PYMEs y emprendimiento en México*. OCDE, México, 2013, 211 pp.

Sitios electrónicos

84. Arocena, Rodrigo y Sutz, Judith; “Mirando los Sistemas Nacionales de Innovación desde el Sur”, [en línea], *Sistemas Nacionales de Innovación, Dinámica Industrial y Políticas de Innovación*, Organización de Estados Iberoamericanos, Danish Research Unit on Industrial Dynamics (DRUID), Dinamarca, 1999. Dirección URL: <http://www.oei.es/salactsi/sutzarocena.htm>, [Consulta: 5 de julio de 2016].
85. Artopoulos, Alejandro; “Emprendedores tecnológicos en la industria aeronáutica latinoamericana”, [en línea], Universidad de San Andrés, pág. 3. Dirección URL: http://mba.americaeconomia.com/sites/mba.americaeconomia.com/files/alejandroatopoulos_emprendedores.pdf, [Consulta: 13 de enero de 2016].
86. Burke, Kathleen; “How the DC-3 Revolutionized Air Travel”, [en línea], *Smithsonian Magazine*, abril de 2013. Dirección URL: <http://www.smithsonianmag.com/history/how-the-dc-3-revolutionized-air-travel-5444300/>, [Consulta: 11 de mayo de 2016].
87. Carpintero, Óscar; “Kenneth E. Boulding: Más allá de la economía” [en línea], *Revista de Economía Crítica*, no. 14, 2012, Departamento de Economía Aplicada, Universidad de Valladolid. Dirección URL: <http://www.revistaeconomicacritica.org/sites/default/files/revistas/n14/Clasicos1-Oscar-Carpintero.pdf>, [Consulta: 5 de julio de 2016].
88. Coordinación de Innovación y Desarrollo UNAM; “Nodo Binacional de Innovación Universitario”, [en línea], InnovaUNAM. Dirección URL: <http://www.innova.unam.mx/index.php/convocatoria-2017/>, [Consulta: 10 de julio

- de 2017].
89. Da Ponte, Aureliano; "La creación de EMBRAER: Un proyecto de Estado de carácter estratégico", [en línea], *Gaceta Aeronáutica*, 22 de octubre de 2012. Dirección URL: <http://www.gacetaaeronautica.com/gaceta/wp-101/?p=4069>, [Consulta: 14 de enero de 2016].
90. Department of External Affairs, "Documents relatifs aux relations extérieures du Canada. Vol. 1, 1909-1918", [en línea], Queen's Printer, Ottawa, 1967, pág. 124. Dirección URL: http://gac.canadiana.ca/view/ooe.b1603413E_001/136?r=0&s=1, [Consulta: 5 de noviembre de 2016].
91. De Souza, João Paulo, *et. al.*; "Investigation about quality in the Brazilian aerospace industry", [en línea], 21° International Conference on Production Research, Brasil, 2011. Dirección URL: https://www.researchgate.net/publication/230674739_Investigation_about_Quality_in_the_Brazilian_Aerospace_Industry, [Consulta: 27 de septiembre de 2016].
92. Estévez, Beatriz y Escobar, Alberto; "Percepción social de la gobernanza de la ciencia y la tecnología. Expertos versus público", *Anuario Electrónico de Estudios en Comunicación Social*, [en línea], Universidad de los Andes, vol. 3, no. 2, julio-diciembre, 2010. Dirección URL: <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/Disertaciones/article/view/706/763>, [Consulta: 10 de febrero de 2016].
93. Folta, Paul; "Cooperative Joint Ventures", [en línea], *China Business Review*. 2 de enero de 2005. Dirección URL: <http://www.chinabusinessreview.com/cooperative-joint-ventures/>, [Consulta: 17 de marzo de 2015].
94. Gereffi, Gary, *et. al.*; "Concept and Tools", [en línea], *Global Value Chains Initiative*, Duke University. Dirección URL: <https://globalvaluechains.org/concept-tools>, [Consulta: 25 de julio de 2016].
95. Gobierno del Brasil; "Propuesta de Memorando de Entendimiento entre el Gobierno del Brasil y el Gobierno del Canadá sobre intercambio de información acerca de la industria aeronáutica", *Canadá - Medidas que Afectan a la Exportación de Aeronaves Civiles*, [en línea], Sistema de Información sobre Comercio Exterior, 26 de junio de 1998. Dirección URL: <http://www.sice.oas.org/DISPUTE/wto/70r00/70sr05s.asp#36A>, [Consulta: 27 de enero de 2016].
96. Hayward, Keith; "History and Revolutionary Experience Conditions Current Events", [en línea], *The Chinese Aerospace Industry: A Background Paper*. Royal Aeronautical Society, Londres, julio de 2013, pág. 4. Dirección URL: <http://aerosociety.com/Assets/Docs/Publications/DiscussionPapers/ChineseAerospaceIndustryDiscussionPaper.pdf>, [Consulta: 6 de abril de 2015].
97. Industrie Canada; "La série des cadres de compétitivité sectorielle. Les aéronefs et les pièces d'aéronefs", [en línea], Sommet de Montréal, Canadá, 2002. Dirección URL: http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/SOMMET_FR/MEDIA/DOCUMENTS/Aerospatiale.pdf, [Consulta: 13 de junio de 2016].

98. ISO; "Standards", [en línea], International Organization for Standardization. Dirección URL: <http://www.iso.org/iso/home/standards.htm>[Consulta: 30 de agosto de 2016].
99. Jolicoeur, Martin; "La industrie aérospatiale réclame l'aide du gouvernement". *Diario Les Affaires*, Montreal, 26 de septiembre de 2009, Dirección URL: <http://www.lesaffaires.com/archives/generale/l-industrie-aerospatiale-reclame-l-aide-du-gouvernement/504215>, [Consulta: 19 de abril de 2016].
100. Johnston, Nick; "The Turbofan Engine", [en línea], Columbus State University, Estados Unidos, 2013. Dirección URL: http://studentwebs.columbusstate.edu/johnston_nicholas1/The%20Turbofan%20Engine.pdf, [Consulta: 16 de agosto de 2016].
101. Moniz, Luiz Alberto; "Brasil como un Poder Regional y sus Relaciones con los Estados Unidos", [en línea], Revista Espaço Academico, Brasil, Núm. 62, julio de 2006. Dirección URL: <http://www.espacoacademico.com.br/062/62bandeira.htm>, [Consulta: 10 de octubre de 2015].
102. Morán, Miguel y Mayo, Alfonso; "La ingeniería en la industria aeroespacial", [en línea], CONACYT, México, 2013, p.7. Dirección URL: <http://www.observatoriodelaingenieria.org.mx/docs/pdf/5ta.%20Etapa/15.La%20Ingenier%C3%ADa%20en%20la%20industria%20aeroespacial%20en%20M%C3%A9xico.pdf>, [Consulta: 20 de abril de 2016].
103. Mrozek, Aleksander, et. al.; "VIP Business Jet", [en línea], *The Institute of Aeronautics and Applied Mechanics*, Warsaw University of Technology, Polonia. Dirección URL: <http://itlims.meil.pw.edu.pl/zsis/pomoce/WTLK/ENG/Sup/SamplePresentation.pdf>, [Consulta: 16 de agosto de 2016].
104. Navarro, Jesús; "Retos y oportunidades para los talleres aeronáuticos en México", [en línea], Academia de Ingeniería México, diciembre de 2010, pág. 7. Dirección URL: <http://www.ai.org.mx/ai/archivos/ingresos/navarro-parada/Retos%20y%20oportunidades%20para%20los%20Talleres%20Aeronauticos%20en%20Mexico.pdf>, [Consulta: 30 de septiembre de 2016].
105. OCDE; "The Measurement of Scientific and Technological Activities: Oslo Manual" [en línea], Comisión Europea-Eurostat, 2005, pág. 9. Dirección URL: <http://www.oecd.org/science/inno/2367580.pdf>, [Consulta: 12 de febrero de 2016].
106. OIT; "Seguridad y salud en el trabajo para hombres y mujeres", [en línea], Organización Internacional del Trabajo, Ginebra. Dirección URL: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dqreports/---gender/documents/publication/wcms_106520.pdf, [Consulta: 30 de agosto de 2016].
107. ONU; "Safety", [en línea], Naciones Unidas. Dirección URL: <http://www.icao.int/safety/Pages/default.aspx>, [Consulta: 30 de enero de 2016].
108. PRI; "Acerca del Performance Review Institute", [en línea], Performance Review Institute, Estados Unidos, 2016. Dirección URL: <http://es.p-r-i.org/about-pri/about-pri/>, [Consulta: 30 de agosto de 2016].

109. Prism Economics and Analysis; “Current and future human capital needs in the aerospace industry and strategies for harnessing the potential workforce”, [en línea] *The Aerospace Review*, julio de 2012, pág. 11. Dirección URL: [http://aerospacereview.ca/eic/site/060.nsf/vwapi/Aerospace_Human_Capital_Needs_-_Final_Report_draft_July_16.pdf/\\$FILE/Aerospace_Human_Capital_Needs_-_Final_Report_draft_July_16.pdf](http://aerospacereview.ca/eic/site/060.nsf/vwapi/Aerospace_Human_Capital_Needs_-_Final_Report_draft_July_16.pdf/$FILE/Aerospace_Human_Capital_Needs_-_Final_Report_draft_July_16.pdf), [Consulta: 25 de agosto de 2016].
110. ProMéxico; “Plan Nacional de Vuelo: Industria aeroespacial mexicana/Mapa de ruta 2014”, [en línea], Secretaría de Economía, México, 2014. Dirección URL: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/60149/MRT-Aeroespacial-2014.pdf>, [Consulta: 10 de julio de 2017].
111. Robles, Tania; “Ingeniería espacial y automotriz nacional”, [en línea], CONACYT, 3 de diciembre de 2015. Dirección URL: <http://conacytprensa.mx/index.php/tecnologia/transportes/4329-ingenieria-espacial-y-automotriz-nacional>, [Consulta: 10 de julio de 2017].
112. Romero, Jorge; “El contrato de Joint Venture”, [en línea], Costa Rica, pág.107. Dirección URL: <http://biblio.juridicas.unam.mx/libros/4/1943/9.pdf>, [Consulta: 3 de abril de 2015].
113. Soete, Luc y Verspagen, Bart; “Systems of Innovation” [en línea], Centro Maastricht de Investigación Económica y Social en Innovación y Tecnología de la Universidad de las Naciones Unidas, Países Bajos, 2009, pág. 9. Dirección URL: <http://www.merit.unu.edu/publications/wppdf/2009/wp2009-062.pdf>, [Consulta: 5 de julio de 2016].
114. s/a; “2012 NAICS Definition”, [en línea], *North American Industry Classification System*, United States Census Bureau. Dirección URL: <http://www.census.gov/cgi-bin/sssd/naics/naicsrch?code=9281&search=2012%20NAICS%20Search>, [Consulta: 26 de agosto de 2016].
115. s/a; “About The Trilateral Commission”, [en línea], *The Trilateral Commission*. Dirección URL <http://trilateral.org>, [Consulta: 25 de julio de 2016].
116. s/a; “Aircraft Certification”, [en línea], FAA, Estados Unidos, 2016. Dirección URL: http://www.faa.gov/licenses_certificates/aircraft_certification/, [Consulta: 30 de agosto de 2016].
117. s/a; “Anuario Estadístico 2015-2016”, [en línea], Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior en México (ANUIES). Dirección URL: <http://www.anui.es.mx/informacion-y-servicios/informacion-estadistica-de-educacion-superior/anuario-estadistico-de-educacion-superior>, [Consulta: 10 de julio de 2017].
118. s/a; “CATIA”, [en línea], Dassault Systèmes. Dirección URL: <http://www.3ds.com/es/productos-y-servicios/catia/disciplinas/>, [Consulta: 27 de septiembre de 2016].
119. s/a; “Curtiss HS-2L: La Vigilance”, [en línea], Canada Aviation and Space Museum. Dirección URL: <http://casmuseum.techno-science.ca/en/collection-research/artifact-curtiss-hs-2l-la-vigilance.php>, [Consulta: 5 de noviembre de 2016].

120. s/a; "Clase: 3530 - Fabricación de aeronaves y naves espaciales", [en línea], Clasificación Internacional Industrial Uniforme, Rev. 3.1, Naciones Unidas, 2016. Dirección URL: <http://unstats.un.org/unsd/cr/registry/regcs.asp?Cl=2&Co=3530&Lq=3>, [Consulta: 27 de enero de 2016].
121. s/a; "El Senado aprueba un presupuesto fruto de un acuerdo bipartidista en EE. UU" [en línea]; *El País*, 18 de diciembre de 2013. Dirección URL: http://internacional.elpais.com/internacional/2013/12/18/actualidad/1387403850_479166.html, [Consulta: 11 de mayo de 2016].
122. s/a; "Final Report of the People and Skills Working Group", [en línea], Beyond the Horizon: Canada's Interests and Future in Aerospace, *Aerospace Review*, vol. 1, noviembre de 2012. Dirección URL: <http://aerospacereview.ca/eic/site/060.nsf/eng/00049.html>, [Consulta: 27 de septiembre de 2016].
123. s/a; "Helicópteros", [en línea], *Informe 2008*, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Aeronáuticos, Universidad Politécnica de Madrid, España, 2008. Dirección URL: <https://www.aero.upm.es/departamentos/economia/investiga/informe2008/helicopteros.html>, [Consulta: 17 de agosto de 2016].
124. s/a; "Industry segments key findings", en *U.S. Aerospace and Aviation Industry: A State-by-State Analysis*, [en línea], NASA, Estados Unidos, 2002, pág. 10. Dirección URL: <http://www.hq.nasa.gov/office/hqlibrary/documents/o51456552.pdf>, [Consulta: 12 de junio de 2016].
125. s/a; "Industry Overview" [en línea], *The Changing Face of the Aerospace & Defense Industry: A review of key segments and emerging trends*. Capgemini: consulting technology outsourcing, Francia, 2014, pág. 4. Dirección URL: [http://www.de.capgemini.com/resource-file-access/resource/pdf/The Changing Face of the Aerospace Defense Industry.pdf](http://www.de.capgemini.com/resource-file-access/resource/pdf/The%20Changing%20Face%20of%20the%20Aerospace%20Defense%20Industry.pdf), [Consulta: 12 de junio de 2016].
126. s/a; "Introducción a la tecnología CNC", [en línea], *De máquinas y herramientas*, 2015. Dirección URL: <http://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/introduccion-a-la-tecnologia-cnc>, [Consulta: 27 de septiembre de 2016].
127. s/a; "Laboratorios y talleres", [en línea], Universidad Aeronáutica en Querétaro. Dirección URL: <http://www.unaq.edu.mx/index.php/nuestra-universidad/campus-franco-mexicano/laboratorios-y-talleres>, [Consulta: 30 de septiembre de 2016].
128. s/a; "Market Segment Analysis" [en línea], *The Changing Face of the Aerospace & Defense Industry: A review of key segments and emerging trends*. Capgemini: consulting technology outsourcing, Francia, 2014, pág. 4. Dirección URL: [http://www.de.capgemini.com/resource-file-access/resource/pdf/The Changing Face of the Aerospace Defense Industry.pdf](http://www.de.capgemini.com/resource-file-access/resource/pdf/The%20Changing%20Face%20of%20the%20Aerospace%20Defense%20Industry.pdf), [Consulta: 15 de agosto de 2016].
129. s/a; "Mexico Aviation & Aerospace Review", [en línea], Toguna, México, 2017.

- Dirección URL: <https://www.magzter.com/reader/14707/203542#page/1>, [Consulta: 10 de julio de 2017].
130. s/a; “National Occupational Classification (NOC) 2011”, [en línea], *Statistics Canada*. Dirección URL: <http://www23.statcan.gc.ca/imdb/p3VD.pl?Function=getVD&TVD=314243>, [Consulta: 23 de septiembre de 2016].
131. s/a; “Prebisch, la CEPAL y el método histórico estructural”, [en línea], Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Naciones Unidas, 2012. Dirección URL: <http://biblioguias.cepal.org/c.php?g=637193&p=4459501>, [Consulta: 8 de febrero de 2016].
132. s/a; “Regulations”, [en línea], Unión Europea, 2016. Dirección URL: <https://easa.europa.eu/document-library/regulations>, [Consulta: 30 de enero de 2016].
133. s/a; “The Space Economy at a Glance: 2011”, [en línea], OCDE, 2011. Dirección URL: [http://www.oecd-ilibrary.org/sites/978926411790-en/03/01/index.html;jsessionid=1b1icuviznosq.x-oecd-live-03?contentType=%2fns%2fChapter&itemId=%2fcontent%2fchapter%2f9789264113565-9-en&mimeType=text%2fhtml&containerItemId=%2fcontent%2fbook%2f9789264111790-en&accessItemIds=&option6=imprint&value6=http%3a%2f%2foecd.metastore.ingenta.com%2fcontent%2fimprint%2foecd](http://www.oecd-ilibrary.org/sites/9789264111790-en/03/01/index.html;jsessionid=1b1icuviznosq.x-oecd-live-03?contentType=%2fns%2fChapter&itemId=%2fcontent%2fchapter%2f9789264113565-9-en&mimeType=text%2fhtml&containerItemId=%2fcontent%2fbook%2f9789264111790-en&accessItemIds=&option6=imprint&value6=http%3a%2f%2foecd.metastore.ingenta.com%2fcontent%2fimprint%2foecd), [Consulta: 10 de junio de 2016].
134. s/a; “US Commercial Technology Transfers to the People’s Republics of China”, [en línea], *Bureau of Export Administration*, Washington D.C., enero de 1999, pág. 2. Dirección URL: http://fas.org/nuke/guide/china/doctrine/dmrr_chinatech.htm, [Consulta: 15 de octubre de 2016].
135. Upton, Bill; “Canadair CL-2/C-54GM North Star RCAF Serial 17515”, [en línea], Canada Aviation and Space Museum Aircraft, Canadá, 2012. Dirección URL: <https://documents.techno-science.ca/documents/CASM-AircraftHistories-CanadairNorthStar.pdf>, [Consulta: 22 de marzo de 2016].
136. Zhegu, Majlinda; “Technology Policy Learning and Innovation Systems Life Cycle: the Canadian Aircraft Industry”, [en línea], Innovation, Strategy and Structure/ Druid Society, Dinamarca, Junio 2011. Dirección URL: http://druid8.sit.aau.dk/acc_papers/vlss0n2kr538om1vcbehqac3fvk3.pdf, [Consulta: 26 de marzo de 2016].

Entrevistas

137. Mónica Casalet Ravenna, profesora investigadora de FLACSO México, miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel III e integrante de la Academia Mexicana de Ciencias, 31 de agosto de 2016.