

Chihuahua Hub de Semiconductores: Mapeo y Fortalecimiento de la Cadena de Suministro

Contenido

1.- Resumen ejecutivo del proyecto	8
2.- Introducción	10
2.1 Antecedentes del sector de semiconductores en México	10
2.2 Oportunidades estratégicas para Chihuahua	12
2.2.1 Inserción en la cadena ATP: datos y respaldo internacional.....	13
3. Metodología del trabajo	15
3.1 Recolección y sistematización de información	15
3.1.1 Revisión documental y comparación de campo:.....	15
3.1.2 Georeferenciación de actores estratégicos:	15
3.2 Diagnóstico estratégico del ecosistema	15
3.3 Desarrollo del mapa dinámico e indicadores clave del ecosistema con visualización en sitio web www.chihuahuasemiconductors.com	16
4.- Cadena de valor de semiconductores en Chihuahua	17
4.1 Mapeo de la Cadena de Valor Existente en Chihuahua	17
4.1.1 Ensamblaje de Tarjetas de Circuito Impreso (PCBA - Printed Circuit Board Assembly).....	17
4.1.2 Procesos relacionados con el empaquetamiento y la protección de ensambles electrónicos	19
4.2.- Identificación y clasificación de actores clave	21
4.2.1 Empresas manufactureras y proveedoras.....	21
4.3 Instituciones educativas, centros de investigación y capacitación.....	23
4.3.1 Instituciones de educación superior con enfoque en ingeniería y tecnología	23
4.4 Evaluación de actores educativos y de investigación clave	26
4.5 Áreas de oportunidad en formación y vinculación tecnológica en Chihuahua	30
4.5.1 Especialización técnica en procesos críticos de semiconductores	30
4.5.2 Certificaciones técnicas internacionales (IPC, JEDEC, ISO/IEC)	31
4.5.3 Articulación universidad-industria más robusta	31
4.5.4 Capacitación para reconversión productiva de pymes	31
4.5.6 Desarrollo de talento en diseño y propiedad intelectual.....	32

4.6 Clasificación por nivel de especialización y capacidad del ecosistema de semiconductores en Chihuahua	32
4.6.1 Núcleo estratégico de manufactura avanzada	32
4.6.2 Proveedores especializados de procesos críticos	33
4.6.3 Proveedores con potencial de reconversión productiva	33
4.6.4 Instituciones de formación con capacidades productivas o laboratorios industriales	33
4.6.5 Centros de investigación aplicada e innovación tecnológica	34
4.7 Recapitulación	35
5.- Análisis de actores clave en la cadena de suministro aguas abajo: Desarrollo de PCB y PCBA en Chihuahua	37
5.1 Diseño y manufactura de PCB: capacidades limitadas y dependencia externa	37
Oportunidad estratégica	37
5.2 Ensamblaje de PCBA: capacidad instalada consolidada en Chihuahua	37
5.3 Articulación con centros de formación e I+D	38
5.4 Recomendaciones estratégicas.....	38
5.5 Producción de plásticos especializados: Actores clave en la cadena de suministro aguas abajo	39
5.5.1 Capacidades actuales en plásticos técnicos en Chihuahua	39
5.5.2 Ventajas del ecosistema plástico en Chihuahua:	41
5.5.3 Limitaciones actuales:	41
5.5.4 Articulación con centros tecnológicos y educativos	42
5.5.5 Recomendaciones estratégicas	42
5.6 Servicios de prueba, ensamble y empaquetamiento: Actores clave en la cadena de suministro aguas abajo	42
5.6.1 Capacidades regionales en procesos de ATP	43
5.7 Análisis de fortalezas, debilidades e impacto local de los segmentos aguas abajo (PCB, plásticos, pruebas y ensamble).....	46
5.8 Conclusión: impacto sistémico y oportunidades regionales	49
6.- Parques industriales y centros de datos: Infraestructura estratégica y comparativa nacional e internacional.....	50
6.1 Infraestructura industrial en Chihuahua	50

6.2 Comparativa nacional: principales centros industriales	51
6.2.1 Comparativa internacional: centros globales de infraestructura	51
6.3 Telecomunicaciones y Energía	55
6.3.1 Recomendaciones estratégicas	57
6.4 Talento especializado: disponibilidad y brechas formativas	58
6.4.1 Brechas identificadas en la formación de talento	59
6.4.2 Oportunidades de mejora y colaboración	59
7. Mapa dinámico del ecosistema de industrial de Chihuahua	60
7.1 Plataforma georreferenciada interactiva.....	60
7.2 Visualización de capacidades, vínculos e infraestructura	61
7.2.1 empresas manufactureras y proveedoras	61
7.2.2 centros de I+D y universidades	61
7.2.3 Infraestructura crítica	66
8.- Cadena de valor de componentes utilizados en la manufactura de servidores en el estado de Chihuahua	67
8.1 Servidores Oracle	68
8.2 Administrador de puestos RAID 5 CISCO	73
9.3 Servidores NVIDIA H100/H200	75
8.4 Servidores DELL Power Edge 540, 730 y 740.....	78
8.5 Procesadores ARM, SkyWorks Solutions y Broadcom	80
9. Diagnósticos y recomendaciones estratégicas	83
9.1 Oportunidades de encadenamiento productivo	83
9.1.1 Recomendaciones	84
9.2 Necesidades de infraestructura y talento	85
9.2.1 Recomendaciones	86
9.3 Propuestas de coordinación pública, privada y académica	87
9.3.1 Recomendaciones	88
10. Conclusiones	89
Anexo 1.- Análisis integral de resultados y oportunidades estratégicas	91
1.1 Contexto global y oportunidad para Chihuahua	91
Tendencias clave:	91
1.2 Fortalezas actuales del ecosistema en Chihuahua	91

1.2.1 Base manufacturera sólida.....	91
1.2.2 Infraestructura industrial y logística	91
1.2.3 Ecosistema educativo y de talento	91
1.3 Brechas y Desafíos Críticos	92
1.3.1 Ausencia de procesos front-end	92
1.3.2 Limitaciones en infraestructura crítica	92
1.3.3 Brecha de talento especializado.....	92
1.4.1 Liderazgo en Ensamble, Pruebas y Empaque (ATP).....	92
1.4.3 Sistemas electrónicos complejos	92
1.5 Recomendaciones Estratégicas	92
1.5.1 Creación del Centro de Manufactura Avanzada-OSAT (CMA-OSAT-Chihuahua).....	92
1.5.2 Fortalecimiento de proveedores locales	92
1.5.3 Desarrollo de infraestructura crítica.....	93
1.5.4 Estrategia integral de talento	93
Anexo 2.- Indicadores de desempeño del proyecto: Chihuahua Hub de Semiconductores	94
2.1 Objetivo de los Indicadores	94
2.2 Indicadores de Desempeño Propuestos	94
2.2.1 Indicadores de Mapeo del Ecosistema	94
2.2.2 Indicadores de Cadena de Suministro y Capacidad Productiva	94
2.2.3 Indicadores de Infraestructura y Recursos Estratégicos	95
2.2.4 Indicadores de Talento y Capital Humano	95
2.2.6 Indicadores de Impacto Estratégico del Proyecto	95

Índice de tablas

TABLA 1.- COMPARATIVO ESTRATÉGICO DE CHIHUAHUA CON OTROS ESTADOS.	14
TABLA 2.- ECOSISTEMA DE EMPRESAS DE MOLDEO EN CHIHUAHUA.	20
TABLA 3.- CAPITAL HUMANO EN CHIHUAHUA PARA ACTIVIDADES ATP.	21
TABLA 4.- CLASIFICACIÓN DE INDUSTRIAS ESTRATÉGICAS POR PROCESOS Y ORIENTACION EXPORTADORA.	22
TABLA 5.-INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR Y CENTROS DE INVESTIGACIÓN EVALUADOS.	27
TABLA 6.- MATRIZ DE CAPACIDADES ACADÉMICAS E INFRAESTRUCTURA DE LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR Y CENTROS DE INVESTIGACIÓN EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA.	29
TABLA 7.- FORTALEZAS Y ÁREAS DE OPORTUNIDAD DEL SISTEMA EDUCATIVO SUPERIOR EN EL ÁREA DE SEMICONDUCTORES.	30
TABLA 8.- MUESTRA DEL ECOSISTEMA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS EN EL ESTADO, SUS CAPACIDADES Y SECTORES ATENDIDOS.	40
TABLA 9.- ECOSISTEMA DE MANUFACTURA ELECTRÓNICA DE SERVICIOS, LÍNEAS DE SMT, CAPACIDADES Y SECTORES ATENDIDOS.	43
TABLA 10.- ANÁLISIS DE FORTALEZAS Y DEBILIDADES ESTRUCTURALES POR SEGMENTO AGUAS ABAJO.	47
TABLA 11.-OPORTUNIDADES Y RETOS EN LA INTEGRACIÓN DE LA CADENA DE SEMICONDUCTORES.	48
TABLA 12.- COMPARATIVO DE PARQUES INDUSTRIALES, FORTALEZAS, SECTORES ATENDIDOS Y RETOS ACTUALES.	52
TABLA 13.- COMPARATIVO DE CENTROS DE MANUFACTURA GLOBAL PARA SEMICONDUCTORES. .	53
TABLA 14.- ANÁLISIS FODA DE LAS CAPACIDADES DE TELECOMUNICACIONES E IT.	55
TABLA 15.- ANÁLISIS FODA DE LA RED ELÉCTRICA E INFRAESTRUCTURA ENERGÉTICA DEL ESTADO.	56
TABLA 16.- LISTA DE COMPONENTES UTILIZADOS EN SERVIDORES ORACLE ENSAMBLADOS EN LA LOCALIDAD.	69
TABLA 17.- LISTA DE COMPONENTES ENSAMBLADOS EN PLACA BASE DE SERVIDOR ORACLE.	70
TABLA 18.- LISTA DE COMPONENTES E/S UTILIZADOS EN SERVIDORES ORACLE.	70
TABLA 19.- COMPONENTES REEMPLAZABLES PARA LOS SERVIDORES DE BASE DE DATOS ORACLE SERVER X8 Y X8M.	72
TABLA 20.- PIEZAS DE REPUESTO PARA SERVIDORES DE ALTA CAPACIDAD Y XT DE ORACLE EXADATA STORAGE SERVER X8M Y X8.	73
TABLA 21.-LISTA DE COMPONENTES PARA SERVIDORES RAID.	74
TABLA 22.- LISTA DE COMPONENTES PARA SERVIDORES NVIDIA H100 Y H200.	75
TABLA 23.- COMPONENTES DE LA BANDEJA DE LA PLACA BASE EN UN SISTEMA DGX H100 / H200. .	76
TABLA 24.- COMPONENTES DE LA BANDEJA DE LA GPU EN UN SISTEMA DGX H100/H200.	76
TABLA 25.- CONFIGURACIÓN DE CONEXIONES.	77
TABLA 26.- LISTA DE COMPONENTES PARA SERVIDOR DELL POWEREDGE R540.	79
TABLA 27.- LISTA DE COMPONENTES PARA SERVIDORES DELL POWEREDGE R740/R730XD.	80
TABLA 28.- LISTA DE MICROPROCESADORES ARM UTILIZADOS PARA DIVERSAS APLICACIONES ELECTRÓNICAS ACTUALES.	81
TABLA 29.- LISTA DE MICROPROCESADORES SKYWORKS UTILIZADOS PARA DIVERSAS APLICACIONES ELECTRÓNICAS ACTUALES.	82
TABLA 30.- LISTA DE MICROPROCESADORES BROADCOM UTILIZADOS PARA DIVERSAS APLICACIONES ELECTRÓNICAS ACTUALES.	82

Índice de figuras

FIGURA 1.- DIAGRAMA DE FLUJO MOSTRANDO LA METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA GENERACIÓN DE INFORMACIÓN Y SU GEORREFERENCIACIÓN Y TRASLADO A SITIO WEB.	16
FIGURA 2.- PROCESO DE ENCAPSULADO DE PCB'S CON RESINA EPÓXICA.	19
FIGURA 3.- APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO CONFORMAL POR MÉTODO DE AEROSOL SOBRE PCB'S.	19
FIGURA 4.- MAPA DE PARQUES INDUSTRIALES EN CD. JUÁREZ.	50
FIGURA 5.- LOCALIZACIÓN DE NUEVOS PARQUES INDUSTRIALES PROYECTADOS DE 2024 A 2030 EN MÉXICO.	51
FIGURA 6.- CARATULA DEL SITIO WWW.CHIHUAHUASEMICONDUCTORS.COM.....	60
FIGURA 7.- ECOSISTEMA NVIDIA EN CD. JUÁREZ.	61
FIGURA 8.- ECOSISTEMA DE MANUFACTURA AEROSPAZIAL.	62
FIGURA 9.- ECOSISTEMA DE MANUFACTURA DE COMPONENTES AUTOMOTRICES.	62
FIGURA 10.- ECOSISTEMA DE MANUFACTURA ELECTRÓNICA.	63
FIGURA 11.- ECOSISTEMA EDUCATIVO SUPERIOR Y TÉCNICO EN CD. JUÁREZ.	63
FIGURA 12.- ECOSISTEMA EDUCATIVO SUPERIOR Y TÉCNICO EN CHIHUAHUA.	64
FIGURA 13.- ECOSISTEMA DE MANUFACTURA MÉDICA EN EL ESTADO.	64
FIGURA 14.- ECOSISTEMA DE MANUFACTURA DE PLÁSTICOS EN CD. JUÁREZ.	65
FIGURA 15.- ECOSISTEMA DE MANUFACTURA DE PLÁSTICOS EN CHIHUAHUA.....	65
FIGURA 16.- SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL AL 2023.	66
FIGURA 17.- UBICACIÓN DE LOS COMPONENTES REEMPLAZABLES CON LA CUBIERTA SUPERIOR RETIRADA.	68
FIGURA 18.- UBICACIÓN DE COMPONENTES EN PLACA BASE DE SERVIDOR ORACLE ENSAMBLADO EN CD. JUÁREZ.....	69
FIGURA 19.- UBICACIÓN DE COMPONENTES E/S EN SERVIDORES ORACLE.....	70
FIGURA 20.- DIAGRAMA DE CONEXIONES ENTRE COMPONENTES Y RANURAS PARA SERVIDORES ORACLE.	71
FIGURA 21.- VISTA FRONTAL DE LOS SERVIDORES DE BASE DE DATOS ORACLE SERVER X8 Y X8M..	71
FIGURA 22.- VISTA TRASERA DE LOS SERVIDORES DE BASES DE DATOS ORACLE SERVER X8 Y X8M.	71
FIGURA 23.- VISTA FRONTAL DE LOS SERVIDORES DE ALTA CAPACIDAD Y XT DE ORACLE EXADATA STORAGE SERVER X9M, X8M Y X8.	72
FIGURA 24.-VISTA TRASERA DE LOS SERVIDORES ORACLE EXADATA STORAGE SERVER X8M Y X8 HIGH CAPACITY Y XT.	72
FIGURA 25.- MÓDULOS DE RED.	77
FIGURA 26.- CONEXIÓN DE SISTEMAS DE COMUNICACIONES.	78
FIGURA 27.- TOPOLOGÍA DEL SISTEMA DGX H100/H200.	78

1.- Resumen ejecutivo del proyecto

El proyecto Chihuahua Hub de Semiconductores se plantea como una estrategia integral para posicionar al estado como un nodo estratégico en la cadena global de semiconductores, aprovechando la coyuntura del nearshoring, el fortalecimiento del T-MEC y las tensiones geopolíticas que han impulsado la relocalización de cadenas de suministro.

Chihuahua cuenta con una trayectoria consolidada en manufactura avanzada, con Ciudad Juárez como epicentro de operaciones de ensamblaje electrónico, pruebas funcionales y automatización, respaldadas por empresas globales como Foxconn, Pegatron, Jabil, Flex, Inventec y Wistron. Estas capacidades se complementan con proveedores regionales en moldeo de plásticos técnicos, automatización y pruebas, así como con un ecosistema académico robusto que forma más de 13,000 ingenieros al año en instituciones como UACJ, UACH, sistema TecNM, Sistema UT, sistema UP e instituciones privadas.

Sin embargo, persisten brechas críticas que limitan su plena integración en la cadena ATP (Assembly, Testing & Packaging): alta dependencia de importaciones de PCBs, escasa producción local de encapsulados de semiconductores, insuficiencia de certificaciones internacionales (IPC, ISO, JEDEC) y limitada infraestructura especializada como salas limpias o laboratorios de pruebas ATE.

Para atender estos retos, el proyecto propone cuatro ejes estratégicos:

- **Infraestructura:** modernización de parques industriales con estándares internacionales, instalación de centros de datos Tier II/III y desarrollo de líneas piloto de PCB y encapsulado. Esto permitirá escalar de ensamblaje convencional hacia procesos OSAT (Outsourced Semiconductor Assembly and Test), integrando pruebas funcionales, encapsulado avanzado y validación automatizada.
- **Talento:** cerrar las brechas formativas mediante programas de capacitación conjunta con la industria, certificaciones internacionales y especialización en áreas críticas como encapsulado, pruebas funcionales y automatización. Universidades y tecnológicos estatales deberán adaptar sus planes de estudio para atender la demanda proyectada, fortaleciendo además la formación en diseño electrónico y propiedad intelectual.
- **Articulación público–privada–académica:** creación de un Consejo Regional de Semiconductores, un Observatorio de Capacidades y consorcios de I+D bajo el modelo de triple hélice. Estas plataformas asegurarán gobernanza compartida,

alineación entre la oferta educativa y las necesidades de la industria, y el impulso de proyectos de innovación con impacto directo en la cadena de valor.

- Encadenamiento productivo: fortalecer la proveeduría local mediante certificaciones, financiamiento tecnológico y reconversión de pymes hacia segmentos críticos como pruebas, validación de hardware y diseño de fixtures. Esto reducirá la dependencia de insumos importados y aumentará la resiliencia del ecosistema regional.

El diagnóstico evidencia que Chihuahua no solo tiene ventajas competitivas en manufactura y logística, sino que cuenta con un ecosistema educativo y científico en expansión, capaz de catalizar la transición hacia procesos de mayor valor agregado. Con políticas de apoyo e incentivos específicos, el estado puede escalar de un modelo de manufactura electrónica tradicional a un hub de semiconductores de alcance global, capaz de atraer inversión extranjera directa, generar empleos altamente calificados y fortalecer la competitividad regional en la economía digital y tecnológica de 2025 en adelante.

2.- Introducción

2.1 Antecedentes del sector de semiconductores en México

La industria de semiconductores ha adquirido una relevancia geopolítica y económica sin precedentes en la última década. Estos dispositivos, esenciales para la operación de productos tecnológicos en sectores como el automotriz, aeroespacial, médico, energético y telecomunicaciones, se han convertido en un componente crítico para la seguridad nacional y la competitividad global.

La pandemia de COVID-19 y las tensiones comerciales entre Estados Unidos y China evidenciaron la fragilidad de la cadena de suministro global de semiconductores. La alta concentración de capacidades productivas en Asia, particularmente en Taiwán, Corea del Sur y China, generó disrupciones que afectaron severamente a múltiples industrias a nivel mundial. En respuesta, gobiernos como el de Estados Unidos han promovido estrategias de relocalización (reshoring) y acercamiento geográfico (nearshoring) para diversificar y fortalecer sus cadenas de suministro. El CHIPS and Science Act de 2022 es un claro ejemplo de esta estrategia, al canalizar más de 52 mil millones de dólares para promover la manufactura nacional, la investigación y el desarrollo de talento especializado en semiconductores.

México, como socio comercial estratégico de Estados Unidos bajo el T-MEC y por contar con una plataforma manufacturera consolidada, ha emergido como una opción prioritaria para captar inversiones en segmentos clave de la cadena de semiconductores. Aunque el país aún no cuenta con capacidades completas en diseño de chips o fabricación litográfica avanzada, posee una infraestructura industrial robusta, experiencia técnica en manufactura electrónica y ventajas logísticas que le permiten participar activamente en procesos como ensamblaje de componentes, pruebas funcionales, encapsulado, manufactura de PCB y servicios técnicos especializados.

Esta proyección se ha reforzado en los últimos meses a raíz de las nuevas medidas comerciales adoptadas por la administración estadounidense. En 2025, bajo su segunda presidencia, Donald Trump intensificó las presiones arancelarias sobre México: primero impuso un arancel del 25 % en febrero, y posteriormente anunció un arancel del 30 % a partir del 1 de agosto, argumentando preocupaciones de seguridad nacional vinculadas al tráfico de fentanilo, la migración irregular y el déficit comercial bilateral. Aunque estas medidas generan incertidumbre en algunos sectores, también han reforzado la urgencia de las empresas estadounidenses por construir cadenas de suministro más cercanas, confiables y menos expuestas a disrupciones globales.

A pesar del entorno arancelario volátil, el T-MEC sigue ofreciendo un marco jurídico y fiscal que favorece la integración regional. La existencia de excepciones arancelarias para ciertos productos industriales, junto con reglas de origen claras y protección a la inversión, posicionan a México como un socio estratégico dentro del ecosistema. En este

contexto, las condiciones estructurales del país —costos competitivos, ubicación geográfica, talento industrial—, combinadas con los cambios recientes en la política comercial estadounidense, hacen que la proyección de México como proveedor clave en esta industria no solo se mantenga, sino que se vea fortalecida en un entorno estratégico en evolución.

Este posicionamiento nacional se refleja en los esfuerzos que actualmente realizan diversos estados de la República Mexicana para integrarse en distintos eslabones de la cadena de valor de semiconductores, mediante clústeres industriales, atracción de inversión extranjera directa (IED) o políticas estatales de innovación tecnológica:

- Nuevo León: Con una sólida base en manufactura avanzada, el estado ha comenzado a atraer inversiones en automatización, pruebas electrónicas y diseño de sistemas embebidos. Empresas globales han instalado centros de ingeniería y parques industriales especializados.
- Jalisco: Conocido como el "Silicon Valley mexicano", Jalisco alberga empresas multinacionales de electrónica, centros de diseño y una red académica sólida en tecnologías de la información, electrónica y microelectrónica. La zona metropolitana de Guadalajara cuenta con clústeres dedicados al diseño electrónico, software embebido y validación de hardware.
- Baja California: Tijuana y Mexicali concentran una industria electrónica y médica consolidada. Empresas especializadas en PCBA, pruebas funcionales y automatización operan en la región, favorecidas por su cercanía logística con California (EE. UU.) y acceso a centros de innovación como San Diego y Silicon Valley.
- Sonora: Identificado como un nodo estratégico por su potencial energético, Sonora desarrolla proyectos clave para atender industrias intensivas en electricidad, como la fabricación de semiconductores. Existen planes de inversión en parques tecnológicos y programas para la formación de talento especializado.
- Estado de México y Querétaro: Ambas entidades se destacan por sus capacidades en manufactura de precisión y su cercanía con el centro del país. Querétaro, en particular, ha consolidado un clúster aeroespacial con capacidades transferibles a la industria electrónica, como sensores, materiales compuestos y sistemas embebidos.
- Chihuahua: Con una base industrial altamente diversificada en sectores como el automotriz, aeroespacial, electrónico y médico, Chihuahua —y especialmente Ciudad Juárez— destaca por su red de maquiladoras de exportación y su experiencia en procesos como ensamblaje electrónico, pruebas funcionales,

automatización y moldeo especializado. Esta trayectoria ha permitido su inserción en eslabones intermedios de la cadena de semiconductores, proyectándose como una de las regiones con mayor potencial para consolidarse como nodo estratégico de esta industria en América del Norte.

Estos esfuerzos reflejan una tendencia nacional hacia la especialización tecnológica regional, en la que cada estado asume roles complementarios conforme a su infraestructura, talento humano, base industrial y localización. No obstante, para que México consolide su papel como jugador relevante en la industria de semiconductores, se requieren acciones estructurales como:

- Coordinación interinstitucional efectiva entre los niveles federal, estatal y municipal.
- Incentivos específicos para la formación de talento técnico y profesional en disciplinas clave como electrónica, automatización, diseño de circuitos y materiales avanzados.
- Desarrollo de infraestructura crítica como: energía limpia y estable, conectividad de datos, agua en altos volúmenes y parques industriales de clase mundial.
- Políticas públicas que faciliten la importación de equipos de alta tecnología, protejan la propiedad intelectual e impulsen la atracción de inversión extranjera directa.

La región norte del país, por su experiencia manufacturera, cercanía con EE. UU. y densidad industrial, se perfila como el entorno más fértil para consolidar un ecosistema de semiconductores competitivo a nivel internacional. El análisis detallado de las capacidades, fortalezas y oportunidades estratégicas del estado de Chihuahua se presenta en el siguiente apartado.

2.2 Oportunidades estratégicas para Chihuahua

El estado de Chihuahua se posiciona como un modelo de referencia en la reconversión de la cadena de suministro de semiconductores en América del Norte. La región presenta ventajas claras en fases de ensamblaje, pruebas y encapsulado (ATP), gracias a su infraestructura, talento técnico, conectividad y ecosistemas industriales consolidados en industria automotriz, médica y electrónica que puede que cuenta con amplia experiencia en desarrollo de procesos de manufactura avanzada y prueba, que puede ser fácilmente reconvertida a funciones ATP en ambientes limpios para operaciones OSAT.

2.2.1 Inserción en la cadena ATP: datos y respaldo internacional

Un estudio de FUMEC y USAID (2024) identificó a Chihuahua entre los seis estados con mayor potencial para participar en la cadena ATP por sus capacidades industriales, infraestructura crítica y talento calificado.

Organismos internacionales como la OCDE, el Banco Mundial y el Milken Institute, destacan el rol de México —especialmente el norte— como destino prioritario para fortalecer estas fases productivas, por su cercanía a EE. UU., costos competitivos y experiencia técnica instalada. El informe “Strengthening US–Mexico Semiconductor Supply Chains” del Milken Institute (junio 2023) analiza la oportunidad para México y en especial el norte de la república, en donde destaca el papel de Chihuahua, atrayendo inversión en el ensamble de componentes y equipos electrónicos, que a pesar de que no forman parte de la cadena de suministro de los semiconductores, es una oportunidad estratégica para México y en especial para Chihuahua para hacer crecer la proveeduría de esta industria y por lo tanto la cadena de suministro de semiconductores.

Datos de comercio exterior refuerzan este posicionamiento: Ciudad Juárez concentra más del 50 % del volumen estatal de semiconductores integrados, operados por empresas como Pegatron, Jabil, Honeywell, Keytronics, Inventec. Flex, entre otras.

Entre los factores diferenciales se pueden mencionar los siguientes:

- Talento especializado: Chihuahua forma miles de ingenieros anualmente en instituciones como ITCJ, UACJ, UACH, ITCH, UTCJ, UTPN, UPCH, TecNM, ITESM, entre otras.
- Infraestructura y logística: cuenta con más de 40 parques industriales y participa en el corredor binacional Juárez–El Paso–Las Cruces (USD 82 B anuales).
- Innovación: instituciones de educación superior, escuelas técnicas, centros de investigación, centros de entrenamiento especializado, hubs de innovación como Technology Hub y el parque SPARK impulsan tecnologías 4.0, visión artificial y emprendimiento regional.
- Respaldo institucional: la administración estatal, de manera estratégica y visionaria promueve la región ante compañías de gran relevancia internacional como Foxconn, TSMC, UMC, entre otras.

Estas características sitúan a Chihuahua en una posición única para avanzar no solo en el ATP, sino también en fases de mayor valor, como el diseño electrónico y pruebas automatizadas (ATE). La tabla 1 presenta un análisis comparativo de Chihuahua con otros estados del país y muestra el grado de competencia que representan estos estados contra el ecosistema de Chihuahua. Se observa que Jalisco, Baja California y Nuevo León, son las entidades que cuentan con ecosistemas desarrollados para el desarrollo de operaciones ATP/OSAT. Sin embargo, cada entidad tiene sus fortalezas como Jalisco

en diseño, Nuevo León en industria pesada y producción de aceros y destaca Baja California que ya cuenta con operaciones “back-end” en semiconductores y se encuentra en el desarrollo activo de un ecosistema competitivo de atracción de inversiones.

Tabla 1.- Comparativo estratégico de Chihuahua con otros estados.

Estado	Fortalezas clave	Integración ATP	Logística	Talento	Innovación	Competencia
Chihuahua	Electrónica, SMT, exportadora, parques industriales, IED activa	Medio–alto	Excelente	Alto	Activo	–
Jalisco	Diseño electrónico, centros TI, validación	Medio	Bueno	Alto	Muy activo	Alta
Baja California	PCBA, pruebas, proximidad a Silicon Valley	Alto	Excelente	Medio–alto	En crecimiento	Alta
Nuevo León	Automatización, manufactura avanzada, IED tecnológica	Medio	Bueno	Alto	Activo	Alta
Querétaro	Aeroespacial, precisión, I+D	Medio	Bueno	Alto	En consolidación	Largo plazo
Sonora	Energético, nueva inversión industrial	Bajo	Limitado	En expansión	En fase inicial	Largo plazo

Chihuahua combina ventajas industriales, logísticas, humanas e institucionales que lo colocan en posición de avanzar como hub de semiconductores en México. Sin embargo, para mantener su liderazgo frente a competidores como Jalisco, Baja California y Nuevo León, deberá:

- Profundizar su integración vertical y atraer proveedores tecnológicos.
- Fortalecer capacidades avanzadas (diseño electrónico, entrenamiento ATP/OSAT, pruebas ATE, validación automatizada).
- Consolidar incentivos para inversiones de alto valor en innovación y manufactura avanzada.

Con una estrategia coordinada público–privada y cierre de brechas en talento y proveedores, Chihuahua puede consolidarse como un referente continental en el procesamiento de semiconductores.

3. Metodología del trabajo

La metodología implementada para el desarrollo del proyecto “Chihuahua Hub de Semiconductores: Mapeo y Fortalecimiento de la Cadena de Suministro” se estructuró en tres etapas secuenciales e interdependientes. Estas fases combinaron herramientas de análisis cualitativo, cuantitativo, estadístico y geoespacial, con el objetivo de construir un diagnóstico integral, replicable y orientado a la toma de decisiones.

3.1 Recolección y sistematización de información

La primera fase consistió en la recopilación, depuración y organización sistemática de datos relevantes del ecosistema de semiconductores en Chihuahua. Se utilizaron fuentes primarias y secundarias mediante los siguientes componentes:

3.1.1 Revisión documental y comparación de campo:

Se analizaron más de 40 documentos técnicos provenientes de diversas fuentes como la Secretaría de Economía, INEGI, IPC México, World Bank, OECD, Milken Institute, Deloitte y BCG, así como estudios académicos y repositorios empresariales. Esta revisión permitió establecer una línea base de capacidades industriales, tecnológicas y de infraestructura.

3.1.2 Georeferenciación de actores estratégicos:

Se visitaron plantas industriales, parques industriales, asociaciones industriales, universidades e instituciones de educación superior y centros de investigación para confirmar la validez de la información obtenida y representar de manera correcta el ecosistema industrial, académico y de investigación en la entidad. Las diversas ubicaciones fueron geoetiquetadas para alimentar el desarrollo del mapa interactivo digital. Además, se recabó información de diversos actores importantes del ecosistema educativo y de investigación para determinar el grado de madurez institucional de la entidad para determinar la fortaleza de la hélice educativa y su apoyo a la competitividad en el sector.

3.2 Diagnóstico estratégico del ecosistema

A partir del análisis consolidado, se elaboró un diagnóstico con enfoque FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas) del ecosistema de semiconductores en Chihuahua. Este diagnóstico consideró cuatro dimensiones:

- Capacidades productivas e industriales
- Capital humano y formación técnica
- Infraestructura logística y tecnológica
- Articulación institucional y nivel de gobernanza

El análisis reveló fortalezas clave como la experiencia acumulada en manufactura avanzada y prueba que puede ser extrapolada con relativa facilidad a procesos ATP, esto

significa que en el estado se puede reducir grandemente la curva de aprendizaje para procesos OSAT debido a la alta especialización del talento local, alta densidad de maquiladoras exportadoras, y disponibilidad de parques industriales con infraestructura avanzada. También identificó debilidades estructurales como la escasez de técnicos especializados en microelectrónica y barreras normativas para importación de maquinaria de precisión.

3.3 Desarrollo del mapa dinámico e indicadores clave del ecosistema con visualización en sitio web www.chihuahuasemiconductors.com

Como resultado final, se construyó un mapa georreferenciado del ecosistema de semiconductores en Chihuahua, estructurado en capas interactivas que permiten:

- Visualizar empresas por tipo de proceso (servicios de manufactura electrónica, ensamble de PCB, pruebas, encapsulado, automatización, inyección de plástico, sector automotriz, médico y aeroespacial, entre otros.)
- Ubicar parques industriales, instituciones de educación superior y centros de I+D
- Evaluar nivel tecnológico e integración en cadenas globales

El mapa fue desarrollado en ArcGIS y exportado para uso en plataforma web (www.chihuahuasemiconductors.com), acompañado de indicadores clave. Este instrumento servirá como base para estrategias de atracción de inversión, diseño de políticas públicas y fortalecimiento del ecosistema local.

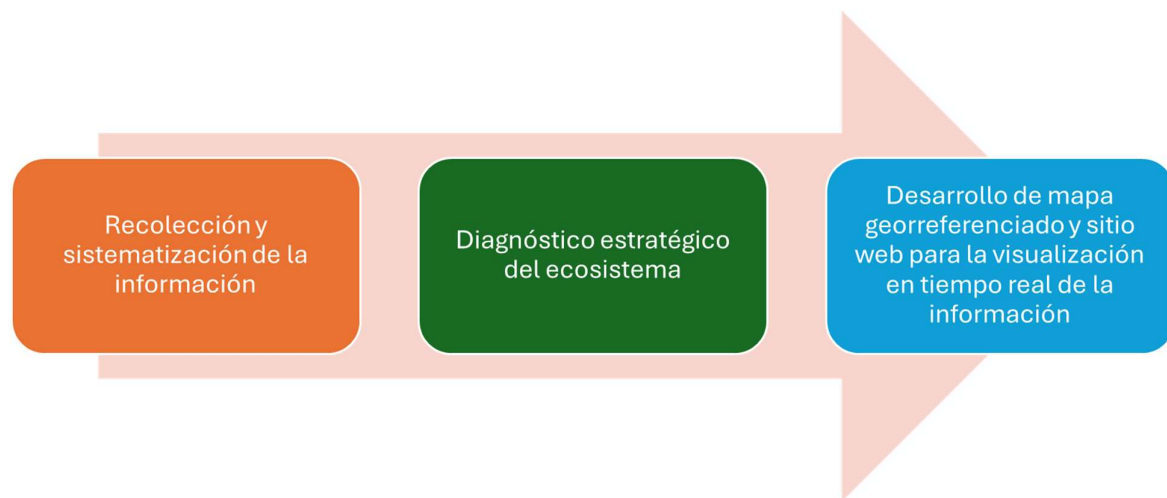


Figura 1.- Diagrama de flujo mostrando la metodología utilizada para la generación de información y su georreferenciación y traslado a sitio web.

4.- Cadena de valor de semiconductores en Chihuahua

A mediados de 2025, en un mundo que ha redefinido sus prioridades comerciales en torno a la resiliencia y la seguridad, la industria de los semiconductores se ha consolidado como el campo de batalla y, a la vez, el mayor puente de colaboración para la competitividad económica global. En este contexto, la estrategia de relocalización o nearshoring ha posicionado a México como un actor geopolítico clave, y el estado de Chihuahua, con Ciudad Juárez como su estandarte industrial, emerge como el epicentro natural para el fortalecimiento de la cadena de suministro de semiconductores en Norteamérica.

Aunque tradicionalmente el estado no ha participado en el procesamiento de obleas para obtención de semiconductores ("front-end"), su ecosistema industrial, forjado a lo largo de décadas de experiencia en la manufactura avanzada de exportación, ha desarrollado capacidades robustas y altamente especializadas en las etapas intermedias y finales de la cadena de valor. Este análisis se adentra en la estructura actual de dicha cadena en la región, identifica a sus actores más importantes, cuantifica su impacto y propone una hoja de ruta para su fortalecimiento y evolución.

4.1 Mapeo de la Cadena de Valor Existente en Chihuahua

La fortaleza de Chihuahua reside en su profunda especialización en los procesos "aguas abajo" ("downstream") de la cadena de semiconductores. Estos procesos, si bien no implican la creación del chip desde la oblea de Silicio, son indispensables para que el semiconductor pueda ser integrado en un producto final. La cadena de valor en la región se puede desglosar de la siguiente manera:

4.1.1 Ensamblaje de Tarjetas de Circuito Impreso (PCBA - Printed Circuit Board Assembly)

Esta es, sin duda, la capacidad más desarrollada y consolidada en Chihuahua. Las plantas de la región son expertas mundiales en el montaje superficial (SMT), donde los semiconductores ya empaquetados se sueldan con altísima precisión sobre una tarjeta de circuito impreso (PCB). Las empresas que con una presencia importante en este ecosistema son:

- Foxconn: con una presencia masiva en el estado, particularmente en San Jerónimo, Foxconn es un gigante en el ensamblaje de productos electrónicos para marcas globales. Sus líneas de SMT son de las más avanzadas del mundo y manejan volúmenes masivos de componentes, incluyendo microprocesadores, memorias y controladores. Los planes de inversión en el estado refuerzan su rol como pilar del ecosistema.
- Pegatron: otro gigante taiwanés con inversiones de 500 millones de dólares, 5,000 empleos directos y 3000 indirectos en la entidad. Al igual que Foxconn, su

especialidad es el ensamblaje a gran escala de productos de consumo, lo que implica una operación logística y de manufactura de semiconductores a nivel de tablilla de clase mundial.

- Jabil y Flex: estas empresas líderes en servicios de manufactura electrónica (EMS) tienen operaciones significativas en Chihuahua. Se especializan en productos de alta complejidad para los sectores médico, automotriz e industrial, donde la fiabilidad y la trazabilidad de cada componente soldado en la placa son críticas.
- Wistron e Inventec: son actores estratégicos dentro de la cadena de valor de semiconductores en Chihuahua, ambas empresas han invertido intensivamente en infraestructura y tecnología, generando miles de empleos y expandiendo su capacidad para ofrecer servicios de manufactura avanzada por contrato en el sector electrónico de ensamblaje. Ambas firmas, junto con Pegatron y Foxconn, conforman un ecosistema que posiciona al estado de Chihuahua como un pivote de manufactura electrónica avanzada para transicionar a operaciones OSAT.
- Mack Technologies: especialista global en servicios de manufactura electrónica por contrato (PCBA y ensamblaje de sistemas), tiene una presencia relevante en Ciudad Juárez desde mediados de los 1990s, consolidándose como proveedor clave dentro del ecosistema tecnológico de la región. Sus inversiones sobrepasan los 40 millones de dólares desde 2022 para incrementar su producción de tablillas electrónicas bajo tecnologías 4.0. Las capacidades de producción incluyen ensamble de placas de circuito impreso (PCBA), integración de sistemas y producción de unidades listas para mercado en sectores como comunicación, defensa, energía, industrial y médico, con altos estándares de calidad y flexibilidad operacional.
- SMTC Chihuahua y Keytronic Juárez: son dos empresas clave en la manufactura electrónica por contrato (EMS) en el estado de Chihuahua. Ambas operan líneas de ensamble SMT de alta tecnología y ofrecen servicios que abarcan desde el ensamblaje de tarjetas electrónicas hasta la integración de sistemas y pruebas funcionales para sectores como telecomunicaciones, medicina, informática e industria. Keytronic, por su parte, ofrece soluciones flexibles para producción electrónica y mecánica, con una red global de manufactura y fuerte presencia en Juárez. Ambas empresas fortalecen la cadena de valor de semiconductores en Chihuahua, impulsando el nearshoring, generando empleos calificados y posicionando a la región como un centro estratégico para la manufactura electrónica avanzada en América del Norte.

4.1.2 Procesos relacionados con el empaquetamiento y la protección de ensambles electrónicos

Si bien no hay en Chihuahua operaciones dedicadas al empaquetado de chips obtenidos de obleas, hay muchas empresas realizan operaciones que son parte integral de las etapas finales de protección y ensamble en PCBA, los procesos que destacan de estas operaciones son:

- **Encapsulado de Dispositivos:** Empresas en la región se han especializado en el encapsulado de módulos electrónicos completos y tablillas de circuito impreso mediante la aplicación de encapsulado con resinas epóxicas (figura 1) y recubrimientos conformales de silicón (figura 2). Estos procesos se aplican a conjuntos que ya incorporan los semiconductores, con el objetivo de protegerlos contra vibraciones, humedad y otros factores ambientales que puedan comprometer su funcionamiento o durabilidad.



Figura 2.- Proceso de encapsulado de PCB's con resina epóxica.



Figura 3.- Aplicación de recubrimiento conformal por método de aerosol sobre PCB's.

- **Moldeo de Plásticos Especializados:** El ecosistema cuenta con proveedores avanzados en el moldeo por inyección de plásticos de alta ingeniería, que se utilizan

para crear las carcasas y cubiertas de dispositivos electrónicos, un paso adyacente pero crucial para el producto final.

Tabla 2.- Ecosistema de empresas de moldeo en Chihuahua.

Nombre de la Empresa	Ubicación	Productos y Especialidades
T.O. Plastics de México	Ciudad Juárez	Se enfocan en el termoformado de plásticos, produciendo empaques, bandejas y carcasas para las industrias médica y electrónica.
Garmeyi	Chihuahua	Ofrecen servicios de inyección de plástico para una amplia gama de industrias, fabricando desde componentes industriales hasta productos de consumo.
Keytronic	Ciudad Juárez	Aunque son conocidos por el ensamblaje de electrónicos (EMS), cuentan con una robusta capacidad interna de moldeo por inyección de plástico para fabricar las carcasas y componentes de los productos que ensamblan.
MGS	Chihuahua	Proveedor global con una planta importante en la ciudad de Chihuahua. Se especializan en moldeo de alta precisión, herramientas y ensambles para los sectores médico, automotriz y de consumo.
Johnson Controls	Ciudad Juárez	Como uno de los mayores fabricantes de componentes para interiores de automóviles, utilizan la inyección de plástico de manera extensiva para producir tableros, consolas, paneles de puertas y otras partes plásticas.
PSC Industrias de México	Ciudad Juárez	Fabrican una amplia variedad de componentes mediante procesos de inyección y moldeo, sirviendo a clientes de las industrias electrónica y de electrodomésticos.
Quantum Plastics	Ciudad Juárez	Se enfocan en el moldeo de plástico para la industria automotriz, electrónica, telecomunicaciones y de bajo volumen fabricando una variedad de componentes interiores y funcionales para vehículos.

El estado de Chihuahua se ha consolidado como un centro clave para la prueba de PCB (ensambles de circuito impreso) gracias a la instalación de plantas de manufactura electrónica por contrato, creando un ecosistema especializado en prueba e integración. Los elementos de prueba que destacan son:

- Pruebas funcionales: Una vez que los chips están montados en la tarjeta (PCB's), las plantas en Chihuahua realizan pruebas funcionales exhaustivas para garantizar que el producto final (ya sea una computadora, componente automotriz, un servidor o un dispositivo médico) funcione según las especificaciones.
- Validación de chips: Particularmente en el sector automotriz, empresas en Chihuahua realizan validaciones de chips ya empaquetados para asegurar su fiabilidad bajo condiciones de estrés térmico y mecánico, un paso crítico en la cadena de suministro automotriz.

La tabla 3 resume las principales capacidades del capital humano disponible en el estado de Chihuahua, relevantes para el desarrollo de actividades de ensamblaje, prueba y empaque (OSAT/ATP) en la industria de semiconductores.

Tabla 3.- Capital humano en Chihuahua para actividades ATP.

Categoría	Descripción	Cantidad Estimada	Fuente/Observaciones
Fuerza laboral activa	Población ocupada en el estado de Chihuahua	1.81 millones	INEGI / Data México
Trabajadores en manufactura electrónica	Personal con experiencia en líneas SMT y electrónica	91,300	IDB Semiconductor Report (2023)
Técnicos e ingenieros STEM	Graduados en ingeniería, mecatrónica, electrónica	13,000+/año	Data México / Tecnológicos Estatales
Técnicos capacitados CONALEP	Formados en automatización, microelectrónica	5,000+	CONALEP – Foxconn Program
Especialistas entrenados en semiconductores	Participantes de diplomados, intercambios o bootcamps	500+	SIDE / CIMAV / Programas binacionales
Empleos recientes en sector electrónico	Creados por nuevas inversiones 2023–2024	20,000+	Economía Chihuahua / México Industry
Operadores con experiencia OSAT	Mano de obra con habilidades en ensamble y prueba	Estimada en 30,000+	Sector industrial / estimación basada en maquila

4.2.- Identificación y clasificación de actores clave

4.2.1 Empresas manufactureras y proveedoras

El levantamiento de campo permitió identificar al menos 47 empresas en el estado de Chihuahua con participación activa, aguas abajo, o potencial en la cadena de suministro de semiconductores, concentrándose más del 80 % en Ciudad Juárez. Estas empresas fueron clasificadas en tres categorías principales:

a) Empresas ancla o multinacionales con operaciones clave

Se identificaron firmas globales como Jabil, Foxconn, SMTC, Flex, entre otras, que operan bajo esquemas de manufactura por contrato (EMS) y realizan procesos como:

- Ensamblaje de tarjetas electrónicas (PCBA)
- Pruebas funcionales automatizadas
- Encapsulado de componentes (conformal coating)
- Automatización industrial

Estas empresas cuentan con certificaciones internacionales (IPC-A-610, ISO 9001, IATF 16949), con orientación exportadora total hacia sectores automotriz, médico y telecomunicaciones.

b) Proveedores especializados

Incluyen empresas medianas que realizan:

- Moldeo de plásticos técnicos
- Pruebas de circuitos (ICT) / funcionales
- Maquinado de precisión
- Diseño y fabricación de fixtures

Ejemplos relevantes: Plastiex, TME, Maquinados de Precisión del Norte, Electro Controles del Noroeste, entre otras. Varias están en proceso de certificación IPC y buscan mayor vinculación con OEM's globales.

c) Proveedores de servicios indirectos con potencial de escalar

Se identificaron empresas de logística, mantenimiento, empaque industrial y soporte que, con apoyo tecnológico, podrían insertarse en procesos de mayor valor, como pruebas de confiabilidad, ingeniería inversa y validación de hardware.

Tabla 4.- Clasificación de industrias estratégicas por procesos y orientacion exportadora.

Proceso	Empresas destacadas	% orientación exportadora
Ensamblaje de PCBA y manufactura electrónica por contrato	Jabil, Foxconn, SMTC, Flex	100 %
Pruebas funcionales (ATE, ICT)	TME, Benchmark, Flex	80 %
Encapsulado / Moldeo	Plastiex, Amcor, Foxconn	60 %
Fabricación de PCB	Procesos subcontratados o importados	40 %
Automatización industrial	Integradores pyme locales	70 %
Plásticos técnicos	IAC, Plásticos PIMSA	55 %

Ciudad Juárez concentra el ecosistema manufacturero más sofisticado del norte del país, aportando más del 43.6 % del PIB estatal y operando más de 2,800 maquiladoras de exportación, muchas ya insertas en procesos que pueden extrapolarse con relativa facilidad a procesos ATP (Assembly, Test & Packaging) de la industria de semiconductores.

Las empresas multinacionales ubicadas en el estado tienen una fuerte integración global, pero dependen en gran medida de importaciones para insumos críticos como PCB, moldes, pruebas y encapsulados, lo que representa una oportunidad para

fortalecer la proveeduría local. Las pymes locales muestran capacidades en moldeo, automatización y pruebas, pero enfrentan barreras como la falta de certificaciones (IPC, ISO), escaso financiamiento para tecnología y falta de técnicos capacitados en procesos de última generación como son los de semiconductores, sin embargo, la experiencia generada en manufactura avanzada es una gran ventaja local.

Asimismo, la falta de producción nacional de placas PCB es un cuello de botella estratégico, ya que México importa casi el 100 % de estos insumos desde Asia.

En contraste, hay un alto potencial de reconversión de empresas de servicios (logística, mantenimiento, empaque) hacia funciones críticas si se articulan en clústeres especializados y actualizan sus procesos de gestión, capacitación, entre otros.

4.3 Instituciones educativas, centros de investigación y capacitación

El ecosistema de semiconductores en Chihuahua cuenta con una red educativa y científica en expansión, compuesta por universidades, tecnológicos, centros de investigación aplicada y plataformas de formación técnica que, en conjunto, tienen el potencial de convertirse en un habilitador clave para la consolidación de la cadena de valor en el estado. Si bien existen capacidades académicas relevantes, aún persisten brechas importantes entre la oferta formativa actual y las competencias requeridas por la industria de semiconductores, particularmente en áreas como diseño electrónico, validación funcional, automatización, encapsulado y ensamble de alta precisión.

4.3.1 Instituciones de educación superior con enfoque en ingeniería y tecnología

4.3.1.1 Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ)

Con programas en Ingeniería Electrónica, Mecatrónica, Automatización y Manufactura, la UACJ destaca por su colaboración con la industria maquiladora y por contar con laboratorios de pruebas, automatización y robótica. A través del Instituto de Ingeniería y Tecnología (IIT), ofrece proyectos conjuntos con empresas del sector y genera egresados capacitados para líneas SMT, pruebas funcionales, programación de PLC y mantenimiento electrónico.

4.3.1.2 Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH)

Ofrece varias ingenierías alineadas con tecnologías de semiconductores, entre ellas: Ingeniería Física, aeroespacial, computación (hardware) y procesos industriales. También tiene Ingeniería en Computación (hardware), que incluye análisis de sistemas digitales y procesamiento de señales, esenciales para diseño de circuitos. Estas carreras forman ingenieros con conocimientos en electrónica digital, sistemas embebidos y física aplicada, apoyando investigación y desarrollo tecnológico vinculado al sector semiconductores.

4.3.1.3 Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez (ITCJ)

Como parte del TecNM, este instituto imparte ingeniería electrónica, electromecánica, mecatrónica, eléctrica, industrial, semiconductores, entre otras. Estos programas aportan competencias en diseño de sistemas electrónicos, procesos de semiconductores, automatización, control y manufactura de componentes, todo clave para el desarrollo de hardware y pruebas en semiconductores.

4.3.1.4 Instituto Tecnológico de Chihuahua

Su oferta incluye Ingeniería Eléctrica (con especialidad en Automatización Industrial), Ingeniería Electromecánica (con Diseño y Manufactura Avanzada), Electrónica (con Mecatrónica), e incluso Ingeniería en Materiales, lo que refuerza las capacidades necesarias en equipos y procesos semiconductores.

4.3.1.5 Instituto Tecnológico Campus de Parral

Imparte programas como ingeniería mecatrónica, con enfoque en automatización y robótica, grandes aliados para la planta productiva de semiconductores.

4.3.1.6 Universidad Tecnológica de Chihuahua

Ofrece desde técnico superior universitario hasta programas de ingeniería en mecatrónica (automatización), procesos industriales (manufactura y plásticos), e ingeniería en mantenimiento industrial, lo cual aporta talento especializado en manufactura avanzada y robótica.

4.3.1.7 Universidad Politécnica de Chihuahua

sus programas incluyen ingeniería aeronáutica, mecánica automotriz, tecnología ambiental, con formación técnica que aporta en sistemas de manufactura de precisión compatibles con semiconductores.

4.3.1.8 Universidad Tecnológica Paso del Norte

anunció que planea incorporar la ingeniería en semiconductores a partir del cuatrimestre septiembre–diciembre de 2025, marcando una oferta educativa pionera llena de relevancia para el ecosistema local.

4.3.1.9 Universidad La Salle Chihuahua

Ofrece carreras como ingeniería mecatrónica, energías alternativas, industrial en calidad, tecnologías de la información y telecomunicaciones, lo que apoya el desarrollo de soluciones electrónicas y de automatización para la industria semiconductora

4.3.1.10 Instituto Tecnológico de Monterrey Campus Ciudad Juárez

El ITESM-Juárez es un pilar estratégico para el ecosistema de semiconductores, proveyendo talento con las competencias exactas para la industria OSAT/ATP a través de programas clave como ingeniería mecatrónica, industrial y de sistemas, electrónica y semiconductores, física industrial, entre otras. La institución es reconocida como un socio fundamental en los planes de desarrollo del sector en la región.

4.3.1.11 Aporte de los posgrados en Chihuahua al ecosistema de semiconductores

El fortalecimiento del ecosistema de semiconductores en Chihuahua depende fundamentalmente de la disponibilidad de capital humano altamente especializado. Más allá de la formación técnica y de ingeniería a nivel licenciatura, los programas de posgrado (maestrías y doctorados) de las instituciones de educación superior del estado son un pilar estratégico para la innovación, la investigación aplicada y la resolución de problemas complejos en la industria OSAT/ATP.

Las principales universidades del estado, como la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) y los Institutos Tecnológicos de Chihuahua y Ciudad Juárez (ITCH, ITCJ), ofrecen posgrados que, aunque no siempre están explícitamente enfocados en "semiconductores", proveen las competencias avanzadas necesarias para el sector. Sus programas de maestría y doctorado en áreas como Ciencia de Materiales, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Eléctrica (con especialidad en electrónica) y Sistemas de Manufactura son cruciales.

Estos posgrados forman expertos capaces de:

- Investigar y desarrollar nuevos materiales para su uso en sustratos o encapsulados.
- Diseñar y optimizar procesos de automatización y robótica para las líneas de ensamble.
- Realizar análisis de fallas a un nivel micro y nanométrico.
- Modelar y simular procesos térmicos y mecánicos que ocurren durante el empaquetado de chips.
- Gestionar proyectos de transferencia tecnológica de la academia a la industria.

La colaboración de estas instituciones en el desarrollo de talento y proyectos es una fortaleza reconocida, y su participación en redes nacionales e internacionales potencia la visibilidad y capacidad del estado.

4.3.1.12 Centro de Investigación en Materiales Avanzados: Catalizador de innovación para el ecosistema de semiconductores

Dentro del panorama de posgrado e investigación, el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV), con sede en Chihuahua, merece una mención especial por sus capacidades únicas y su rol como catalizador tecnológico para la industria. Sus fortalezas lo posicionan como una pieza indispensable para que el ecosistema local trascienda la manufactura y se adentre en la innovación y el desarrollo.

Fortalezas Clave del CIMAV:

- **Experiencia en Nanotecnología y Ciencia de Materiales:** El CIMAV posee un profundo conocimiento en el estudio y la caracterización de materiales a escala nanométrica. Esta capacidad es crucial para el análisis de los materiales utilizados en los semiconductores, la investigación de nuevos compuestos para el encapsulado o la evaluación de la calidad de las uniones en el proceso de wire bonding.
- **Infraestructura de Laboratorio de Vanguardia:** El centro cuenta con laboratorios equipados con tecnología avanzada para la investigación aplicada. Esto incluye microscopios electrónicos de barrido (SEM), microscopios de fuerza atómica (AFM) y equipos para análisis de superficies, que son herramientas esenciales para el análisis de fallas y el control de calidad en los microchips. Esta infraestructura es una de las fortalezas del sistema educativo y de investigación del estado.
- **Capacidad para la Investigación Aplicada y Vinculación:** El CIMAV tiene una sólida trayectoria en la colaboración con la industria para resolver problemas concretos. Puede actuar como el brazo de I+D para las empresas del clúster OSAT, ofreciendo servicios de análisis de materiales, calificación de procesos y desarrollo de soluciones a la medida, facilitando así la transferencia de conocimiento.
- **Formación de Talento de Alto Nivel:** A través de sus programas de maestría y doctorado en Ciencia de Materiales y Nanotecnología, el CIMAV forma el personal más altamente especializado del estado. Sus egresados son los futuros líderes de los departamentos de ingeniería de procesos, calidad e investigación y desarrollo de las empresas de semiconductores que se instalen en la región.

En resumen, el CIMAV no es solo una institución académica, sino un socio tecnológico estratégico que aporta la infraestructura científica y el capital humano de élite necesarios para analizar, mejorar e innovar en los complejos procesos de la industria OSAT/ATP, consolidando así las aspiraciones de Chihuahua de convertirse en un hub de semiconductores con proyección global.

4.4 Evaluación de actores educativos y de investigación clave

Las experiencias internacionales en zonas donde se han implementado programas de desarrollo de ecosistemas para la instalación de operaciones en la industria de semiconductores muestran que el éxito de estas iniciativas depende en gran medida de contar con un sólido componente educativo y de investigación. Este componente debe operar en estrecha sinergia con los esfuerzos industriales y gubernamentales,

generando un entorno propicio para incrementar la capacidad de atracción de inversiones.

En la Tabla 5 se presentan los principales actores del ámbito educativo y de investigación identificados en el estado de Chihuahua, cuya evaluación permite determinar la capacidad institucional existente para respaldar y fortalecer los esfuerzos orientados al desarrollo del sector OSAT en la región.

Tabla 5.-Instituciones de educación superior y centros de investigación evaluados.

Nombre	Categoría/Tipo de financiamiento
Universidad Autónoma de Chihuahua	UPES/Pública
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez	ITNM/Público
Instituto Tecnológico de Chihuahua	ITNM/Público
Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez	UT/Pública
Universidad Tecnológica Paso del Norte	UT/Pública
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez	UPES/Pública
Instituto Tecnológico de Monterrey Campus Cd. Juárez	IES/Privada
Centro de Investigación en Materiales Avanzados	Centro de Investigación Federal/Público

Los resultados de la evaluación institucional se sintetizan en la Tabla 6, evidenciando que el estado de Chihuahua ha logrado avances significativos en la consolidación de su ecosistema educativo enfocado en semiconductores.

Una revisión integral de las instituciones participantes revela que el 62.5 % cuenta con líneas estratégicas o programas directamente orientados a semiconductores, de los cuales el 25 % están completamente consolidados y con carácter transversal. Esta orientación estratégica constituye una base sólida para el desarrollo futuro del sector.

En materia de integración nacional e internacional, el 62.5 % participa activamente en redes y consorcios, y un 25 % asume roles de liderazgo o alta relevancia. Esta vinculación fortalece la visibilidad del estado y amplía las oportunidades de colaboración tecnológica y científica.

Desde la perspectiva financiera, aunque solo el 25 % dispone de un presupuesto consolidado y prioritario para semiconductores, el 87.5 % cuenta con un presupuesto anual definido, lo que constituye una base para incrementar la inversión estratégica.

En cuanto a la formación de talento humano, el 62.5 % de las instituciones dispone de entre 6 y 10 profesores especializados, mientras que el 12.5 % supera los 10. Esto refleja una capacidad docente adecuada, aunque susceptible de ampliación. En términos de

egresados, el 50 % forma más de 30 profesionales anualmente con el perfil requerido, aunque un 37.5 % gradúa menos de 10, lo que limita la masa crítica de talento especializado.

La experiencia institucional también es un punto fuerte: el 50 % está plenamente consolidado en el desarrollo de proyectos del área, y un 37.5 % posee experiencia intermedia. Esta fortaleza se respalda en infraestructura física: el 87.5 % cuenta con al menos tres laboratorios aplicables a semiconductores, aunque solo el 12.5 % dispone de cinco. En cuanto a equipamiento especializado para I+D, el 75 % tiene acceso suficiente o amplio, factor crucial para investigación de frontera.

En producción científica y tecnológica, el 25 % supera los 30 productos (publicaciones, patentes o desarrollos tecnológicos), mientras que el 50 % tiene entre 5 y 30, lo que indica una actividad relevante, aunque con margen de crecimiento. Paralelamente, el 87.5 % de las instituciones está desarrollando o implementando programas académicos específicos en semiconductores, demostrando un compromiso claro con la adaptación de la oferta educativa a las demandas del sector.

En síntesis, el ecosistema educativo del estado presenta una estructura institucional robusta y con orientación definida hacia los semiconductores, respaldada por infraestructura, personal docente calificado, experiencia en proyectos y vinculación con redes externas. No obstante, la ausencia de presupuestos plenamente consolidados y la limitada formación de especialistas en ciertas instituciones reducen su impacto potencial.

Respecto al grado de madurez, aunque la mayoría desarrolla o implementa programas especializados, la consolidación académica plena aún está en proceso, con disparidades en la generación anual de talento y en la producción científica. El sistema se encuentra en una fase intermedia de crecimiento activo, con oportunidades claras de fortalecimiento.

Tabla 6.- Matriz de capacidades académicas e infraestructura de las instituciones de educación superior y centros de investigación en el estado de Chihuahua.

Parámetro	Grado de consolidación
Existencia de líneas o programas estratégicos sobre semiconductores en la institución.	El 25% de las instituciones cuentan con estrategias consolidadas y transversales.
	El 62.5% de las instituciones cuentan con líneas estratégicas y/o programas estratégicos alineados con semiconductores.
	El 12.5% de las instituciones cuenta con proyectos en marcha, pero sin estrategia definida.
La institución en redes nacionales/internacionales en semiconductores.	El 25% lidera y/o participa en redes nacionales o internacionales relacionadas a semiconductores.
	El 37.5% de las instituciones participa activamente en múltiples redes y contribuye a estas.
	37.5% de las instituciones participa en alguna red o consorcio.
La institución cuenta con un presupuesto asignado a proyectos de semiconductores.	El 25% de las instituciones cuenta con un presupuesto consolidado, con crecimiento y prioridad institucional.
	El 25% de las instituciones tiene un presupuesto regular y con rubros definidos.
	El 37.5% de las instituciones cuenta con presupuesto anual específico, pero limitado.
	El 12.5% de las instituciones no asigna un presupuesto a este rubro.
Recursos humanos con formación en semiconductores o en áreas relacionadas tiene su institución actualmente.	El 12.5% tiene mas de 10 profesores con formación en semiconductores.
	El 62.5% de las instituciones cuenta entre 6 y 10 profesores con formación en semiconductores.
	El 25% de las instituciones cuenta con un máximo de 5 profesores formados en semiconductores.
Experiencia institucional en el desarrollo de proyectos en el área de semiconductores.	El 50% de las instituciones esta consolidada en el desarrollo de proyectos en el área.
	El 37.5% de las instituciones cuenta con una experiencia intermedia en el desarrollo de proyectos en el área.
	El 12.5% de las instituciones no cuenta con experiencia en el desarrollo de proyectos en el área.
	El 12.5% de las instituciones cuenta con 5 laboratorios aplicables a semiconductores.
Infraestructura física institucional aplicable a semiconductores.	El 75% de las instituciones cuenta con 3 laboratorios con aplicación a semiconductores.
	El 12.5% de las instituciones solo cuenta con 1 laboratorio aplicable a semiconductores.
	El 37.5% de las instituciones cuenta con amplia capacidad de equipos para I+D.
Equipo especializado para investigación y desarrollo.	El 37.5% de las instituciones cuenta con la mayoría de equipo especializado para I+D.
	El 25% de las instituciones cuenta con pocos equipos para I+D.
	El 12.5% de las instituciones forma mas de 50 personas con perfil adecuado anualmente.
	El 37.5% de las instituciones forma entre 30 y 50 personas con el perfil adecuado anualmente.
Formación anual de recursos humanos con perfil deseable para semiconductores.	El 12.5% de las instituciones forma entre 11 y 30 personas con el perfil adecuado anualmente.
	El 37.5% de las instituciones forma entre 1 y 10 personas con el perfil adecuado anualmente.
	El 50% de las instituciones esta en etapa de implementación de programas.
	El 37.5% de las instituciones se encuentra desarrollando programas.
Planes de abrir un nuevo programa académico en semiconductores o de adaptar alguno de los programas existentes para incluir esta temática.	El 12.5% lo ha considerado pero no ha comenzado su desarrollo.
	El 25% de las instituciones cuenta con más de 30 productos.
	El 25% de las instituciones cuenta con entre 15 y 30 productos.
Cuenta la institución con publicaciones científicas, patentes o desarrollos tecnológicos en áreas relacionadas con materiales y/o semiconductores.	El 25% de las instituciones cuenta con entre 5 y 15 productos.
	El 12.5% de las instituciones cuenta con menos de 5 productos.
	El 12.5% de las instituciones no cuenta con productos de este tipo.

La Tabla 7 muestra las fortalezas y oportunidades de mejora en el sistema de educación superior y centros de investigación en el estado de Chihuahua en el área de semiconductores.

Tabla 7.- Fortalezas y áreas de oportunidad del sistema educativo superior en el área de semiconductores.

Fortalezas del sistema	Oportunidades de mejora
Alta proporción de instituciones con estrategias alineadas a semiconductores.	Ampliar el presupuesto consolidado y priorizado en más instituciones.
Experiencia significativa en desarrollo de proyectos.	Incrementar la cantidad de egresados anuales con perfiles especializados.
Presencia de infraestructura y equipo especializado.	Fortalecer la generación de publicaciones científicas y/o patentes.
Participación activa en redes nacionales e internacionales.	Ampliar el número de profesores altamente especializados en semiconductores.
Compromiso institucional con la apertura y adaptación de programas educativos.	Acelerar la implementación de programas académicos y la actualización curricular.

4.5 Áreas de oportunidad en formación y vinculación tecnológica en Chihuahua

El fortalecimiento del ecosistema de semiconductores en Chihuahua no puede disociarse del desarrollo sostenido de capital humano, la transferencia de conocimiento y la articulación efectiva entre los sectores académico, productivo y gubernamental. A partir del análisis de las principales instituciones formativas y de I+D del estado, se identifican seis áreas estratégicas de oportunidad:

4.5.1 Especialización técnica en procesos críticos de semiconductores

Si bien existen carreras técnicas e ingenierías en electrónica, mecatrónica y manufactura, materiales, física, entre otras, aún hay una baja presencia de programas formativos específicos en áreas críticas del ciclo ATP (Assembly, Testing, Packaging), como:

- Ensamblaje de microcomponentes (SMT/Through-hole)
- Encapsulado de semiconductores (molding, die attach)
- Pruebas funcionales y climáticas (ICT, ATE, burn-in)
- Fabricación de PCB y substratos de silicio

Oportunidad: crear diplomados, certificaciones o trayectos técnicos especializados dentro de los centros y en colaboración con la industria.

4.5.2 Certificaciones técnicas internacionales (IPC, JEDEC, ISO/IEC)

Menos del 20 % de las pymes con actividad industrial en Chihuahua cuentan con personal certificado en normativas internacionales relevantes para la industria electrónica. Esto limita su integración a cadenas de valor globales.

Oportunidad: Incluir módulos de certificación en IPC-A-610, J-STD-001, ISO 9001, ISO 26262 en la formación de técnicos e ingenieros, e instalar centros acreditados para su evaluación.

4.5.3 Articulación universidad-industria más robusta

Pese a experiencias exitosas como las del ITCJ o la UTCJ, aún predomina una fragmentación estructural entre universidades y empresas: falta de pasantías técnicas alineadas con necesidades reales, escasez de proyectos de I+D conjuntos y bajo aprovechamiento de instalaciones industriales como laboratorios vivos.

Oportunidad: Establecer consorcios tecnológicos con presencia empresarial, académica y pública. Promover programas de formación dual y convocatorias de proyectos vinculantes.

4.5.4 Capacitación para reconversión productiva de pymes

Muchas empresas de servicios indirectos (mantenimiento, empaque, limpieza técnica, logística) podrían reconvertirse hacia segmentos de mayor valor agregado (validación de hardware, pruebas de fiabilidad, automatización, manufactura ligera de componentes), pero no cuentan con personal ni tecnología adecuada.

Oportunidad: Desarrollar programas de upskilling dirigidos específicamente a estas pymes, apoyados por incubadoras tecnológicas y centros de capacitación técnico/tecnológico.

4.5.5 Infraestructura formativa especializada

Aunque existen laboratorios de automatización y manufactura, no hay instalaciones específicamente orientadas al ensamblaje, pruebas o encapsulado de dispositivos semiconductores (como líneas piloto, salas limpias o bancos de pruebas ATE).

Oportunidad: Crear un centro de capacitación en semiconductores de alcance regional, en alianza con fondos públicos (SIDE, gobierno del estado de Chihuahua, SECIHTI, BID), industria ancla (Foxconn, Jabil, Pegatron) e instituciones y centros de investigación como TecNM, UACJ, UACH y CIMAV.

4.5.6 Desarrollo de talento en diseño y propiedad intelectual

Pocas universidades en el estado imparten formación formal en diseño de chips, lógica digital avanzada, VHDL/Verilog, o propiedad intelectual electrónica. Esto limita el posicionamiento en segmentos de mayor valor como front-end design, verificación o prototipado digital.

Oportunidad: Establecer colaboraciones con universidades, instituciones o empresas nacionales e internacionales (INAOE, CINVESTAV, ASU, UT Austin, UT Dallas, UTEP, Synopsys) para la formación conjunta de talento especializado en diseño electrónico, IP cores y automatización de prueba.

Estas áreas de oportunidad representan nodos estratégicos para consolidar una base de talento competitivo y una infraestructura formativa de alto nivel en Chihuahua. El desarrollo del capital humano será determinante para escalar del modelo maquilador tradicional hacia una plataforma regional de innovación en semiconductores, capaz de atraer inversión, generar empleos calificados y participar en cadenas globales con mayor integración tecnológica.

4.6 Clasificación por nivel de especialización y capacidad del ecosistema de semiconductores en Chihuahua

La construcción de un ecosistema sólido en la cadena de suministro de semiconductores requiere no solo conocer quiénes son los actores, sino comprender su nivel de especialización tecnológica, capacidad productiva, y grado de integración en la cadena de valor. Para este propósito, se realizó una clasificación integral de empresas e instituciones en Chihuahua en función de tres variables clave:

- **Especialización tecnológica:** nivel de complejidad técnica de los procesos que realiza el actor (bajo, medio, alto).
- **Capacidad instalada:** volumen de producción o prestación de servicios tecnológicos (baja, media, alta).
- **Grado de integración:** participación directa en la cadena de semiconductores, especialmente en segmentos ATP (Assembly, Testing & Packaging), diseño o manufactura avanzada.

Esta clasificación permitió organizar a 47 empresas y 10 instituciones educativas y de investigación en cinco categorías estratégicas:

4.6.1 Núcleo estratégico de manufactura avanzada

Alto nivel de especialización, alta capacidad instalada, fuerte integración en la cadena de uso de semiconductores y producto electrónico de consumo. Son empresas multinacionales con líneas SMT, automatización avanzada, pruebas funcionales,

encapsulado y certificaciones IPC/IATF/ISO. Realizan manufactura por contrato (EMS) en sectores como automotriz, electrónico, médico, telecomunicaciones, entre otros. Ejemplos de estas compañías recaen en: Jabil, Foxconn, Pegatron, Inventec, Flex, SMTC, Wistron, entre otras.

Observación: Estas empresas constituyen el eje del ecosistema actual y representan oportunidades de encadenamiento aguas abajo con proveedores locales.

4.6.2 Proveedores especializados de procesos críticos

Medio-alto nivel de especialización, capacidad media, integración parcial en la cadena de semiconductores y productos electrónicos de consumo. Estas son empresas regionales que operan procesos como moldeo técnico, pruebas ICT, automatización de líneas, diseño de fixtures, componentes plásticos y metálicos. Ejemplos de compañías que caben en este perfil destacan Ingeniería Metálica y Plástica de México, PIMA, REPINEL, TAMUSE systems, Manufactura y Diseños Industriales, entre otras.

Observación: Si reciben apoyo en certificación y equipamiento, podrían escalar hacia proveedores Tier 1 o Tier 2.

4.6.3 Proveedores con potencial de reconversión productiva

Bajo-medio nivel de especialización, capacidad limitada, integración periférica. Son Pymes de servicios industriales (logística, mantenimiento, empaque, servicios generales) que podrían reconvertirse hacia procesos tecnológicos con formación y apoyo. Ejemplos de este tipo de industrias se encuentran en INDUSTRI-ALL, ABBA Logistic, Servicios Técnicos Diversificados, QA Services Sorting & Rework Experts, AMN Quality Solutions, entre otras.

Observación: Existen oportunidades de migrar hacia pruebas de confiabilidad, ensamblaje técnico o servicios de valor agregado si se integran a redes de formación y certificación debidamente acreditadas para consolidar el ecosistema.

4.6.4 Instituciones de formación con capacidades productivas o laboratorios industriales

Capacitación técnica aplicada, infraestructura de simulación, colaboración con industria

Centros que forman técnicos, operadores y profesionistas en áreas clave como electrónica, automatización, mecatrónica y manufactura.

Ejemplos:

- CENALTEC
- ITCJ (Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez)
- UTCJ (Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez)

Observación: Necesitan ampliar la oferta formativa hacia semiconductores, establecer certificaciones internacionales, y colaborar en proyectos piloto.

4.6.5 Centros de investigación aplicada e innovación tecnológica

Chihuahua posee condiciones únicas para convertirse en un hub de semiconductores en México y Norteamérica. Su ubicación fronteriza, el dinamismo de su sector manufacturero y la presencia de instituciones académicas y tecnológicas de alto nivel generan un terreno fértil para atraer inversiones y fortalecer cadenas de valor. Lo que distingue al estado es la existencia de centros de investigación aplicada e innovación tecnológica que permiten no solo formar talento especializado, sino también transferir conocimiento, desarrollar prototipos y brindar soluciones directamente aplicables a la industria de semiconductores. Este ecosistema es el puente entre la investigación científica y las necesidades reales del sector productivo.

Ejemplos:

- CIMAV (Centro de Investigación en Materiales Avanzados): referente internacional en materiales, nanotecnología y energía, con investigaciones que pueden integrarse a procesos de microelectrónica y empaquetado de chips.
- I²C (Instituto de Innovación y Competitividad): catalizador de proyectos tecnológicos e innovación abierta, apoyando a empresas emergentes en áreas relacionadas con manufactura avanzada.
- CENALTEC (Centro de Entrenamiento en Alta Tecnología): reconocido por su capacidad para capacitar técnicos en automatización, robótica y diseño electrónico, competencias clave para la industria de semiconductores.
- UACH, UACJ y TecNM Campus Juárez: universidades que forman ingenieros e investigadores en áreas estratégicas y que colaboran con la industria en proyectos aplicados de alto impacto.
- INADET e ICATECH: fortalecen la reconversión laboral y la capacitación continua, asegurando que la fuerza de trabajo local se adapte a las nuevas tecnologías

Observaciones:

- Convergencia tecnológica: impulsar proyectos conjuntos entre CIMAV, I²C y universidades para el desarrollo de laboratorios especializados en microelectrónica, materiales avanzados y prototipado de chips.
- Escalamiento de investigación a industria: diseñar mecanismos que faciliten el tránsito de los proyectos de investigación aplicada hacia soluciones comerciales y su integración en cadenas de suministro globales.

- Capacitación con enfoque semiconductor: alinear los programas de CENALTEC, ICATECH e INADET a competencias específicas como litografía, empaquetado y control de calidad de semiconductores.
- Plataforma de colaboración academia-industria: crear un nodo estatal de innovación donde universidades y centros tecnológicos trabajen directamente con empresas ancla del sector.
- Atracción de inversión en I+D: ofrecer incentivos para que compañías extranjeras establezcan centros de investigación en Chihuahua, en alianza con CIMAV y las universidades, potenciando la transferencia tecnológica.

4.7 Recapitulación

El ecosistema de semiconductores en Chihuahua se perfila como uno de los más prometedores del norte de México, articulando una base manufacturera sólida, una red creciente de instituciones formativas y centros de innovación con potencial para escalar hacia segmentos de mayor valor agregado. A través de la clasificación de actores por nivel de especialización, capacidad instalada y grado de integración tecnológica, se han identificado cinco grupos clave con funciones complementarias en el ecosistema regional: empresas ancla consolidadas, proveedores críticos emergentes, pymes con potencial de reconversión, centros de formación aplicada y núcleos de investigación tecnológica avanzada.

Las capacidades actuales en procesos como PCBA, pruebas funcionales (ICT, ATE), automatización y moldeo técnico —lideradas por firmas como Jabil, Foxconn, Inventec, Pegatron, entre otras— representan un ancla industrial clave para la región. Sin embargo, persisten brechas estructurales en áreas críticas como fabricación de PCBs, encapsulado de semiconductores, diseño electrónico avanzado y certificación técnica especializada (IPC, ISO), lo que limita la integración plena a la cadena ATP y al segmento de diseño de semiconductores.

En el ámbito formativo, instituciones como el UACJ, UACH, TNM-ITCH, TNM-ITCJ, UTCJ, UTPN, ITESM, CENALTEC, entre otros, cuentan con infraestructura robusta y alianzas iniciales con la industria, pero aún requieren ampliar su oferta hacia programas especializados en procesos de semiconductores, formación dual, proyectos de I+D aplicada y certificaciones internacionales. Del mismo modo, se identificaron oportunidades claras de reconversión industrial para empresas locales de servicios (logística, mantenimiento, empaque) si se articulan con mecanismos de formación técnica y transferencia tecnológica.

El ecosistema de Chihuahua cuenta así con los componentes necesarios para consolidarse como un nodo estratégico dentro de la cadena de suministro norteamericana de semiconductores, pero para ello será necesario implementar una política integrada de desarrollo tecnológico, inversión en talento, certificación, infraestructura formativa y fortalecimiento de proveeduría local. Este diagnóstico territorial provee insumos clave para orientar estrategias de atracción de inversión, reconversión industrial y desarrollo de capital humano altamente calificado.

5.- Análisis de actores clave en la cadena de suministro aguas abajo:

Desarrollo de PCB y PCBA en Chihuahua

El segmento aguas abajo de la cadena de valor de semiconductores abarca procesos como el diseño y fabricación de tarjetas de circuito impreso (PCB), el ensamblaje electrónico (PCBA), pruebas funcionales (ICT, ATE), encapsulado y empaque especializado. Este eslabón representa una oportunidad clave para escalar el valor agregado regional, especialmente ante el contexto de relocalización (nearshoring) y fortalecimiento de cadenas de suministro norteamericanas.

5.1 Diseño y manufactura de PCB: capacidades limitadas y dependencia externa

Uno de los principales cuellos de botella en el ecosistema de Chihuahua es la casi total dependencia de importaciones para el abastecimiento de tarjetas de circuito impreso (PCB). Actualmente, no existen instalaciones industriales locales con capacidad para fabricar PCBs multicapa o de alta densidad (HDI) en volúmenes industriales. Según el CIITA (2023), más del 95 % de las PCBs utilizadas por EMS y OEM's en Chihuahua son importadas desde Asia, particularmente de China, Taiwán y Corea.

Aunque existen esfuerzos incipientes de diseño electrónico por parte de universidades (UACJ, ITCJ) y centros como CIITA Juárez, estos se limitan a prototipado en baja escala, sin capacidades industriales en sustratos laminados, procesos químicos o fotolitografía para fabricación masiva.

Oportunidad estratégica

Impulsar un proyecto de atracción o coinversión para la instalación de una planta piloto de fabricación de PCB's, en alianza con proveedores internacionales, que atienda la demanda creciente de las EMS en Chihuahua y fortalezca la autonomía industrial del país en este insumo crítico.

5.2 Ensamblaje de PCBA: capacidad instalada consolidada en Chihuahua

Por el contrario, el ensamblaje electrónico de PCBA (Printed Circuit Board Assembly) representa uno de los puntos fuertes del ecosistema regional. Chihuahua —y particularmente Ciudad Juárez— cuenta con una alta concentración de empresas multinacionales de manufactura por contrato (EMS), como Foxconn, Jabil, Flex, SMTC, entre otras, que operan líneas de ensamble automatizado bajo normas IPC y estándares como IATF 16949 o ISO 13485.

Estas empresas realizan procesos como:

- Montaje de componentes SMT y through-hole
- Soldadura por ola y reflujo

- Pruebas funcionales (ICT, ATE)
- Trazabilidad electrónica y verificación de calidad

El 100 % de esta producción se destina a exportación, abasteciendo principalmente a los sectores automotriz, médico y telecomunicaciones en Estados Unidos.

Adicionalmente, proveedores regionales como TME, Electro Controles del Noroeste y Maquinados de Precisión del Norte participan en subprocesos de pruebas, inspección visual, diseño de herramientas y soporte electrónico.

Ventajas competitivas identificadas:

- Mano de obra especializada en líneas SMT (operadores, supervisión de calidad, ingenieros de proceso, y soporte de sociedades como la SMTA)
- Infraestructura instalada para ensamble y pruebas funcionales automatizadas
- Certificaciones internacionales y cumplimiento normativo

Debilidades estructurales:

- Alta dependencia de PCBs y componentes importados
- Escasa producción local de herramientas, moldes o empaques ESD
- Débil integración con universidades para diseño electrónico

5.3 Articulación con centros de formación e I+D

El segmento PCBA se encuentra mejor articulado con la oferta formativa que otros procesos, gracias a convenios con instituciones como CENALTEC, ITCJ, UTCJ, entre otros, que ofrecen entrenamiento técnico en montaje, pruebas ICT, diseño de pruebas y automatización. Sin embargo, aún persiste una desconexión en la integración de diseño electrónico avanzado, VHDL/Verilog, simulación de hardware o trazabilidad digital desde los planes de estudio.

5.4 Recomendaciones estratégicas

1. Fomentar atracción de inversión para fabricación local de PCBs, como línea piloto o planta especializada, articulada con el ecosistema EMS.
2. Fortalecer la integración universidad-industria en el diseño electrónico, desarrollo de fixtures, trazabilidad digital y pruebas climáticas.
3. Ampliar programas de certificación técnica (IPC-A-610, J-STD-001) a nivel regional para elevar la calidad de la proveeduría local.
4. Impulsar consorcios tecnológicos público-privados que aceleren la reconversión de proveedores indirectos hacia funciones críticas de valor agregado.

5.5 Producción de plásticos especializados: Actores clave en la cadena de suministro aguas abajo

La industria de semiconductores requiere componentes plásticos técnicos de alta especialización, utilizados en encapsulado, sockets, carcasas, disipadores dieléctricos, guías de ensamble, estructuras de protección electrostática (ESD), y sistemas de fijación de tarjetas electrónicas (fixtures). Estos insumos son fundamentales para procesos del ciclo ATP (Assembly, Testing, Packaging), así como para empaques y soportes de dispositivos sensibles. En el caso de Chihuahua, la producción de plásticos especializados representa una oportunidad estratégica para el fortalecimiento de la cadena de suministro regional, con presencia de proveedores locales relevantes y capacidades instaladas en moldeo de precisión, diseño de herramientas e inyección automatizada.

5.5.1 Capacidades actuales en plásticos técnicos en Chihuahua

En el levantamiento de campo y análisis industrial se identificaron al menos seis empresas regionales con participación o potencial en la manufactura de plásticos de ingeniería para la industria electrónica y de semiconductores, concentradas principalmente en Ciudad Juárez y Chihuahua capital.

Entre las capacidades destacadas se encuentran:

- Moldeo por inyección de plásticos técnicos (ABS, PC, PPS, PEEK, LCP)
- Diseño y fabricación de moldes de alta precisión
- Simulación y análisis de flujo (Moldflow, SolidWorks)
- Producción de carcasas, sujetadores, empaques dieléctricos, insertos ESD
- Operación de maquinaria CNC para componentes híbridos plástico-metal

Estas capacidades posicionan al sector como un eslabón crítico para la regionalización de partes no electrónicas pero estratégicas, que actualmente son importadas desde Asia por empresas EMS u OEM's instaladas en Chihuahua.

Tabla 8.- Muestra del ecosistema de inyección de plásticos en el estado, sus capacidades y sectores atendidos.

Nombre	Localización	Capacidades	Sectores atendidos	Observaciones
MGS Juárez (MGS Manufacturing Group)	Ciudad Juárez, Chihuahua	Moldeo por inyección (50–1,400 T), celdas automatizadas, sala limpia ISO Clase 8, ensambles y validaciones	Médico, Diagnóstico, MedTech (también automotriz/electrónica como soporte)	≈120,000 ft ² ; 72 prensas; ISO 13485, ISO 9001, IATF 16949, CTPAT
EVCO Plastics de México M3	Ciudad Juárez, Chihuahua	Inyección, insert/overmolding, gas-assist, IML/IMD, metrología, robótica; hasta 3,000 T	Médico, Electrónica/Consumo, Industrial, Empaque	ISO 9001; 36 prensas; 67,000 ft ²
Accudyn de México	Chihuahua (Complejo Industrial Chihuahua)	Moldeo de precisión (40–1,000 T+), ingeniería de moldes, materiales de ingeniería, celdas automatizadas	Automotriz, Electrónica, Industrial, Dispositivos Médicos	Operación desde 2007; >40 prensas; enfoque en tolerancias estrechas
Novares (Plantas Chihuahua)	Chihuahua, Chihuahua	Inyección termoplástica, ensambles y acabados para interiores/exteriores automotrices	Automotriz (componentes plásticos)	3 plantas en Chihuahua; piezas interiores (radio bezels, HVAC, etc.)
Nifco America – Planta Chihuahua	Chihuahua, Chihuahua	Inyección de plásticos (incluye twin-shot, insert molding, gas assist) y ensamble	Automotriz (sujeciones/fasteners y sistemas plásticos)	Planta en Av. Nicolás Gogol #11301; IATF 16949
Keytronic Juárez (EMS con moldeo)	Ciudad Juárez, Chihuahua	Moldeo por inyección y herramientas; integración con electrónicas y ensamble	Electrónica, Electrodomésticos, Industrial, Automotriz, TI/Comunicaciones	Ubicación: Magneto #950, Parque Ind. Gema; ISO 9001/13485* (global)
Quantum Plastics – División Juárez	Ciudad Juárez, Chihuahua	Inyección termo-plástica, gas-assist, pintura, soldadura ultrasónica/vibración, impresión, ensambles	Electrodomésticos, Automotriz, Industrial, Electrónica, Telecom	165,000 ft ² ; 74 prensas (40–1,000 T); ISO 9001, ISO 14001, IATF 16949

Wattera de México	Ciudad Juárez, Chihuahua	Inyección, pintura, pad printing, grabado láser, metalizado al vacío; overmolding, insert molding	Automotriz (y otros industriales/consumo)	30 máquinas (≈60–1,000 T+); ISO 9001:2015 e IATF 16949:2016
IMP México (Ingeniería Metálica y Plástica)	Ciudad Juárez, Chihuahua	Inyección de plásticos, diseño y fabricación de moldes, mantenimiento de herramientas	Electrónica, Automotriz, Industrial	Experiencia >20 años; ubicación en Parque Industrial Juárez
HISMAQ / Mold Service	Chihuahua, Chihuahua	Gestión de inyección, subcontratación de moldeo, reparación y modificación de moldes	Automotriz, Electrónica, Industrial, Agro (cajas)	Proveeduría del Estado de Chihuahua; integración con Mold Service
Moplain	Chihuahua, Chihuahua	Inyección de plástico y fabricación de moldes; prototipos; logística/almacenaje	Automotriz, Aeroespacial (indirecto), Industrial	ISO 9001:2015; miembro del Clúster Automotriz de Chihuahua
Clayens Chihuahua	Chihuahua, Chihuahua	Inyección termoplástica (50–800 T), doble disparo, vertical, soplado; soldadura láser/ultrasonido; ensambles	Automotriz, Eléctrico/Infraestructura, Salud, Industrial	75 máquinas; alta automatización; metrología y mantenimiento de herramienta in-house

5.5.2 Ventajas del ecosistema plástico en Chihuahua:

- Infraestructura de moldeo con maquinaria automatizada y celdas robotizadas.
- Experiencia en sectores regulados (automotriz, médico), aplicable al sector electrónico.
- Capacidad de diseño de herramientas internas, lo cual reduce dependencia externa.
- Cercanía logística con plantas EMS que podrían demandar encapsulados plásticos, sujetadores, y piezas dieléctricas.

5.5.3 Limitaciones actuales:

- Pocas empresas tienen certificaciones específicas en manejo de componentes ESD o uso de polímeros grado semiconductor (LCP, PPS, BMC).
- Falta de integración con centros de diseño electrónico para desarrollo conjunto de piezas.

- Escasa participación en cadenas globales como proveedores Tier 2 o Tier 3.

5.5.4 Articulación con centros tecnológicos y educativos

Centros como el sistema CENALTEC en el estado de Chihuahua ofrecen líneas de formación y prototipado para moldes, mecanizado CNC, análisis de materiales y automatización de celdas de inyección. Sin embargo, aún no existe una línea especializada en plásticos para encapsulado o componentes microelectrónicos.

Oportunidad estratégica: Desarrollar una célula demostrativa o línea piloto de inyección para pruebas con polímeros especiales y diseño de componentes plásticos para PCBA, encapsulado o empaques ESD, en colaboración con la industria.

5.5.5 Recomendaciones estratégicas

- Fortalecer certificaciones técnicas en materiales plásticos para electrónica (ESD, UL94, ASTM D-999) en empresas locales.
- Impulsar proyectos conjuntos de diseño y moldeo entre EMS (como Jabil, Flex) y proveedores plásticos regionales para reemplazar importaciones de sujetadores, sockets y encapsulados plásticos.
- Apoyar financieramente la adquisición de moldes multicavidad y simuladores de flujo para pymes plásticas que busquen especializarse en semiconductores.
- Fomentar el desarrollo de piezas híbridas (plástico-metal) en conjunto con centros tecnológicos, orientadas a soportes de pruebas funcionales, porta tarjetas y sistemas de prueba.

5.6 Servicios de prueba, ensamble y empaquetamiento: Actores clave en la cadena de suministro aguas abajo

Chihuahua cuenta con una infraestructura industrial consolidada, heredera de décadas de experiencia en el sector maquilador en Ciudad Juárez y en la capital del estado. Este historial ha sentado las bases de un ecosistema robusto, con parques industriales equipados para manufactura electrónica de alta precisión, redes logísticas eficientes y vocación exportadora: el estado concentra más del 37 % de las exportaciones electrónicas del país. Esa plataforma facilita ahora la transición hacia operaciones de ensamble, prueba y empaquetamiento (ATP), gracias a su capacidad para albergar líneas SMT, salas limpias y centros de prueba especializados.

Las ventajas competitivas de la región son múltiples y se refuerzan entre sí. Primero, su posición fronteriza permite canales logísticos optimizados –autopistas, almacenes, aduanas y enlaces ferroviarios–, que reducen tiempo y costos hacia el mercado estadounidense. Segundo, la estructura maquiladora existente proporciona agilidad operativa, madurez en procesos de exportación y disponibilidad de terrenos industriales

listos para equipar. Tercero, el respaldo educativo vinculado con la industria garantiza talento técnico y capacidades adaptables a necesidades emergentes. Cuarto, la investigación local y los intercambios académicos internacionales proveen know-how para tecnologías limpias, control de calidad y trazabilidad del ensamblaje de chips. Quinto, la articulación pública-privada ha generado incentivos fiscales, diplomacia tecnológica y credibilidad hacia inversionistas globales.

5.6.1 Capacidades regionales en procesos de ATP

El estado de Chihuahua cuenta con una concentración relevante de empresas que ofrecen alguno o varios de los siguientes servicios que pueden ser relevantes para ATP:

- Montaje SMT y THT de tarjetas electrónicas (PCBA)
- Pruebas funcionales automatizadas (ICT, ATE, burn-in)
- Encapsulado plástico básico y sobremoldeo técnico
- Integración de dispositivos en subconjuntos electrónicos y electromecánicos
- Validación ambiental (vibración, humedad, térmica)

Estas capacidades están presentes tanto en plantas de empresas multinacionales de manufactura por contrato (EMS) como Jabil, SMTC o Flex, como en proveedores especializados locales que participan en pruebas o encapsulado a menor escala.

Tabla 9.- Ecosistema de manufactura electrónica de servicios, líneas de SMT, capacidades y sectores atendidos.

Nombre	Ubicación	Procesos	Capacidades	Sectores atendidos
Keytronic Juárez	Ciudad Juárez, Chihuahua	SMT y THT (PCBA); pruebas funcionales (ICT/FCT) y AOI; integración electro-mecánica; moldeo/integración mecánica	Planta en Parque Ind. Gema (Magnet 950); múltiples líneas SMT; verticalización PCBA + mecánica	Electrónica de consumo e industrial, TI/Comunicaciones, electrodomésticos, automotriz, médico (global)
SigmaTron International	Chihuahua (capital)	SMT y THT (PCBA); pruebas funcionales; rework; integración de subconjuntos	Operación con PCBA de tecnología mixta; prácticas Lean; certificaciones ISO (sitio global)	Automotriz, médico, industrial, electrónica
East West Manufacturing	Ciudad Juárez, Chihuahua	SMT y THT (PCBA); pruebas internas; integración de ensambles electrónicos	Capacidad mid-to-high volume; pruebas in-house; soporte de ingeniería regional	Médico, industrial, electrónica, IoT, HMI

VEXOS	Ciudad Juárez, Chihuahua	EMS (SMT/THT PCBA); pruebas (ICT/FCT); integración electro-mecánica	Operación high-mix/high-complexity; soluciones E2E de cadena de suministro	Automotriz, médico, industrial, comunicaciones
Flex (Flextronics Manufacturing Juárez)	Ciudad Juárez, Chihuahua	PCBA; pruebas funcionales; integración de dispositivos; manufactura médica	Sitios Juárez Norte y Sur; registro FDA como contratista médico; footprint multinacional	Médico/Dispositivos, electrónica, automotriz, industrial
Foxconn (FII) – Juárez	Ciudad Juárez, Chihuahua	PCBA para servidores; pruebas funcionales y burn-in típicas de servidores; integración de sistemas	Expansión para manufactura de servidores de IA; alta capacidad de integración	Cómputo/Datacenter, electrónica e industrial
Firstronic / LACROIX – Juárez	Ciudad Juárez, Chihuahua	SMT (15 líneas); ICT/FCT; coating; trazabilidad/serialización; integración	Enfoque automotriz/médico; certificaciones ISO 9001, IATF 16949 e ISO 13485	Automotriz, médico, industrial, electrónica
Flexpertech Manufacturing (FXT)	Ciudad Juárez, Chihuahua	SMT; inspección X-Ray; maquinado; integración de subconjuntos	Infraestructura para shelter/transferencias; servicios SMT dedicados	Electrónica, industrial, consumo
Jabil Chihuahua –	Chihuahua (capital)	Integración electro-mecánica; automatización de procesos; manufactura electrónica	Tercer sitio inaugurado en 2023; +250k ft ² ; enfoque en robótica/automatización/AI	Energía, automotriz, industrial, electrónica
Commscope – Juárez (Energía)	Ciudad Juárez, Chihuahua	Encapsulado plástico básico/sobremoldeo en conectividad; integración de dispositivos	Ampliación 2022; mayor capacidad en conectores/accesorios para red eléctrica y solar	Energía, industrial, infraestructura eléctrica
TT Electronics (Optek) – Juárez	Ciudad Juárez, Chihuahua	Integración de dispositivos optoelectrónicos; pruebas funcionales propias; subconjuntos	Manufactura de sensores/opto; soporte a aplicaciones exigentes	Automotriz, aeroespacial/espacio, industrial
Sanmina Global Services – Juárez	Ciudad Juárez, Chihuahua	Reparación/retrofit de PCBA; pruebas funcionales; logística post-venta	Servicios de ingeniería y reparación quick-turn; operaciones transfronterizas con El Paso	Electrónica/Industrial, comunicaciones, médico (aftermarket)
EVCO Plastics de México M3	Ciudad Juárez, Chihuahua	Encapsulado plástico básico; sobremoldeo técnico; integración plástica con electrónica	36 prensas (hasta 3,000 T); 67k ft ² ; ISO 9001; gas-assist/IML/insert	Médico, electrónica/consumo, industrial, empaque

Clayens Chihuahua –	Chihuahua (capital)	Sobremoldeo, inyección 1K/2K, soplado; soldadura ultrasónica/láser; ensambles	75 máquinas (50–800 T); alta automatización; metrología/fixtures internos	Automotriz, salud, eléctrico/infraestructura, industrial
Wattera de México	Ciudad Juárez, Chihuahua	Inyección plástica; pintura; láser etch; sobremoldeo/insert molding	30 máquinas (≈60–1,000 T+); IATF 16949; ISO 9001	Automotriz, electrodomésticos, industrial
IMP México (Ingeniería Metálica y Plástica)	Ciudad Juárez, Chihuahua	Inyección de plásticos; diseño/fabricación de moldes; integración plástica	Herramientales y mantenimiento in-house; experiencia en series	Electrónica, automotriz, industrial
MACSA Manufacturas Avanzadas	Ciudad Juárez, Chihuahua	Automatización de líneas; diseño de fixtures; maquinados; sub-maquila	Fixturas eléctricas/holders; integración para arneses y líneas de producción	Automotriz (arneses), electrónica, maquila general
ASEC – Automatización y Servicios Especializados de Chihuahua	Chihuahua (capital)	Automatización/robótica; diseño de fixtures; programación/PLC; maquinados CNC	Integración de celdas y líneas; diseño a medida para manufactura electrónica	Electrónica, automotriz, industrial
Maquinados de Automatización Avanzada (MAA)	Ciudad Juárez y Chihuahua	Diseño de tableros/fixtures; ensamble y automatización de líneas; prototipos	Soporte a maquiladora; producción de alto volumen y mejoras de maquinaria	Maquila electrónica, arneses, industrial

5.6.1.1 Limitaciones y áreas de oportunidad

Desafíos actuales:

- Ausencia de líneas dedicadas a procesos especializados (wire bonding, molding, underfill), lo que limita integración completa de ATP.
- Dependencia de equipos importados para pruebas ATE y falta de personal capacitado para su mantenimiento/calibración.
- Escasez de software de diseño para fixturas de prueba y validación eléctrica.
- Falta de infraestructura “pública” para pruebas climáticas, térmicas o mecánicas que puedan ser usadas por pymes proveedoras.

Ventajas competitivas actuales:

- Alta densidad de líneas SMT certificadas y operadores calificados.
- Existencia de equipos funcionales de prueba ICT y bancos ATE en empresas ancla.

- Experiencia comprobada en validación para sectores críticos como automotriz, electrónico de consumo y médico.
- Presencia de empresas que desarrollan localmente fixturas de prueba y adaptadores.

5.6.1.2 Articulación con centros de formación e I+D

Tanto CIITA-Juárez como CENALTEC han comenzado a implementar programas orientados a entrenamiento en pruebas funcionales, ensamble de PCBA y diseño de fixturas. En particular:

- CIITA cuenta con estaciones de pruebas ICT y equipos para validación térmica inicial, utilizados para proyectos de diagnóstico de proveedores.
- CENALTEC ha lanzado módulos de capacitación en montaje SMT, entrenamiento en moldeo de polímeros, pruebas ICT básicas y normas IPC (A-610, J-STD-001) en conjunto con empresas del ecosistema.

No obstante, aún no existen líneas piloto para encapsulado ni laboratorios abiertos de pruebas climáticas para proveedores locales.

Recomendaciones estratégicas

- Desarrollar una línea piloto compartida de encapsulado, pruebas ATE y burn-in dentro del universidades o laboratorios públicos o como extensión del CENALTEC, para formación técnica e innovación experimental.
- Impulsar un programa de certificación técnica en pruebas electrónicas y ensamble SMT, en alianza con IPC México e instituciones como ITCJ, UTCJ, UACJ o CIMAV.
- Establecer un consorcio de pruebas y fiabilidad electrónica con participación de EMS, proveedores locales, y centros de diseño, que permita estandarizar fixturas, protocolos y procesos.
- Fomentar el desarrollo local de fixturas, adaptadores de prueba y herramientas de validación, mediante capacitación y apoyo a empresas con experiencia ya probada.
- Crear laboratorios públicos de pruebas climáticas y mecánicas para pymes, mediante financiamiento público o fondos SECIHTI.

5.7 Análisis de fortalezas, debilidades e impacto local de los segmentos aguas abajo (PCB, plásticos, pruebas y ensamble)

El análisis estratégico de los tres eslabones clave aguas abajo —fabricación de PCB/PCBA, plásticos técnicos y servicios de prueba y encapsulado— revela un ecosistema en consolidación, con ventajas regionales en manufactura electrónica, capacidades instaladas parciales y retos estructurales en integración tecnológica,

formación especializada y dependencia externa. A continuación, se presenta una matriz de diagnóstico con énfasis en capacidades actuales, limitaciones y su contribución al desarrollo económico regional.

Tabla 10.- Análisis de fortalezas y debilidades estructurales por segmento aguas abajo.

Segmento	Fortalezas clave	Debilidades estructurales
PCB / PCBA	• Presencia de líneas SMT/THT automatizadas en multinacionales (Jabil, SMTC, Flex) • Procesos certificados (IPC, IATF, ISO) • Existencia de técnicos calificados y módulos de formación básica	• No existe producción local de placas PCB; se importa 100% desde Asia • Nula presencia de diseño de layout PCB o substratos • Falta de infraestructura de prototipado abierto para pymes
Plásticos técnicos	• Empresas locales con experiencia en moldeo por inyección (Plastiex, IAC) • Capacidad instalada en automatización y diseño de moldes • Vinculación con sectores médico y automotriz, ya certificados	• Bajo desarrollo de materiales especializados para semiconductores (resinas ESD, LCP, PPA) • Ausencia de procesos de sobremoldeo encapsulante o insert molding técnico • Limitada interacción con el segmento ATP
Pruebas, ensamble y encapsulado	• Empresas con equipos ICT y AT • Personal técnico	• No existen líneas locales de encapsulado especializado • Poca disponibilidad de infraestructura compartida para pruebas climáticas • Falta de software y diseño propio de sistemas de prueba

5.7.1 Impacto de la cadena de valor en el ecosistema regional y la industria de semiconductores

El análisis de PCB/PCBA, plásticos especializados y pruebas con encapsulado muestra distintos niveles de integración y potencial en la cadena de semiconductores. Los ensambles electrónicos (PCBA) presentan alta orientación exportadora y fuerte generación de empleo técnico, aunque dependen en gran medida de insumos importados. Los plásticos especializados ofrecen una capacidad intermedia de exportación y articulación parcial con centros educativos, con posibilidades de crecimiento si se fortalece el encapsulado técnico. En pruebas y encapsulado, el grado de integración es medio-alto, con fuerte capacidad exportadora y alta generación de empleo especializado, pero con dependencia crítica de equipamiento importado. En conjunto, las tres áreas muestran un potencial significativo de escalamiento tecnológico y articulación académica, clave para consolidar capacidades locales y avanzar hacia una mayor autosuficiencia en la industria de semiconductores.

Tabla 11.-Oportunidades y retos en la integración de la cadena de semiconductores.

Variable de análisis	PCB / PCBA	Plásticos especializados	Pruebas y encapsulado
Grado de integración en la cadena de semiconductores	Medio (PCBA, no PCB)	Bajo-medio	Medio-alto (ATP parcial)
Capacidad exportadora / orientación global	Alta (100 % en EMS)	Media (55-60 %)	Alta (empresas EMS exportadoras)
Dependencia de insumos importados	Alta (placas PCB, pasta, componentes)	Media (resinas, moldes)	Alta (ATE, herramientas, materiales encapsulantes)
Potencial de escalamiento tecnológico	Alto (si se instala producción local de PCB y diseño)	Medio (si se desarrolla encapsulado técnico)	Alto (si se crean laboratorios de pruebas climáticas y encapsulado)
Generación de empleo técnico	Alto (líneas SMT, test, operadores especializados)	Medio (moldeo, automatización)	Alto (ingenieros de prueba, herramientas, operadores ATE)
Articulación con centros educativos	Parcial (PCBA y SMT)	Parcial (moldeo básico)	Parcial (ICT, herramientas, validación)

5.7.1.2 Síntesis estratégica

Fortalezas comunes destacadas:

- Concentración regional de capacidades en PCBA, moldeo técnico y pruebas funcionales, con orientación exportadora.
- Existencia de infraestructura instalada de clase mundial en empresas ancla.
- Base técnica calificada y presencia de centros formativos activos como CENALTEC e instituciones de educación superior.
- Alta especialización en manufactura para sectores sensibles (automotriz, médico, aeroespacial), con estándares globales ya implementados.

Debilidades estructurales transversales:

- Ausencia de procesos productivos de mayor integración tecnológica, como producción de PCB, encapsulado especializado o validación ambiental avanzada.
- Baja participación de proveedores locales en diseño, prueba y encapsulado; predominan los servicios de bajo valor agregado.
- Falta de infraestructura compartida o abierta para PYMES (laboratorios, líneas piloto, validación).

- Alta dependencia de equipos, insumos y know-how importado, lo cual vulnera la autonomía tecnológica y los márgenes de valor local.

5.8 Conclusión: impacto sistémico y oportunidades regionales

Los segmentos analizados reflejan un ecosistema con una base sólida en manufactura avanzada, pero aún fragmentado en cuanto a procesos críticos de semiconductores. El mayor impacto positivo se observa en la generación de empleo técnico y la consolidación de Ciudad Juárez como polo ATP en México. Sin embargo, el reto es escalar hacia funciones de mayor complejidad tecnológica y reducir la dependencia externa.

Para ello, se recomienda:

- Impulsar infraestructura especializada (producción PCB, encapsulado, laboratorios ATE)
- Reconvertir empresas periféricas mediante capacitación y certificación
- Articular consorcios tecnológicos para diseño y pruebas
- Establecer programas de atracción de inversión dirigidos a procesos faltantes del ciclo ATP

Estas acciones permitirían transformar a Chihuahua de un nodo de manufactura a un hub tecnológico integral dentro de la cadena global de semiconductores.

6.- Parques industriales y centros de datos: Infraestructura estratégica y comparativa nacional e internacional

El desarrollo de un ecosistema competitivo en la industria de semiconductores requiere infraestructura industrial de alto nivel, conectividad digital, disponibilidad energética y capacidades tecnológicas especializadas. En este contexto, los parques industriales y los centros de datos (data centers) se convierten en activos estratégicos, ya que no solo alojan operaciones de manufactura avanzada, sino que también habilitan entornos digitales seguros para pruebas, simulación, automatización y gestión de datos industriales.

6.1 Infraestructura industrial en Chihuahua

Chihuahua cuenta con una sólida base de más de 45 parques industriales activos, principalmente concentrados en Ciudad Juárez y Chihuahua capital. Estos parques albergan empresas del sector automotriz, médico, aeroespacial y, más recientemente, de manufactura electrónica avanzada (EMS), con procesos como ensamblaje de PCBA, pruebas funcionales, encapsulado y moldeo técnico. La ubicación de los parques industriales en Cd. Juárez se presentan en la Figura 4.

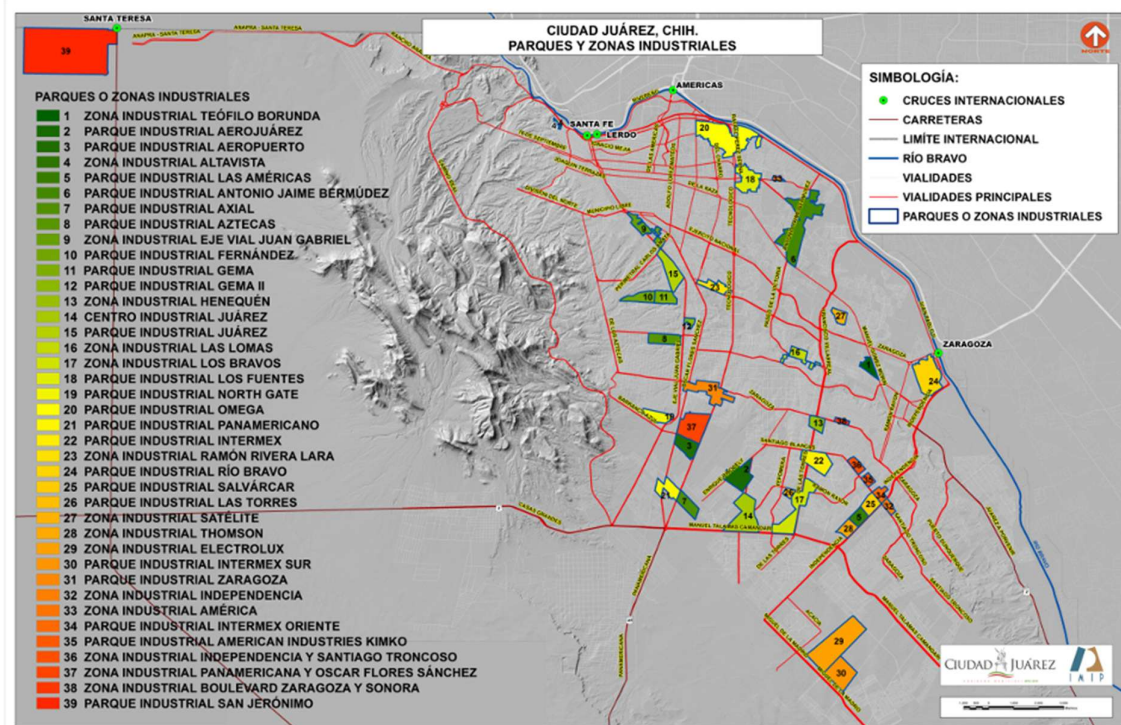


Figura 4.- Mapa de parques industriales en Cd. Juárez.

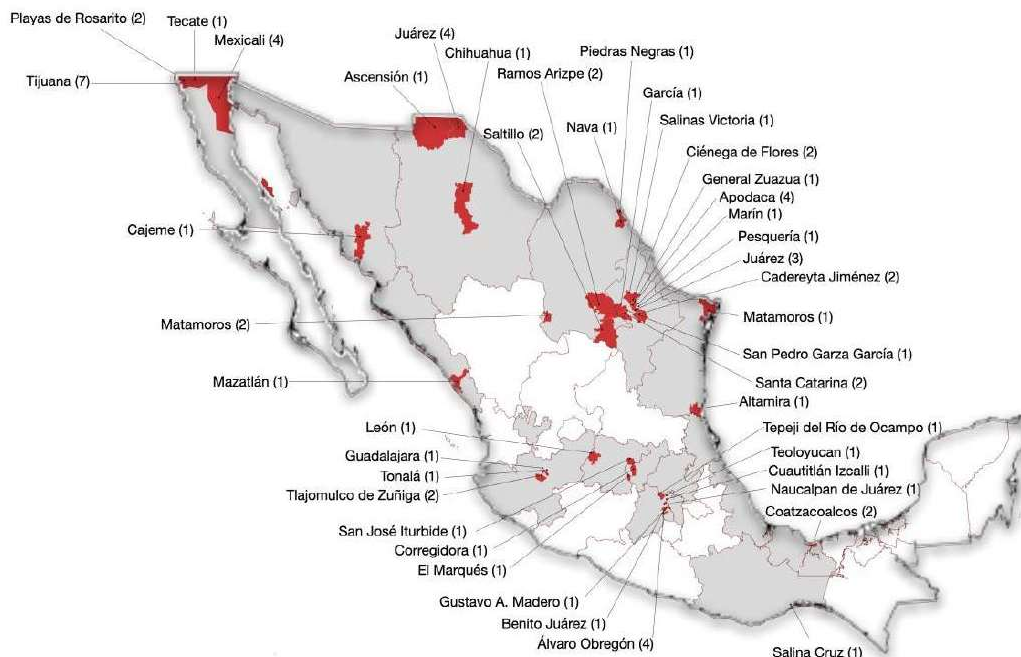


Figura 5.- Localización de nuevos parques industriales proyectados de 2024 a 2030 en México.

Sin embargo, a pesar de esta fortaleza industrial, el estado presenta rezagos en infraestructura digital crítica, como centros de datos de alta disponibilidad (Tier III o IV). Actualmente, no existen data centers operativos de clase mundial en Ciudad Juárez, aunque se han identificado proyectos potenciales en el corredor tecnológico S-Park, vinculado a las necesidades de digitalización y servicios para la industria EMS.

6.2 Comparativa nacional: principales centros industriales

Frente a otros estados clave de México, Chihuahua presenta ventajas competitivas importantes en manufactura avanzada, pero desafíos en integración digital. A continuación, se presenta un comparativo en la Tabla 12.

6.2.1 Comparativa internacional: centros globales de infraestructura

En el escenario global, Chihuahua compite indirectamente con centros de manufactura asiáticos y norteamericanos con infraestructura especializada y modelos híbridos que integran manufactura, servicios digitales y desarrollo tecnológico. La Tabla 13 resume los principales casos:

Tabla 12.- Comparativo de parques industriales, fortalezas, sectores atendidos y retos actuales.

Estado	Parques industriales (aprox.)	Centros de datos / infraestructura digital	Enfoque industrial predominante	Fortalezas clave	Retos actuales
Chihuahua	≈54 (~40 concentrados en Juárez y Chihuahua)	Sin hiperescaladores ni Tier III públicos; oferta local de colocation (p. ej., Nidix); el mercado DC nacional se concentra en Querétaro/NL/GDL	EMS/PCBA, Prueba, automotriz, médico	Proximidad fronteriza, base IMMEX líder (>395 mil empleos en 2025), logística cross-border madura	Baja densidad de data centers avanzados; avance en digitalización/automatización y salas limpias
Jalisco	≈25 (ZMG, El Salto)	Host Dime GDL (Tier III), KIO/Telmex-Triara; nuevos PoP de carriers (Arelion)	Diseño electrónico, software embebido, TIC	Talento digital y universidades (UdeG/ITESO); presencia DC Tier III; ecosistema de diseño y software	Costos crecientes; menor vocación en ATP que estados fronterizos
Nuevo León	≈80 (Area metropolitana de Monterrey)	Equinix MO1 (Apodaca), Oracle Cloud Region Monterrey; fuerte conectividad	Maquinaria y manufactura avanzada, electrónica/automotriz	Plataformas industriales robustas; ecosistema de TI y nube en expansión	Congestión urbana; estrés hídrico recurrente
Baja California	≈60 (Tijuana, Mexicali, Tecate)	Oferta de colocation/edge en Tijuana (p.ej., MTP Edge, SYPTEC); sin regiones de nube	Electrónica médica, moldeo plástico, exportación	Liderazgo nacional en dispositivos médicos; experiencia exportadora; cercanía a California	Menor densidad de DC vs. Querétaro/NL; automatización de pymes

Tabla 13.- Comparativo de centros de manufactura global para semiconductores.

Región / país	Infraestructura industrial	Rol en semiconductores	Centros de datos (nivel y escala)	Comentarios estratégicos
Arizona (EE. UU.)	Intel Ocotillo (Fab 52/62) en Chandler; TSMC Arizona (Phoenix)	Front-end (foundry) y back-end limitado; diseño	Región Azure West US 3 (Goodyear/El Mirage); Google Mesa (fase 1 ~2025); campus NTT PH1 (36 MW); Phoenix ~1,380 MW totales (mercado)	Modelo integrado I+D+manufactura+cloud; fuerte hub DC pero con tensiones hídricas; cronograma de TSMC ajustado a 2025 para 1ª planta
Texas (EE. UU.)	Samsung Taylor (en construcción); Samsung Austin; TI Sherman (4 fabs 300mm)	Front-end (lógica y analógico), diseño y ATP	Dallas >1,600 MW; Azure 'South Central US' (San Antonio) y múltiples hyperscalers; Equinix/Oracle presentes	Gran IED y energía competitiva; riesgos: congestión urbana y estrés hídrico; TI inicia producción 2025 en Sherman; Samsung apunta 2026 en Taylor
Malasia (Penang)	FTZ Bayan Lepas/Kulim; Intel AT/Advanced Packaging; ASE (5ª planta), Inari, Unisem	Back-end (OSAT, advanced packaging) y módulos; creciente I+D aplicada	Crecimiento regional (Johor y SG como hub cercano); Malasia ~507 MW operativos (2025) y trayectoria a ~1.96 GW	Cadena madura de ATP/OSAT y logística eficiente; fuerte apoyo público; costos competitivos; ascenso a empaques avanzados
Vietnam (Bac Ninh)	Parques Yen Phong; Amkor (US\$1.6B, 200k m ² cleanroom); Samsung Display/Electronics/SDI	Back-end (packaging/test) y ensamble electrónico; displays	Mercado DC en expansión (Tier III dominante; inversión en alza)	Costos bajos y fuerte IED; logística a EE. UU. menos directa vs. México; gobierno impulsa semiconductores y DC
Singapur	GlobalFoundries (300mm, expansión US\$4B); Micron (3D NAND + HBM packaging); Silicon Box (advanced packaging)	Front-end especializado (nodos maduros) y back-end avanzado (chipselets/HBM)	≈1 GW operativo (2025); moratoria levantada con cupos; plan para liberar +300 MW vía eficiencia	Modelo 'híbrido' integrado (manu + servicios digitales) con estrictos criterios de sostenibilidad y alta confiabilidad

6.2.1.1 Análisis estratégico y recomendaciones

Fortalezas de Chihuahua:

- Capacidad instalada industrial en sectores clave (automotriz, EMS, médico) con vocación en ATP.
- Ventaja logística única por su cercanía a EE. UU. y plataformas de exportación eficientes.
- Ecosistema manufacturero denso, adaptable a semiconductores si se complementa con infraestructura TIC.

Debilidades estructurales:

- Ausencia de data centers de nivel internacional en Ciudad Juárez o la capital.
- Número limitado de salas limpias industriales, líneas piloto o infraestructura habilitante para front-end o back-end electrónico.
- Baja integración entre parques industriales y capacidades académicas/digitales.

Comparación con estados competidores:

- Frente a Jalisco, Chihuahua tiene mayor fuerza en ATP y manufactura, pero menor desarrollo digital y conectividad TIC.
- Frente a Nuevo León, presenta menor saturación urbana y logística más directa con EE. UU., aunque menos centros de innovación digital.

Comparación global:

- Chihuahua no compite en front-end con centros como Arizona o Texas, pero puede consolidarse como una plataforma ATP nearshore (similar a Penang o Bac Ninh), si mejora su infraestructura digital, incorpora talento certificado en ATP y desarrolla capacidades de pruebas y encapsulado a través de entrenamiento o atracción de inversiones en estos procesos.

6.2.1.2 Recomendaciones estratégicas para fortalecer el ecosistema

- Desarrollar un centro de datos regional (Tier III) en Ciudad Juárez, como parte de una estrategia de “industrial cloud” con soporte al sector EMS y ATP.
- Establecer parques híbridos que integren espacios para manufactura, incubadoras tecnológicas, centros de pruebas y certificación electrónica.

- Fomentar la instalación de salas limpias, laboratorios de prueba climática y líneas piloto en centros de entrenamiento avanzado con certificaciones o nuevos parques industriales especializados.
- Aprovechar el T-MEC y nearshoring como ventaja competitiva frente a Asia para atraer IED hacia segmentos de back-end (assembly, test, packaging, PCBA).

6.3 Telecomunicaciones y Energía

La consolidación del ecosistema de semiconductores en Chihuahua también depende de la fortaleza en telecomunicaciones y energía. Estas capacidades tecnológicas complementan la infraestructura industrial, habilitando operaciones avanzadas, resiliencia energética y conectividad robusta que soporta la manufactura inteligente y la innovación tecnológica las Tablas 14 y 15 presentan los análisis FODA de la infraestructura en telecomunicaciones, IT y energía en el estado.

Tabla 14.- Análisis FODA de las capacidades de telecomunicaciones e IT.

Eje / Área	Fortalezas	Debilidades	Oportunidades	Observaciones
Infraestructura de fibra y conectividad nacional	• Nidix Networks opera fibra y enlaces DWDM entre Cd. Juárez, Chihuahua capital y El Paso • Conectividad empresarial segura y de alta velocidad • Colocation local en MDC Data Centers • Bajos tiempos de latencia transfronteriza y redundancia	• Integración digital transfronteriza aún en desarrollo (peering/IX local limitado) • Dependencia de pocos operadores/regionales para rutas clave • Escasa presencia de data centers Tier III/IV en el estado	• Crear corredor digital US-MX (rutas redundantes, acuerdos de peering) • Ampliar oferta de colocation/servicios gestionados para industria 4.0 • Atraer nodos de edge computing de nubes públicas para reducir latencia	• DWDM Juárez-Chihuahua-El Paso habilita enlaces de baja latencia para manufactura y laboratorios • MDC DCs ofrecen cercanía física para soluciones híbridas (on-prem + cloud)
Expansión de capacidad de hardware TIC	• Inventec inauguró planta en Cd. Juárez para servidores y equipos de telecom • Inversión ≈USD 200 M; >2,200 empleos directos • Responde a demanda de edge computing e IA; potencia encadenamientos locales	• Integración de cadena (componentes, pruebas especializadas) aún incipiente • Dependencia de insumos importados críticos (chips, memorias, fuentes)	• Desarrollar clúster de servidores/telecom (PCB/PCBA, metal-mecánica, plásticos, pruebas) • Programas de formación/certificación para técnicos TIC y pruebas • Vincular oferta con demanda regional de edge/IA en frontera y parques industriales	• Planta dirigida a servidores/telecom soporta verticalización regional • Ventana para proveedores locales de pruebas, racks, cableado, thermal management

Medios locales y cobertura telecom	• Cobertura fija: Telmex (Infinitum), Totalplay, Izzi, Megacable • Cobertura móvil: Telcel, AT&T, Movistar • Base comercial que facilita soporte a empresas y laboratorios	• SLAs empresariales y simetría pueden variar según polígono industrial • Heterogeneidad en redundancia/última milla y disponibilidad de IPv6/peering avanzado	• Upgrades a fibra dedicada/ondas DWDM para plantas críticas • 5G privado y modelo 'neutral host' en parques industriales • Contratos de nivel de servicio (SLA) específicos para manufactura 24/7	• La base comercial permite empaquetar soluciones de conectividad + soporte TI local • Posible convergencia fijo-móvil para continuidad operativa
Perspectiva estratégica digital	• Crecimiento nacional en data centers y cloud (Amazon, Microsoft) valida el mercado • Posición geográfica para integrarse a corredores digitales de Norteamérica	• Faltan hubs digitales regionales de mayor escala en el estado • Brecha entre infraestructura industrial y capacidades digitales especializadas (Tier III/IV, NOC/SOC)	• Fomentar hubs digitales regionales (colocation/edge, cloud-adjacent) • Integración a corredor digital US-MX directo para industrias intensivas en datos • Políticas de atracción de inversión digital vinculada a manufactura avanzada	• Nearshoring y crecimiento cloud abren espacio para campus de borde y caching regional • Ventanilla única estatal para permisos y servidumbres de paso aceleraría despliegues

Tabla 15.- Análisis FODA de la red eléctrica e infraestructura energética del estado.

Eje / Área	Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Observaciones
Red eléctrica y generación local	• Cobertura eléctrica urbana alta y servicio mayormente continuo • Generación hidroeléctrica local en La Boquilla (apoya estabilidad regional) • Interconexión con redes nacionales de CFE	• Reforzar subestaciones y líneas a parques industriales estratégicos • Programas de eficiencia energética y demanda controlable (DR) para industria 24/7 • Desarrollo de microredes industriales y respaldos críticos (UPS/BTM)	• Capacidad local de generación limitada para procesos muy intensivos • Cuellos de botella de interconexión y tiempos de trámite para nuevas cargas • Dependencia de suministro externo ante picos de demanda	• La Boquilla: 25 MW; ~164.6 GWh/año • En 2023, 90.9% de usuarios reportó suministro continuo en Chihuahua (ENCIG) • Cobertura eléctrica nacional ~98–99% (referencia comparativa)

Proyectos de energía renovable y sostenibilidad	• Rooftop solar industrial en crecimiento; casos como Safran (1,154 paneles) • Capacitación y normas de construcción eficiente (EDGE/IFC) en parques • Presencia de parques solares a escala utility en el estado	• Escalar PPAs corporativos y DG solar para naves nuevas/existentes • Incorporar almacenamiento (BESS) y recuperación térmica en procesos • Certificaciones (EDGE/LEED) como palanca de atracción de IED sostenible	• Baja penetración de almacenamiento a gran escala • Variabilidad solar sin respaldo suficiente en horas pico • Heterogeneidad de SLAs energéticos entre parques y polígonos	• Safran Chihuahua: ~500 tCO2/año evitadas con 1,154 paneles • Portafolio solar estatal incluye proyectos >100 MW (SPIC-Zuma) • Talleres EDGE en Complejo Industrial Chihuahua (2024)
Infraestructura de gas natural	• Sierra Madre Pipeline (48") proyectado para suministrar hasta 2.8 Bcf/d • Ruta transfronteriza que incrementa confiabilidad y competitividad energética • Potencial para cogeneración/CHP y respaldo híbrido en parques	• Desarrollar last-mile a parques industriales y nuevas naves • Implementar microturbinas/CHP y calderas de alta eficiencia • Habilitar esquemas de energía híbrida (gas + solar + BESS)	• Proyecto en ejecución: riesgo de cronograma y permisos • Dependencia de gas importado (exposición a mercado y tipo de cambio) • Cobertura de distribución local heterogénea	• Trayecto propuesto cruza 16 municipios (Chihuahua y Sonora) • Conexión prevista desde frontera (Guadalupe, Chih.) a Puerto Libertad (Son.)
Transición energética híbrida para manufactura	• Impulso estatal a modelos híbridos (solar + respaldo de gas) para evitar intermitencias • Programas estatales de planeación y prospectiva energética (2024)	• Pilotos de microredes con BESS, DR y PPAs para clusters EMS/ATP • Eficiencia en motores, compresores y HVAC industrial (ISO 50001) • Mecanismos de financiamiento verde (bonos, ESCO) para pymes	• Limitado despliegue de almacenamiento y medición avanzada (AMI) en parques • Coordinación regulatoria para PPAs/cogeneración aún compleja • Brecha de talento en O&M de soluciones híbridas y BESS	• Marco: notas de MBN sobre esquemas híbridos en Chihuahua • Oportunidad de coordinar con CFE/CRE para interconexión acelerada

6.3.1 Recomendaciones estratégicas

- Incentivar a proveedores de telecom y datacenters a instalar infraestructuras en parques industriales (colocation o PoP).
- Apoyar la expansión de Planta TIC local (como Inventec) hacia producción de equipos para edge y red industrial.

- Impulsar modelos de energía renovables e híbridos mediante certificaciones EDGE y subsidios a energía solar embebida en parques industriales.
- Continuar con el proyecto del gasoducto Sierra Madre para asegurar suministro estable a industrias tecnológicas.
- Diseñar zonas industriales con clúster eléctrico digital (energía limpia + fibra + resiliencia) para dar soporte a la industria de back-end de semiconductores.

6.4 Talento especializado: disponibilidad y brechas formativas

El talento humano es uno de los factores más determinantes para consolidar a Chihuahua como nodo estratégico en la industria de semiconductores. El estado cuenta con una base educativa sólida en áreas técnicas, pero enfrenta también importantes brechas de especialización que deben abordarse para escalar en complejidad tecnológica.

Oferta educativa regional especializada

Actualmente, se identifican al menos 7 instituciones de educación superior y tecnológica en el estado con programas alineados a la cadena de valor de semiconductores, destacando las siguientes:

- Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez (ITCJ): Ofrece programas como ingeniería electrónica, mecatrónica e industrial, y colabora con el CIITA en automatización, pruebas, diseño electrónico y manufactura inteligente.
- Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez (UTCJ): Enfocada en formación técnica especializada y carreras de técnico superior universitario en áreas como nanotecnología, electrónica y mantenimiento industrial.
- Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH): Cuenta con programas de ingeniería, posgrados en materiales y centros de investigación que pueden apoyar proyectos de encapsulado, materiales dieléctricos y diseño mecánico.
- Centro de Innovación e Integración de Tecnologías Avanzadas (CIITA – CONACYT): funciona como un hub de vinculación academia-industria, con capacidad para pruebas, validación funcional, desarrollo de prototipos electrónicos y formación continua.
- Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ): Tiene una de las matrículas más grandes del norte del país en áreas como ingeniería en sistemas digitales, ingeniería física, ingeniería de materiales, mecatrónica, industrial y sistemas computacionales. Su Instituto de Ingeniería y Tecnología (IIT) opera laboratorios especializados y participa en programas regionales de desarrollo industrial.

- Universidad La Salle Chihuahua y otros tecnológicos locales también ofrecen formación en automatización, logística industrial y diseño electrónico.

6.4.1 Brechas identificadas en la formación de talento

Pese al sólido ecosistema educativo, el diagnóstico revela varias áreas críticas que deben atenderse para aumentar el grado de sofisticación de la fuerza laboral local:

1. Baja disponibilidad de técnicos certificados en pruebas y ensamblaje funcional (IPC-A-610, J-STD-001, ISO 17025), lo que limita procesos ATP (Assembly, Test & Packaging) avanzados.
2. Escasez de perfiles especializados en diseño electrónico, validación de hardware, verificación de señales, sistemas embebidos y testeo automatizado.
3. Poca formación en temas emergentes como diseño de PCBs, confiabilidad térmica, simulación de circuitos, diseño 3D de empaques electrónicos y análisis de fallas.
4. Dificultad para insertar a egresados en empresas ancla, por falta de experiencia práctica en herramientas específicas (LabVIEW, Altium, Keysight, SolidWorks, etc.).
5. Poca cobertura de programas duales o residencias tecnológicas integradas formalmente con la industria maquiladora.

6.4.2 Oportunidades de mejora y colaboración

- Ampliar programas de formación dual y residencias técnicas en colaboración con empresas como Jabil, Foxconn, TME, SMT, Pegatron, Inventec, Wistron, entre otras.
- Vincular a instituciones de educación superior con equipo especializados como proveedores especializados en pruebas funcionales, moldeo y automatización para prácticas profesionales avanzadas.
- Desarrollar un Centro Regional de Certificación Técnica para la industria de semiconductores con acreditaciones IPC, ANSI, ISO y SEMI.
- Fomentar diplomados, posgrados y micro credenciales en temas de semiconductores, testeo, empaques avanzados, ciberseguridad industrial, entre otros.

7. Mapa dinámico del ecosistema de industrial de Chihuahua

Como resultado transversal del proyecto, se diseñó y estructuró un mapa dinámico e interactivo del ecosistema industrial del estado de Chihuahua, con especial énfasis en la región de Ciudad Juárez y Chihuahua capital. Esta herramienta georreferenciada permite visualizar en tiempo real la distribución territorial de capacidades industriales, educativas, tecnológicas y de infraestructura crítica, proporcionando un insumo estratégico para la toma de decisiones de política pública, atracción de inversión, encadenamiento productivo y planificación territorial.

7.1 Plataforma georreferenciada interactiva

La plataforma digital fue desarrollada con tecnologías web y sistemas de información geográfica (SIG), bajo estándares abiertos (OpenStreetMap, Leaflet, QGIS, PostgreSQL/PostGIS), y está alojada en un sitio web escalable de acceso controlado. Su diseño modular permite:

- Navegación multiescala
- Mapas georreferenciados por tipo de actor (empresa, universidad, centro de I+D, proveedor)
- Capas temáticas (infraestructura, conectividad, parques industriales, servicios)
- Actualización semiautomatizada mediante formularios de carga validados
- Interacción con mapas satelitales y callejeros.

El prototipo se encuentra accesible desde un panel web institucional accesible a través de la liga www.chihuahuasemiconductors.com y está previsto que pueda integrarse con otras plataformas institucionales para brindar información en tiempo real sobre las capacidades del ecosistema industrial del estado de Chihuahua.



Figura 6.- Caratula del sitio www.chihuahuasemiconductors.com

7.2 Visualización de capacidades, vínculos e infraestructura

El mapa interactivo permite identificar y analizar de forma visual e integrada los siguientes elementos clave del ecosistema:

7.2.1 empresas manufactureras y proveedoras

Se georreferenciaron las empresas con capacidades activas o potenciales en semiconductores clasificadas sector como proveeduría NVIDIA, electrónico, plástico, aeroespacial, automotriz, entre otros.

7.2.2 centros de I+D y universidades

Se muestran instituciones con programas técnicos o científicos relevantes para semiconductores, incluyendo ITCJ, UACJ, UTCJ, CIMAV, UTPN, UACH, entre otras. Se encuestaron a las principales instituciones en Cd. Juárez y Chihuahua para determinar sus grados de madurez tecnológica y potencial de aportación, lo cual se discute en la sección correspondiente.

Las Figuras 7 a la 15 muestran imágenes de los diversos mapas georreferenciados por sector y por localización geográfica, la identificación se realizó a través de bases de datos, directorios industriales y visitas a parques industriales para verificar la correspondencia de la información.

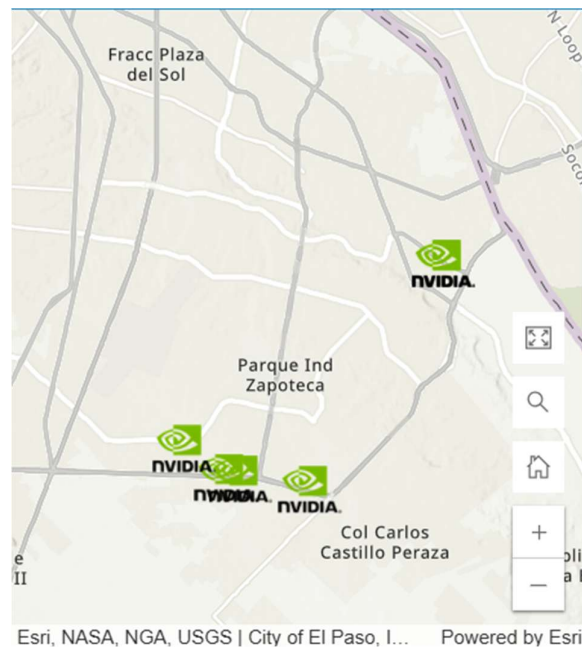


Figura 7.- Ecosistema NVIDIA en Cd. Juárez.

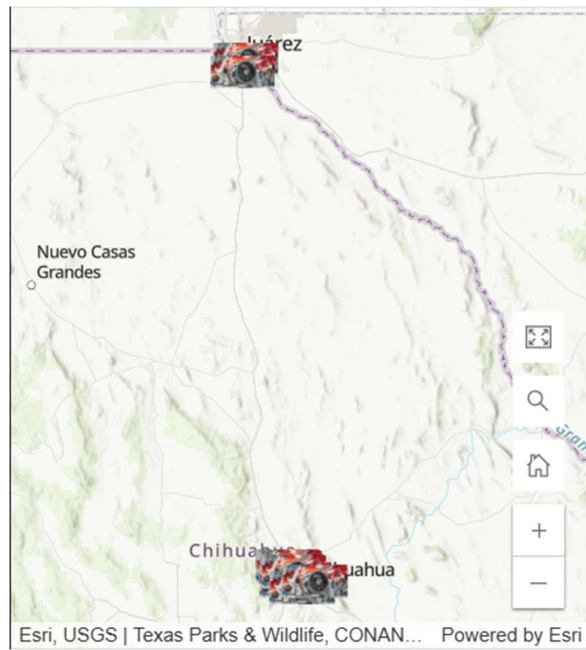


Figura 8- Ecosistema de manufactura aeroespacial.

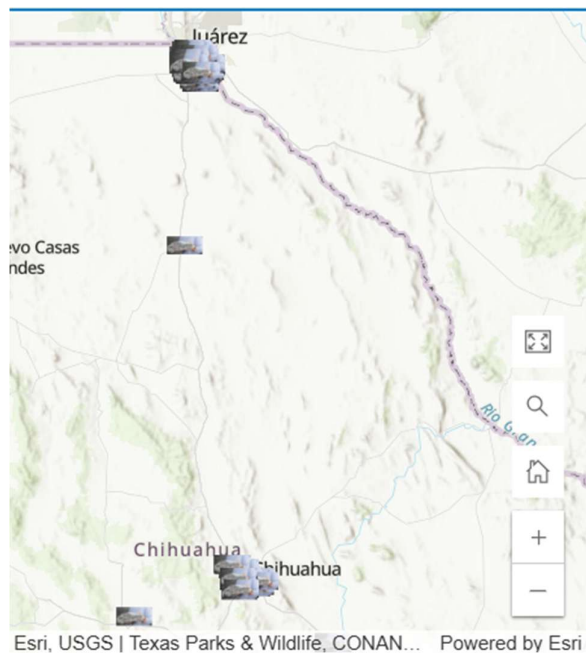


Figura 9.- Ecosistema de manufactura de componentes automotrices.

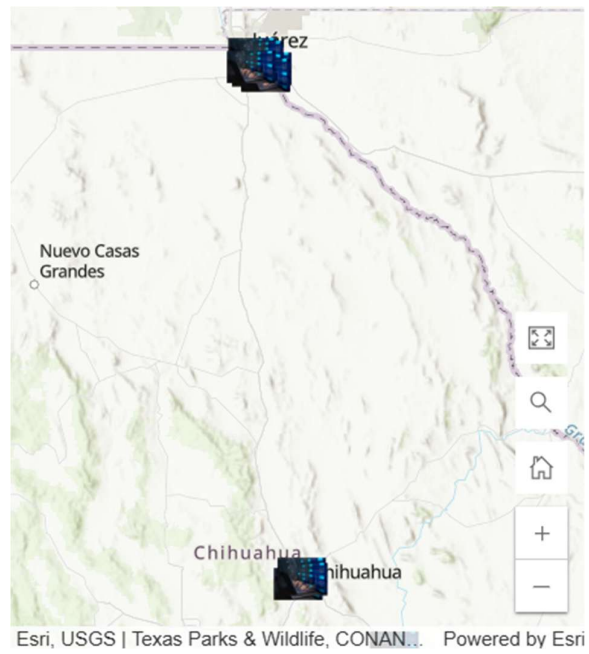


Figura 10.- Ecosistema de manufactura electrónica.

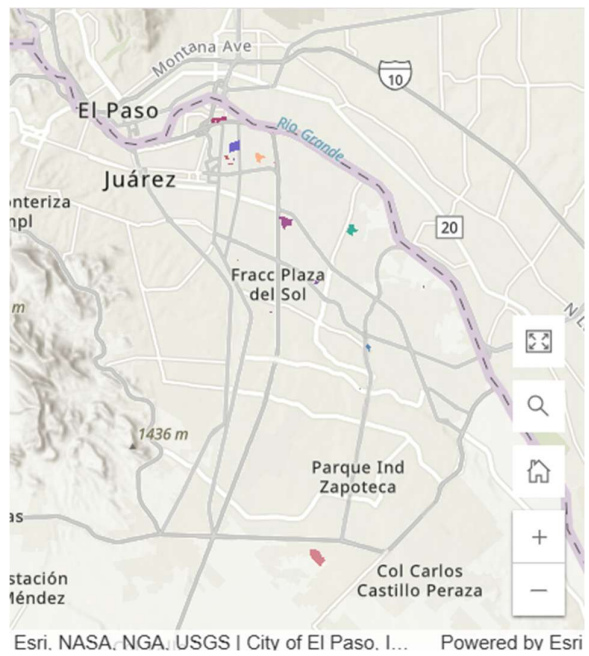


Figura 11.- Ecosistema educativo superior y técnico en Cd. Juárez.

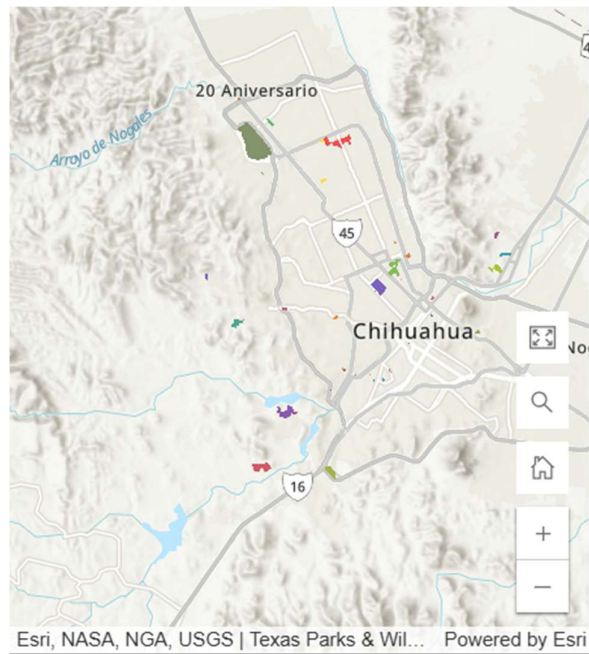


Figura 12.- Ecosistema educativo superior y técnico en Chihuahua.

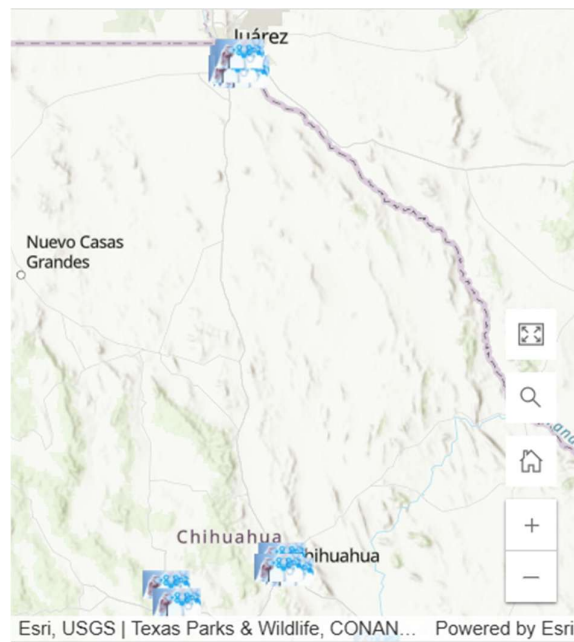


Figura 13.- Ecosistema de manufactura médica en el estado.

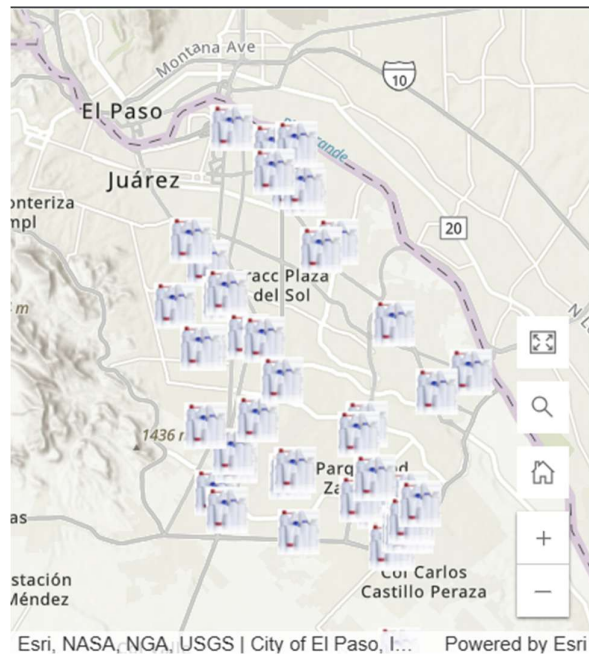


Figura 14.- Ecosistema de manufactura de plásticos en Cd. Juárez.

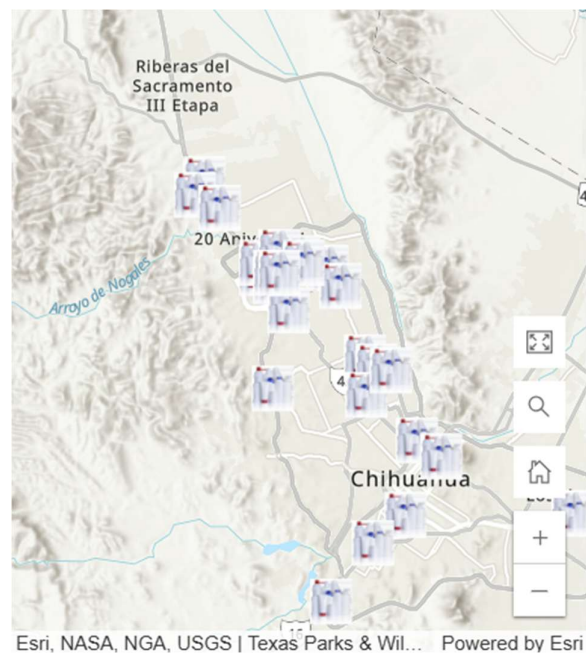


Figura 15.- Ecosistema de manufactura de plásticos en Chihuahua.

7.2.3 Infraestructura crítica

Chihuahua opera como parte de la Gerencia de Control Regional Norte (GCR Norte), con una matriz dominada por ciclos combinados (CC), apoyo de turbogás y vapor, y una red de transmisión que articula los corredores Juárez–Moctezuma–Chihuahua y enlaces con Nacozari, Río Escondido y La Laguna. Esta configuración ha permitido acompañar un crecimiento sostenido de consumo y demanda: las proyecciones regionales indican un alza del consumo bruto de ~29,409 GWh (2020) a ~39,607 GWh (2030) y de la demanda máxima integrada de ~5,031 MW a ~6,794 MW, lo que presiona la transformación y transmisión si no se ejecutan refuerzos a tiempo.

La planificación reciente incorpora centrales fotovoltaicas y eólicas con MIA ($\approx 3,786$ MW identificados) y proyectos que cumplen criterios de firmeza, además del bloque CC Norte III (~ 907 MW), que reducirá flujos críticos en verano/invierno. En paralelo, el PAMRNT/PRODESEN instruye refuerzos de transformación en puntos sensibles: Terranova B2 (Juárez), Chihuahua Norte B5, Nuevo Casas Grandes B3 y Francisco Villa B3. Todo ello es clave para reducir energía no suministrada ($\approx 1,011$ MWh registrada en eventos de 2018 por control de flujos) y para mejorar el perfil de tensión, particularmente en barras de 230 kV que han operado degradadas por debajo de nominal en Juárez.

Operativamente, la región enfrenta saturaciones estacionales: en verano se tensionan los enlaces Nacozari–Nuevo Casas Grandes y Río Escondido–Chihuahua; en invierno, con menor demanda y mayor aporte FV vespertino, cambian los sentidos de flujo Norte–Sur y se requieren servicios de compensación reactiva y flexibilidad para administrar rampas. El cumplimiento estricto del Código de Red ($FP \geq 0.95$) por centros de carga y distribución, junto con almacenamiento de energía (SAE) para picos y rampas, emerge como palanca inmediata de confiabilidad y costos.

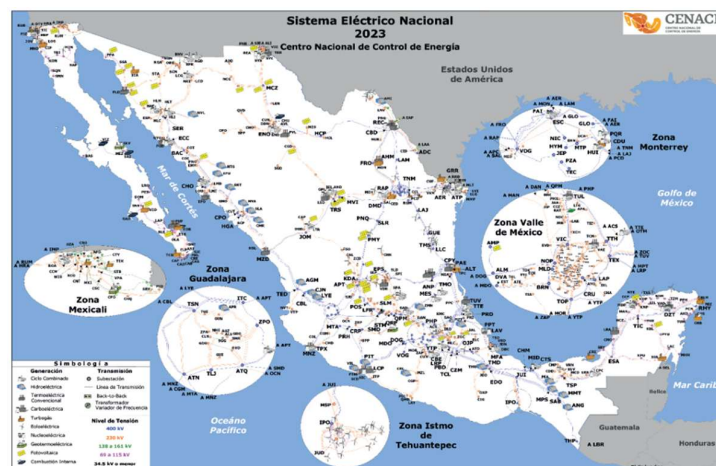


Figura 16.- Sistema eléctrico nacional al 2023.

8.- Cadena de valor de componentes utilizados en la manufactura de servidores en el estado de Chihuahua

A lo largo de la frontera norte, el estado de Chihuahua —con Ciudad Juárez como nodo principal— integra una cadena de valor de componentes para manufactura de servidores orientada al back-end electrónico: ensamble de tarjetas (PCBA), integración de subsistemas, validación funcional y logística. En este entramado, los semiconductores y sus módulos derivados (CPU, GPU/accelerators, memorias y controladores) son el corazón técnico del producto y determinan tanto el diseño eléctrico como térmico de cada plataforma.

La presente sección se centra en una muestra representativa de componentes comunes en servidores fabricados en Ciudad Juárez y su relación con la cadena de suministro local. En la cúspide están los chips de alto desempeño (CPU x86/ARM y aceleradores como H100/H200), usualmente integrados en módulos con HBM/DDR5, VRM de alta densidad y BMC para gestión. A nivel de placa, sobresalen tarjetas madre (motherboards) y mezzanines con conectividad PCIe/CCIX, NICs de 100–800 GbE o InfiniBand, NVMe SSD, y subsistemas de potencia de alta eficiencia (PSU redundantes, filtros, inductores y MOSFET's). En la envoltura, la cadena incluye disipadores, heatpipes, materiales de interfaz térmica (TIM), placas frías (cold plates), ventiladores, chasis y racks; además de arneses, conectores y empaques ESD.

Desde la perspectiva regional, Chihuahua concentra fortalezas en PCBA, pruebas ICT/ATE, trazabilidad y automatización, así como en plásticos técnicos y herramientas para gabinetes y piezas de soporte. Estas capacidades permiten integrar módulos semiconductores encapsulados y escalar hacia validaciones de confiabilidad, firmware y ajustes del comportamiento térmico, respetando estándares IPC/JEDEC/ISO.

Un estudio comparativo identifica que los servidores H100 y H200 comparten la mayor similitud de arquitectura y el listado de materiales (bill of materials) con los GB200 proyectados para producción en Ciudad Juárez. Esta convergencia técnica facilita la planificación de herramientas, perfiles de potencia, requerimientos de flujo de aire/líquido y abastecimiento de memorias y módulos de regulación de voltaje (VRM), reduciendo el tiempo de inicio de producción y ajustes para nuevos modelos.

Metodológicamente, el análisis prioriza fuentes públicas y datos transparentes proporcionados por las empresas; se evita difundir información confidencial o propietaria. La investigación documenta empresas participantes, capacidades, familias de servidores y configuraciones sin comprometer secretos industriales.

Contar con este mapa de componentes y procesos trasciende lo técnico: habilita la toma de decisiones y políticas de desarrollo de proveedores (Tier 2/Tier 3), programas de certificación IPC/JEDEC, y estrategias para cerrar brechas críticas (p. ej., proveeduría de herramientas locales, pruebas ambientales, cadena de suministro de componentes de

disipación térmica avanzada). En conjunto, estas acciones fortalecen la cadena de suministro de semiconductores, impulsan innovación, atraen inversión y promueven empleo calificado, consolidando a Chihuahua como un hub competitivo para la manufactura de servidores de última generación.

8.1 Servidores Oracle

Los servidores Oracle representan una de las soluciones más sólidas en el ámbito de la gestión de datos y aplicaciones empresariales. Estos equipos destacan por su capacidad de procesamiento, alta disponibilidad y escalabilidad, características que permiten a organizaciones de todos los tamaños manejar de manera segura y eficiente grandes volúmenes de información crítica para la operación diaria. La confiabilidad de los servidores Oracle se ha convertido en un factor clave para industrias que requieren continuidad y seguridad en sus operaciones.

En este contexto, el ensamble de servidores en Ciudad Juárez cobra una relevancia estratégica. La ciudad se ha consolidado como un polo industrial y tecnológico donde confluyen experiencia, talento especializado y cadenas de suministro robustas. El ensamblaje local no solo impulsa la competitividad de Oracle a nivel global, sino que también fortalece la economía regional al generar empleos de alta especialización y posicionar a Juárez como un centro neurálgico en la manufactura tecnológica avanzada.

Un elemento crucial de esta fortaleza es el uso de materiales semiconductores en la región. Ciudad Juárez cuenta con un ecosistema industrial capaz de abastecer y trabajar con componentes de última generación, esenciales para la fabricación de servidores de alto rendimiento. La integración de estos materiales, junto con procesos de calidad de clase mundial, asegura que los equipos ensamblados en la ciudad cumplan con los estándares más exigentes del mercado global.

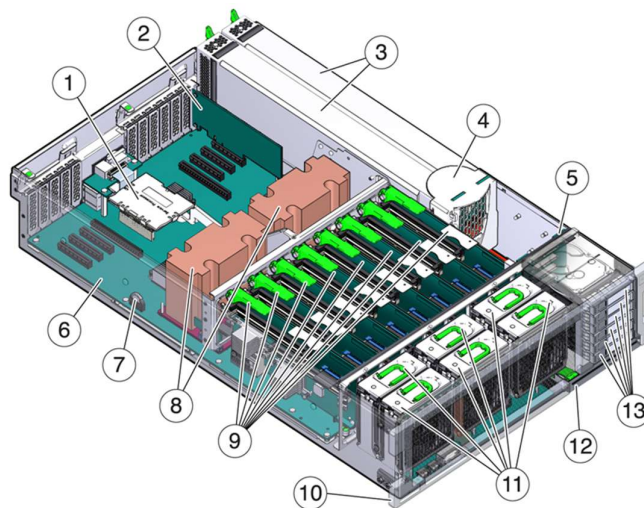


Figura 17.- Ubicación de los componentes reemplazables con la cubierta superior retirada.

Tabla 16.- Lista de componentes utilizados en servidores Oracle ensamblados en la localidad.

No.	Componente	Destino de Oracle ILOM	Enlaces
1	SP	/SYS/MB/SP	SP
2	Tarjeta PCIe (en la ranura 1)	/SYS/MB/PCIE1	tarjetas PCIe
3	Fuentes de alimentación	/SYS/PS0 (externo) /SYS/PS1 (interno)	fuentes de alimentación
4	Placa posterior y cubierta de PS	/SYS/PDB	Placa posterior de PS
5	Placa posterior de la unidad	/SYS/SASBP	Placa posterior de la unidad
6	Placa base	/SYS/MB	Placa base
7	Batería	/SYS/MB/BAT	Batería
8	Los módulos de procesador y los disipadores de calor	/SYS/MB/CM0 /SYS/MB/CM1*	Placa base
9	Elevadores de memoria	/SYS/MB/CM0/CMP/MR0	Elevadores de memoria y DIMM
10	Tablero de ventilador	/SYS/FANBD	Placa de ventilación
11	Módulos de ventilador	Visto desde el frente del servidor: /SYS/FANBD/F	Módulos de ventiladores
12	Unidad de DVD	/SYS/SASBP/DVD	Unidad de DVD
13	Unidades	/SYS/SASBP/HDD0 (abajo) /SYS/SASBP/H	Unidades

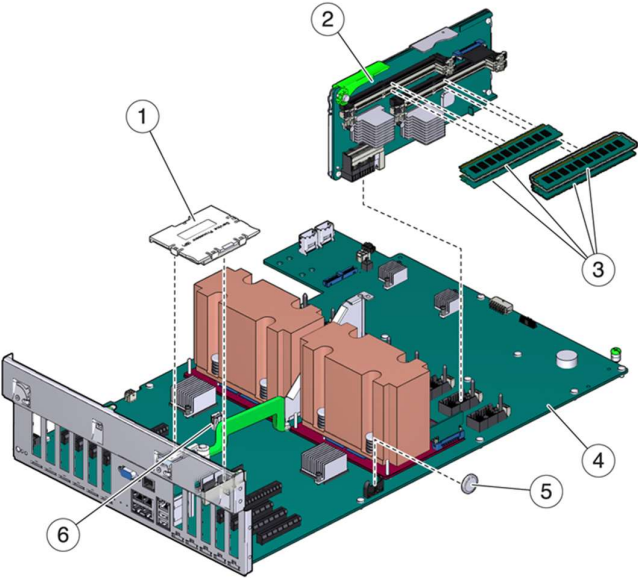


Figura 18.- Ubicación de componentes en placa base de servidor Oracle ensamblado en Cd. Juárez.

Tabla 17.- Lista de componentes ensamblados en placa base de servidor Oracle.

No.	Componente	Destino de Oracle ILOM	Enlaces
1	SP	/SYS/MB/SP	SP
2	Elevador de memoria	/SYS/MB/CMn/CMP/MRn	elevadores de memoria y DIMM
3	Módulos DIMM	/SYS/MB/CMn/CMP/MRn/B	Elevadores de memoria y DIMM
4	Placa base	/SYS/MB	Placa base
5	Batería	/SYS/MB/BAT	Batería

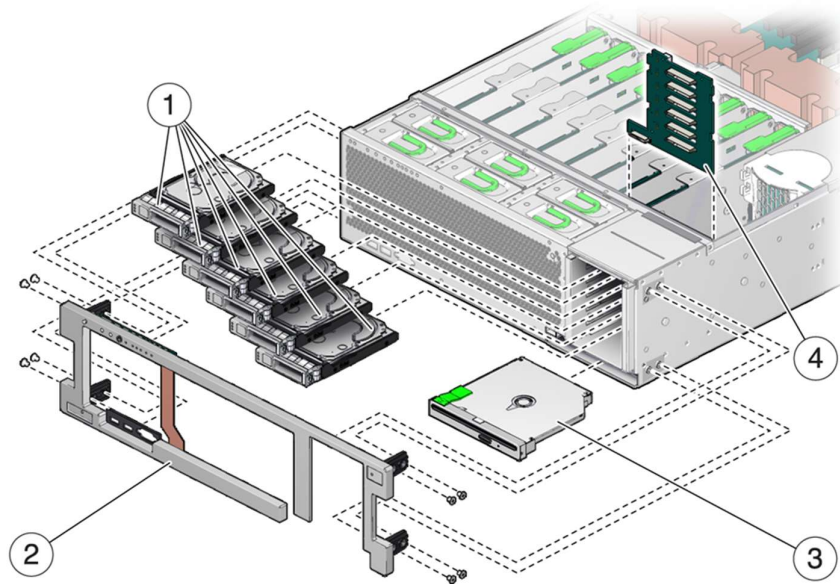


Figura 19.- Ubicación de componentes E/S en servidores Oracle.

Tabla 18.- Lista de componentes E/S utilizados en servidores Oracle.

No.	Componente	Destino de Oracle ILOM	Enlaces
1	Unidades de almacenamiento físico (HDD-SSD)	/SYS/SASBP/HDD0 (abajo)	Unidades de mantenimiento
2	Conjunto de tubo de luz del panel de control frontal	N/A	Placa posterior de la unidad
3	Unidad de DVD	/SYS/SASBP/DVD	Unidad de DVD
4	Placa posterior de la unidad	/SYS/SASBP	Placa posterior de la unidad

El diagrama esquemático presentado en la Figura 20 muestra las conexiones entre componentes y ranuras de dispositivos en el servidor de 2 procesadores.

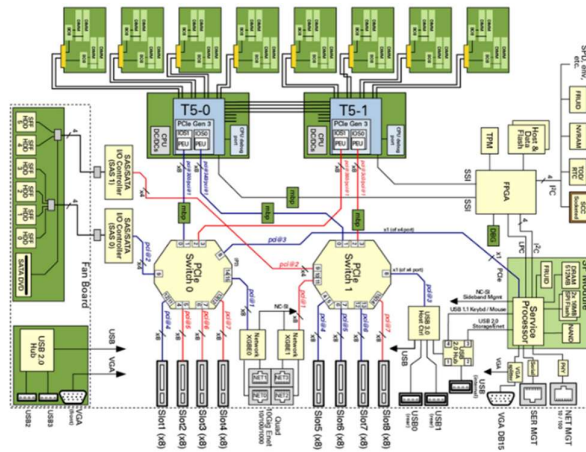


Figura 20.- Diagrama de conexiones entre componentes y ranuras para servidores Oracle.

Los servidores de bases de datos X8M de Recovery Appliance incluyen los siguientes componentes:

- 2 procesadores Intel Xeon Platinum 8260 de 24 núcleos (2,4 GHz)
- 384 GB de RAM (12 módulos DIMM de 32 GB), ampliable a 1,5 TB (24 módulos DIMM de 64 GB) con kit de expansión de memoria
- 4 unidades de arranque/discos duros de 1,2 TB, intercambiables en caliente, ampliables a 8 unidades
- Controlador de disco HBA con 2 GB de caché (sin baterías)
- Estructura de red RDMA: 1 x QSFP28 de doble puerto Tarjeta PCIe 3.0 RDMA Network Fabric de 100 Gb/s: ambas Puertos activos
- Red de cliente: 2 puertos SFP+/SFP28 (10/25 GbE) o 2 puertos 10GBASE-T (10 GbE)
- Redes de copia de seguridad/opcionales: 2 puertos SFP+/SFP28 (10/25 GbE) o 4 puertos Puertos 10GBASE-T (10 GbE)
- Red de administración: 1 puerto Ethernet Base-T de 1 GbE

En la Figura 21 y 22 se muestra la vista frontal y trasera de los servidores de base de datos Oracle Server X8 y X8M.



Figura 21.- Vista frontal de los servidores de base de datos Oracle Server X8 y X8M



Figura 22.- Vista trasera de los servidores de bases de datos Oracle Server X8 y X8M.

En la Tabla 19 se enumeran las piezas reemplazables para los servidores de base de datos Oracle Server X8 y X8M.

Tabla 19.- Componentes reemplazables para los servidores de base de datos Oracle Server X8 y X8M.

Número de pieza	Descripción	Categoría
370-5621-01	Batería de litio de 3 voltios Grover	DBO
7363537	CONJUNTO DRV 1.2TB 10KRPM SAS3 512N SFF MARLIN	DBO
7322171	ASM LFIM	DBO
7339763	ADAPTADOR BD LP DUAL SFP28 WHITNEY+ PCIe3.0x8	DBO
8200663	ALTURA DE LA CPU DEL DISIPADOR:23,5 MM	DBO
7343599	Montaje, elevador, 1 ranura, 1U	DBO
7330698	DIMM, 32 GB, RDIMM, DDR4, 2666 2Rx4 1.2V	DBO
8200116	Fuente de alimentación, CA, A266, F, 12V, 1200W	HS
7332895	HBA, RAID SAS PCIe de 16 puertos de 12 Gb interno con módulo flash	DBO
7086345	Montaje, super tapa, 13,5 voltios, 6,4 F, HBA SAS3	DBO
7340897	Cable, SAS3 a HBA	DBO
7331123	Montaje, módulo de ventilador	HS
8200428	CPU INTEL CLX P8260 (B1) 2.4 GHz 165W 24c 8S 1TB (S-RF9H)	DBO
7104073	Ensamblaje, módulo adaptador de canal de host de estructura RDMA QDR doble de 40 Gb/s (4x) M3	DBO
7046442 (X8)	Ensamblaje, Doble puerto, QDR CX3, HCA	DBO
7119792 (X8M)	Adaptador CX5 100GbE de doble puerto QSFP28	DBO
7360829	Montaje, placa base, 1U	DBO
7331100	Montaje, elevador, 2 ranuras, 1U	DBO
7331142	Montaje, módulo indicador LED frontal	DBO

En las Figuras 23 y 24 se muestra la vista frontal de los servidores de alta capacidad y XT de Oracle Exadata Storage Server X9M, X8M y X8.



Figura 23.- Vista frontal de los servidores de alta capacidad y XT de Oracle Exadata Storage Server X9M, X8M y X8.

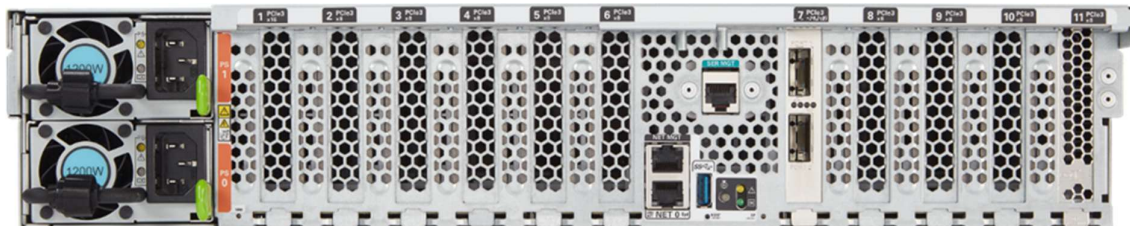


Figura 24.-Vista trasera de los servidores Oracle Exadata Storage Server X8M y X8 High Capacity y XT.

En la Tabla 20 se enumeran las piezas reemplazables para los servidores Oracle Exadata Storage Server X9M, X8M y X8 High Capacity y XT.

Tabla 20.- Piezas de repuesto para servidores de alta capacidad y XT de Oracle Exadata Storage Server X8M y X8.

Número de pieza	Descripción	Categoría
370-5621-01	Batería de litio de 3 voltios Grover	EBO
7322171	Montaje, módulo indicador LED frontal (LFIM)	EBO
7341141	Ensamblaje, placa posterior de disco de 12 ranuras	EBO
8200116	Fuente de alimentación, A266 F, 1200W, entrada de CA	HS
7322166	Conjunto de ventilador, 2U	HS
7046442 (X8)	Ensamblaje, puerto doble, QDR CX3, adaptador de canal de host	EBO
7119792 (X8M-8)	Adaptador CX5 100GbE de doble puerto QSFP28	DBO
7322160	Disipador de calor, CPU	EBO
7357761	Montaje, Unidad, 14TB 3.5" SAS3/7200 rpm Coral con encriptación	HS
7353916	RDIMM 16GB, DDR4 2666, 1Rx4 1.2V	EBO
7332895	HBA, RAID interno SAS PCIe de 16 puertos de 12 Gbps con módulo flash	EBO
7086345	Ensamblaje, supertapa, 13,5 V, 6,4 F, HBA SAS3	EBO
7315464	Conjunto de cable de datos SAS-3	EBO
7361253	M.2, 240GB, SATA, 22x80mm, SSD, INTEL, DC S4510	EBO
7335943	FLASH DE 6,4 TB F640 NVMe AIC AURA 7	EBO
7361454	FLASH DE 6,4 TB F640 V2 NVMe AIC AURA 8	EBO
8200426	CPU INTEL CLX G5218 (B1) 2.3 GHz 125W 16c 4S 1TB (S-RF8T)	EBO
7360978	Montaje, Placa base	EBO
7341466	Ensamblaje, elevador de factor de forma M.2	EBO

8.2 Administrador de puestos RAID 5 CISCO

El administrador de puertos Cisco con RAID 5 es un componente clave en la gestión de redes y almacenamiento de datos empresariales. RAID 5 combina tolerancia a fallos con un uso eficiente del espacio, distribuyendo la información y la paridad en múltiples discos. Esto permite mantener la integridad de los datos incluso ante la falla de un disco, garantizando continuidad operativa en entornos de misión crítica como los que Cisco atiende a nivel global.

La importancia del ensamblaje en Ciudad Juárez radica en su papel estratégico dentro de la cadena de suministro tecnológica. Esta ciudad se ha consolidado como un polo industrial de manufactura avanzada, en donde la integración de equipos Cisco fortalece no solo el ecosistema de la empresa, sino también el posicionamiento de México como centro de innovación y producción en la región de Norteamérica. La capacidad de ensamblar soluciones complejas, como los sistemas RAID, impulsa la competitividad y asegura tiempos de entrega óptimos hacia el mercado internacional.

Además, el uso de diversos materiales semiconductores en Ciudad Juárez es un factor decisivo en esta fortaleza. La región se beneficia de una infraestructura consolidada en electrónica, con acceso a componentes especializados que permiten el desarrollo de productos de alta confiabilidad. Estos materiales son esenciales en tarjetas controladoras, procesadores y módulos de memoria que hacen posible el rendimiento de los sistemas Cisco.

En conjunto, la conjunción del administrador Cisco RAID 5, el ecosistema industrial de Ciudad Juárez y la disponibilidad de semiconductores consolida a la ciudad como un nodo estratégico del ecosistema Cisco, aportando valor no solo en manufactura, sino también en resiliencia tecnológica y competitividad global.

Tabla 21.-Lista de componentes para servidores RAID.

Número de pieza	Descripción	Cantidad
UCSC-C240-M5SX	UCS C240 M5 24 SFF + 2 unidades traseras sin CPU, memoria, disco duro, PCIe ni fuente de alimentación	1
CON-SNT-C240M5SX	SNTC 8X5XNBD UCS C240 M5 24 SFF + 2 unidades traseras sin CPU ni memoria	1
UCS-MR-X16G1RT-H	Memoria RAM DDR4 de 16 GB a 2933 MHz, 1Rx4, 1,2 V	4
Tarjeta UCSC-PCI-1-C240M5	Riser 1 incluye 3 ranuras PCIe (x8, x16, x8); ranura 3 requiere CPU2	1
UCSC-PCIE-C25Q-04	Cisco UCS VIC 1455 - Puerto cuádruple, 10/25 G, SFP28, CNA, PCIE	1
UCS-SD-32G-S	Tarjeta SD de 32 GB para servidores UCS	2
Fuente de alimentación UCSC-PSU1-1050W	Fuente de alimentación de CA Cisco UCS de 1050 W para servidores en rack	2
CAB-9K12A-NA	Cable de alimentación, 125 V CA, 13 A, enchufe NEMA 5-15, América del Norte	2
UCSC-RAILB-M4	Kit de rieles con cojinetes de bolas para servidores en rack C220 y C240 M4 y M5	1
ÚLTIMAS NOTICIAS DE CIMC	Última versión de IMC SW (recomendado) para servidores de la serie C	1
UCS-SID-INFR-UNK	Desconocido	1
UCS-SID-WKL-UNK	Desconocido	1
UCS-MSTOR-SD	Miniportatarjetas de almacenamiento para SD (capacidad para hasta 2)	1
Certificado UCSC-HS-C240M5	Disipador de calor para servidores en rack UCS C240 M5 con CPU de 150 W y menores	2
CBL-SC-MR12GM5P	Cable Super Cap para UCSC-RAID-M5HD	1
UCSC-PCIF-240M5	Panel de obturación del elevador PCIe C240 M5	1
UCSC-BBLKD-S2	Panel de obturación de unidad SFF M5 de la serie C de UCS	18
UCSC-SCAP-M5	Supercondensador para UCSC-RAID-M5, UCSC-MRAID1GB-KIT	1
CPU UCS-I6244	Intel 6244 3,6 GHz/150 W 8 núcleos/24,75 MB DCP DDR4 2933 MHz	2
UCSC-RAID-M5HD	Controlador RAID modular Cisco 12G con caché de 4 GB	1
R2XX-RAID10	Habilitar configuración RAID 10	1
UCS-SD400G123X-EP	SSD SAS de 12 G y rendimiento empresarial de 2,5 pulgadas y 400 GB (resistencia 3 veces superior)	8

9.3 Servidores NVIDIA H100/H200

Los servidores NVIDIA H100 y H200 representan la cúspide de la computación de alto rendimiento y la aceleración de inteligencia artificial. El H100, con su arquitectura Hopper, ha marcado un parteaguas en la capacidad de procesar modelos de gran escala, mientras que el H200 amplía estas prestaciones al incorporar memorias de mayor ancho de banda que permiten una eficiencia superior en aplicaciones de entrenamiento y despliegue de IA generativa, simulaciones científicas y análisis de datos masivos.

La decisión estratégica de realizar su ensamblaje en Ciudad Juárez no es menor. Esta actividad coloca a la región como un punto neurálgico en la cadena global de valor de semiconductores, donde la confiabilidad y la proximidad con el mercado estadounidense resultan factores determinantes. El establecimiento de procesos de integración en Juárez no solo implica transferencia tecnológica, sino también la consolidación de un ecosistema que refuerza las competencias locales en manufactura avanzada.

En este contexto, Chihuahua se perfila como un hub emergente dentro de la industria de semiconductores y con las decisiones estratégicas adecuadas y desarrollo de talento e integración de capacidades en un futuro cercano en un hub de procesos OSAT (Outsourced Semiconductor Assembly and Test).

Este posicionamiento no solo atrae inversión extranjera directa y genera empleos de alta especialización, sino que también contribuye a la resiliencia de la cadena de suministro norteamericana. Así, el ensamblaje de los servidores H100 y H200 en Juárez se convierte en una palanca estratégica que impulsa a Chihuahua hacia un futuro donde su nombre esté asociado con innovación, semiconductores y liderazgo tecnológico.

Los sistemas NVIDIA DGX H100 (640 GB)/H200 (1,128 GB) incluyen los siguientes componentes:

Tabla 22.- Lista de componentes para servidores NVIDIA H100 y H200.

Componente	Descripción
GPU	Para H100: 8 GPU NVIDIA H100 que proporcionan 640 GB de memoria GPU total Para H200: 8 GPU NVIDIA H200 que proporcionan 1.128 GB de memoria GPU total
CPU	2 x CPU Intel Xeon 8480C PCIe Gen5 con 56 núcleos cada uno a 2.0/2.9/3.8 GHz (base/todos los núcleos turbo/Max turbo)
NVSwitch	4 NVLinks de 4.ª generación que proporcionan un ancho de banda de GPU a GPU de 900 GB/s
Almacenamiento (SO)	2 SSD NVMe M.2 de 1,92 TB (ea) en matriz RAID 1
Almacenamiento (caché de datos)	8 x 3,84 TB NVMe U.2 SED (ea) en matriz RAID 0
Tarjeta de red (clúster)	4 puertos OSFP para 8 tarjetas InfiniBand de un solo puerto NVIDIA ConnectX-7 Cada tarjeta proporciona las siguientes velocidades: InfiniBand (predeterminado): hasta 400 Gbps

	Ethernet: 400 GbE, 200 GbE, 100 GbE, 50 GbE, 40 GbE, 25 GbE y 10 GbE
Tarjeta de red (almacenamiento y gestión en banda)	2 tarjetas Ethernet NVIDIA ConnectX-7 de doble puerto Cada tarjeta proporciona las siguientes velocidades: Ethernet (predeterminado): 400 GbE, 200 GbE, 100 GbE, 50 GbE, 40 GbE, 25 GbE y 10 GbE InfiniBand: hasta 400 Gbps
Memoria del sistema (DIMM)	2 TB con 32 módulos DIMM
BMC (gestión de sistemas fuera de banda)	Interfaz RJ45 de 1 GbE Compatible con Redfish, IPMI, SNMP, KVM e interfaz de usuario web
Interfaces de administración del sistema	Doble puerto de 100 GbE en la ranura 3 e interfaz RJ45 de 10 GbE
Fuente de alimentación	6 x 3,3 kW

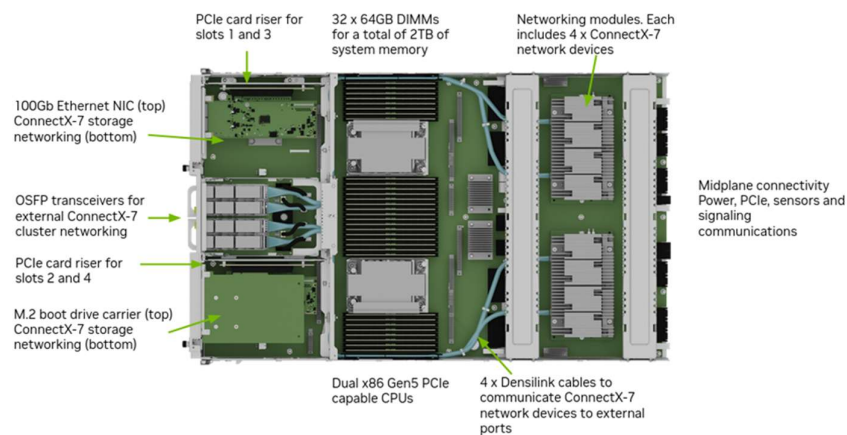


Tabla 23.- Componentes de la bandeja de la placa base en un sistema DGX H100 / H200.

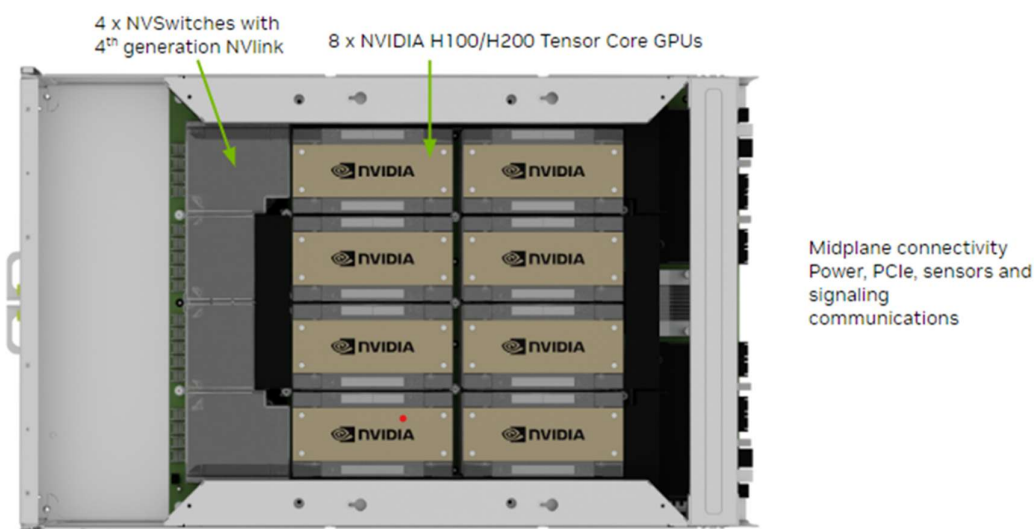


Tabla 24.- Componentes de la bandeja de la GPU en un sistema DGX H100/H200.

Los módulos de red consolidan cuatro tarjetas de red ConnectX-7 en un solo dispositivo, optimizando el espacio y la eficiencia del sistema. En la placa de interposición se instalan dos de estos módulos, lo que permite integrar de manera ordenada la conexión entre componentes. Dicha placa actúa como un puente: en un extremo se conecta directamente a las CPU y en el otro a la bandeja de la GPU, asegurando un flujo de datos de alta velocidad y baja latencia. Para completar esta arquitectura, se emplean cables DensiLink, que enlazan de forma directa las tarjetas ConnectX-7 con los conectores OSFP ubicados en la parte posterior del sistema. Cada cable DensiLink incorpora dos puertos, lo que permite que cada tarjeta ConnectX-7 disponga de una conexión dedicada, maximizando así el rendimiento y la confiabilidad en la transmisión de datos.

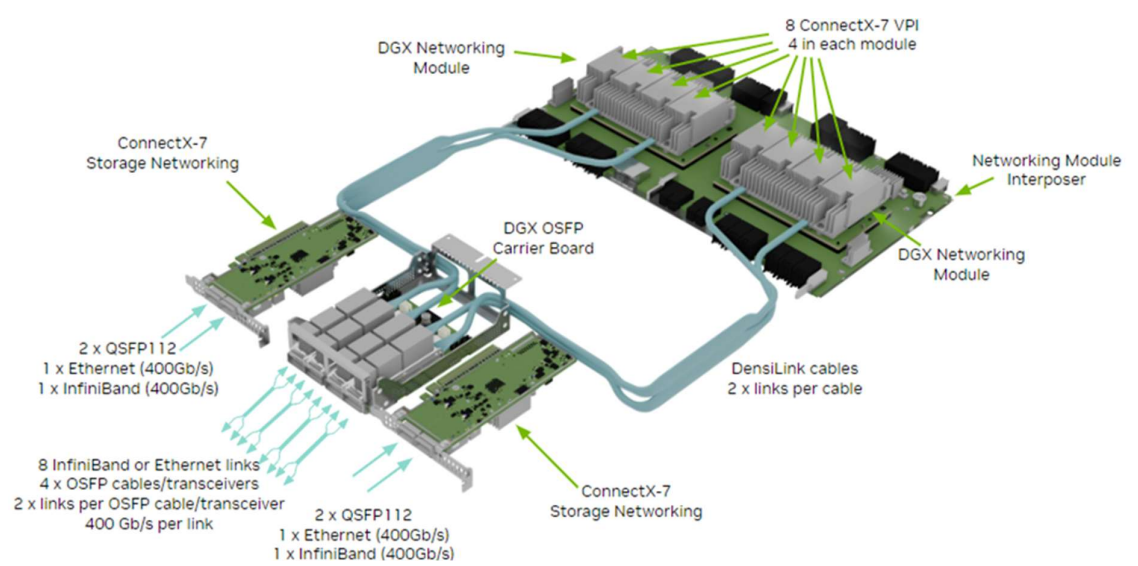


Figura 25.- Módulos de red.

Tabla 25.- Configuración de conexiones.

Puerto	Dispositivo ConnectX	Módulo de red/CPU	GPU	Predeterminado	RDMA
OSFP1P1	CX0	1	7	IBP220S0	mlx5_11
OSFP1P2	CX1	1	4	IBP154S0	mlx5_6
OSFP2P1	CX2	1	6	IBP206S0	mlx5_10
OSFP2P2	CX3	1	5	IBP192S0	mlx5_9
OSFP3P1	CX2	0	2	IBP79S0	mlx5_4
OSFP3P2	CX3	0	1	IBP64S0	mlx5_3
OSFP4P1	CX0	0	3	IBP94S0	mlx5_5

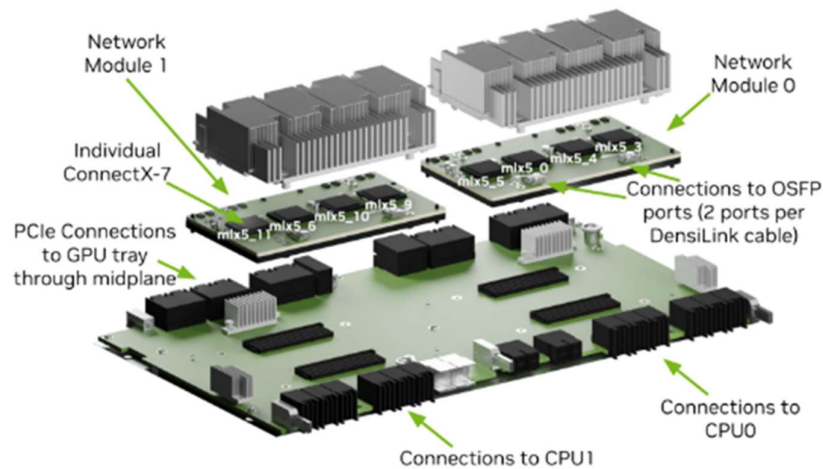


Figura 26.- Conexión de sistemas de comunicaciones.

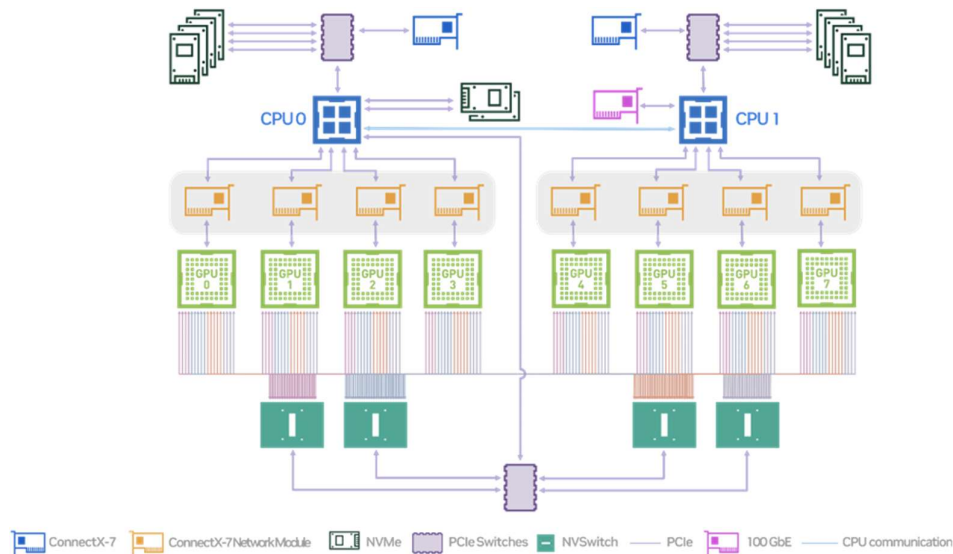


Figura 27.- Topología del sistema DGX H100/H200.

8.4 Servidores DELL Power Edge 540, 730 y 740

Los servidores Dell PowerEdge 730XD, 740XD y R540 representan una de las líneas más robustas y versátiles en el mercado de infraestructura tecnológica. Estos equipos están diseñados para responder a necesidades de alto rendimiento, escalabilidad y eficiencia energética, lo que los convierte en aliados estratégicos para empresas que requieren soportar cargas de trabajo intensivas, ya sea en entornos de virtualización, análisis de datos o aplicaciones críticas de negocio. El PowerEdge 730XD y 740XD destacan por su capacidad de procesamiento y memoria optimizada para aplicaciones de misión crítica, mientras que el R540 ofrece un balance ideal entre costo, flexibilidad y confiabilidad, dirigido a organizaciones que buscan expandirse sin comprometer estabilidad.

Más allá de sus especificaciones técnicas, la importancia estratégica radica en que gran parte de su ensamble se lleva a cabo en Ciudad Juárez. Este hecho posiciona a Chihuahua como un punto clave dentro de la cadena global de manufactura tecnológica. La presencia de actividades de ensamble y validación de estos servidores impulsa no solo la generación de empleos especializados, sino también la transferencia de conocimiento técnico hacia la región. Esto fortalece un ecosistema industrial cada vez más integrado con las dinámicas globales de innovación y suministro.

En este sentido, el ensamble de servidores Dell no debe verse únicamente como una operación manufacturera tradicional, sino como un catalizador que prepara a Chihuahua para evolucionar hacia un hub tecnológico especializado en semiconductores y procesos OSAT. Esta visión no solo refuerza la posición de México dentro de la manufactura avanzada, sino que también proyecta a la región como un actor clave en la transformación digital y en la reconfiguración de la cadena global de suministro tecnológico.

Tabla 26.- Lista de componentes para servidor Dell PowerEdge R540.

Descripción	Cantidad
Dell PowerEdge R540 Server	1
Intel Xeon Silver 4110 2.1G, 8C/16T, 9.6GT/s, 11M Cache, Turbo, HT (85W) DDR4-2400	1
Intel Xeon Silver 4110 2.1G, 8C/16T, 9.6GT/s, 11M Cache, Turbo, HT (85W) DDR4-2400	1
IDRAC Group Manager, Enabled	1
IDRAC, Legacy Password	1
IDRAC9, Enterprise	1
3.5" Chassis with up to 12 Hot Plug Hard Drives and 2 x 3.5" Rear Drives	1
PowerEdge 2U Standard Bezel	1
2xLP 2CPU	1
Dell EMC Luggage Tag	1
2666MT/s RDIMMS	1
Performance Optimized	1
32GB RDIMM 2666MT/s Dual Rank	4
480GB SSD SATA Mix Use 6Gbps 512 2.5in Hot-plug AG Drive, 3.5in HYB CARR, 3 DWPd, 2628 TBW	1
2.4TB 10K RPM SAS 12Gbps 512e 2.5in Hot-plug Hard Drive, 3.5in HYB CARR	11
300GB 15K RPM SAS 12Gbps 512n 2.5in Flex Bay Hard Drive, 3.5in HYB CARR	2
PERC H740P RAID Controller, LP Adapter	1
2 CPU Standard Thermal for 3.5" Chassis	1
C13 to C14, PDU Style, 10 AMP, 6.5 Feet (2m), Power Cord	2
Dual, Hot-plug, Redundant Power Supply (1+1), 1100W	1
Trusted Platform Module 2.0	1

Tabla 27.- Lista de componentes para servidores Dell PowerEdge R740/R730XD.

Descripción	Cantidad
Dell PowerEdge R740/R730XD Server	3
PowerEdge R740/R740XD Motherboard	1
Intel Xeon Gold 6138 2.0G, 20C/40T, 10.4GT/s, 27M Cache, Turbo, HT (125W) DDR4-2666	1
Intel Xeon Gold 6138 2.0G, 20C/40T, 10.4GT/s, 27M Cache, Turbo, HT (125W) DDR4-2666	1
Disco Duro 300GB 15K RPM SAS 12Gbps 512n 2.5in Hot-plug	2
32GB RDIMM 2666MT/s Dual Rank	8
Broadcom 5720 QP 1Gb Network Daughter Card	1
IDRAC, Contraseña Generada de Fábrica	1
IDRAC Group Manager, Activado	1
IDRAC9, Enterprise	1
Chasis con hasta 8 Discos Duros SAS/SATA de 2.5" para Configuración de 2 CPU	1
Bisel Estándar PowerEdge 2U	1
Riser Config 6, 5 x8, 3 x16 slots	1
Material de Envío PowerEdge R740	1
Etiqueta de Equipaje Dell EMC	1
Optimizado para Rendimiento	1
RDIMMS a 2666MT/s	1
Controlador RAID PERC H740P, Adaptador LP	1
Disipador de Calor Estándar 10	2
Fuente de Alimentación Redundante Dual, Hot-plug (1+1), 750W	1
Cable de Alimentación C13 a C14, Estilo PDU, 10 AMP, 6.5 Pies (2m)	2
Módulo de Plataforma Confiable 2.0	1

8.5 Procesadores ARM, SkyWorks Solutions y Broadcom

Los procesadores ARM, junto con componentes desarrollados por empresas como Skyworks Solutions y Broadcom, forman parte esencial del ecosistema de manufactura electrónica que se desarrolla en Ciudad Juárez y en el estado de Chihuahua en general. Cada una de estas tecnologías aporta un valor específico a la cadena de producción de dispositivos, servidores, telecomunicaciones y soluciones de conectividad, consolidando a la región como un nodo estratégico dentro de la cadena global de suministro.

Los procesadores ARM destacan por su eficiencia energética, flexibilidad de diseño y capacidad de integración en sistemas embebidos, móviles y dispositivos de consumo masivo. Su bajo consumo y escalabilidad los convierten en un estándar ampliamente adoptado por fabricantes de electrónica. En el contexto de Chihuahua, su integración en equipos ensamblados localmente permite que plantas de manufactura ofrezcan soluciones competitivas y alineadas con las tendencias globales de miniaturización y eficiencia.

Por su parte, Skyworks Solutions se especializa en semiconductores de radiofrecuencia (RF) y conectividad inalámbrica. Sus componentes son fundamentales para dispositivos

móviles, infraestructura de redes 5G y sistemas de comunicación IoT. La manufactura en Chihuahua se beneficia de la incorporación de estos semiconductores en procesos de ensamble de módulos de comunicación y telecomunicaciones, lo que no solo eleva el nivel tecnológico de la producción local, sino que también posiciona a la región como un socio confiable para empresas que buscan soluciones de conectividad avanzada.

Broadcom, en cambio, aporta una gama amplia de semiconductores y soluciones en redes, almacenamiento y conectividad. Sus chips son esenciales para servidores, centros de datos y equipos de telecomunicación. Su integración en el ecosistema de ensamblaje de Ciudad Juárez refuerza la capacidad de las empresas locales de participar en segmentos de alto valor agregado, particularmente en manufactura de servidores, dispositivos de red y equipos de infraestructura digital.

El impacto de estas tecnologías en los servicios de manufactura electrónica (EMS, por sus siglas en inglés) en Chihuahua es significativo. La disponibilidad y ensamble de componentes de ARM, Skyworks y Broadcom permiten que los servicios EMS locales amplíen su alcance hacia mercados de mayor complejidad tecnológica, pasando de la simple maquila hacia la integración de sistemas avanzados. Esta evolución fortalece el ecosistema industrial y lo proyecta como un hub cada vez más importante en la manufactura electrónica global.

Tabla 28.- Lista de microprocesadores ARM utilizados para diversas aplicaciones electrónicas actuales.

Arquitectura/Serie de Núcleo	Ejemplos de Núcleos Específicos (Generaciones)	Características	Aplicaciones
Cortex-A (Application)	Cortex-A78, Cortex-X2, Cortex-A510, etc.	Alto rendimiento para aplicaciones exigentes, eficiencia energética (relativa al rendimiento), soporte para sistemas operativos ricos	Smartphones de gama alta, laptops, tabletas, servidores, computación de alto rendimiento
Cortex-M (Microcontroller)	Cortex-M0+, Cortex-M4, Cortex-M7, Cortex-M33, etc.	Muy bajo consumo de energía, bajo costo, optimizado para microcontroladores, tiempo de respuesta rápido en tiempo real	IoT, wearables, microcontroladores en general, sistemas embebidos de baja potencia
Cortex-R (Real-Time)	Cortex-R52, Cortex-R8	Determinismo en tiempo real estricto, alta fiabilidad, seguridad, procesamiento de señales en tiempo real	Controladores de discos duros, sistemas de seguridad, automoción (ADAS, sistemas de control críticos)
Mali (GPU)	Mali-G710, Mali-G610, Mali-G510, etc.	Procesamiento gráfico para dispositivos móviles y embebidos, aceleración de aprendizaje automático (machine learning), eficiencia energética	Gráficos en smartphones, tablets, aceleración de ML en el borde, sistemas de info-entretenimiento automatizado

Tabla 29.- Lista de microprocesadores Skyworks utilizados para diversas aplicaciones electrónicas actuales.

Categoría de Producto	Modelos (Familias/Líneas)	Características	Aplicaciones
Módulos Front-End (FEMs) 5G NR	Sky5® Ultra, Sky5® Mid/High-Band	Soporte para bandas 5G NR (Sub-6GHz, mmWave), alta eficiencia, integración de componentes RF	Smartphones 5G, dispositivos móviles 5G
FEMs Wi-Fi	Sky85xxx Series Wi-Fi FEMs	Soporte para Wi-Fi 6/6E, amplificación de señal, bajo ruido, filtros	Smartphones, routers Wi-Fi, dispositivos IoT Wi-Fi
Amplificadores de Potencia (PAs)	Sky6xxx Series Power Amplifiers	Amplificación eficiente de señales RF para transmisión inalámbrica, diferentes bandas de frecuencia	Smartphones, dispositivos celulares, transmisores inalámbricos
Filtros de RF	Bulk Acoustic Wave (BAW) Filters, SAW Filters	Filtrado preciso de señales de radiofrecuencia, rechazo de interferencias, bajo tamaño	Smartphones, dispositivos inalámbricos (para selectividad de frecuencia)
Switches de RF	Sky13xxx Series RF Switches	Conmutación de señales de RF con baja pérdida de inserción, alta linealidad	Smartphones, dispositivos inalámbricos (para gestión de rutas de señal)

Tabla 30.- Lista de microprocesadores Broadcom utilizados para diversas aplicaciones electrónicas actuales.

Categoría de Producto	Modelos (Familias/Líneas)	Características	Aplicaciones Principales
Switches Ethernet para Data Center	Trident, Tomahawk, Jericho	Alta velocidad (100G, 200G, 400G, 800G Ethernet), baja latencia, alta densidad de puertos	Centros de datos masivos, redes de cloud computing
Chips Wi-Fi	Wi-Fi 6/6E/7 Chipsets (e.g., para routers)	Últimos estándares Wi-Fi (802.11ax/be), alta velocidad, amplio alcance, MU-MIMO	Routers Wi-Fi de alto rendimiento, puntos de acceso empresariales
Chips de Módems de Cable	DOCSIS 3.1/4.0 Cable Modem Chipsets	Últimos estándares DOCSIS, alta velocidad de descarga y subida, múltiples canales	Módems de cable para banda ancha residencial y comercial
Controladores SSD NVMe	NVMe SSD Controllers (e.g., para data center)	Alto rendimiento IOPS, baja latencia, interfaces PCIe Gen4/Gen5, gestión avanzada de NAND Flash	SSDs de alto rendimiento para servidores y almacenamiento empresarial
Componentes Ópticos	Transceptores Ópticos (100G, 400G, 800G)	Alta velocidad de transmisión óptica, diferentes formatos (QSFP, CFP), largo alcance	Comunicaciones de datos en centros de datos y redes de telecomunicaciones

9. Diagnósticos y recomendaciones estratégicas

El análisis integral del ecosistema de semiconductores en Chihuahua revela un entorno con fortalezas consolidadas —como su densidad industrial, ubicación geográfica, y capacidades productivas en el segmento de manufactura avanzada— pero también con limitantes estructurales en integración local, infraestructura especializada, formación técnica y coordinación interinstitucional. En este contexto, se presentan los siguientes diagnósticos y líneas de acción:

9.1 Oportunidades de encadenamiento productivo

El estado de Chihuahua enfrenta una coyuntura de gran potencial para fortalecer su posición en la cadena global de semiconductores, particularmente en Ciudad Juárez, donde ya existe una base estructural robusta de manufactura electrónica. No obstante, persisten desafíos clave que impiden que el sector avance hacia niveles más sofisticados como OSAT (Outsourced Semiconductor Assembly and Test).

En primer lugar, aunque Chihuahua destaca en la integración de empresas multinacionales dentro de cadenas de suministro globales, sigue dependiendo en gran medida de insumos estratégicos, tales como placas PCB, moldes técnicos y componentes encapsulados, que son importados principalmente desde Asia y EE.UU. Esta dependencia limita la resiliencia local y la rentabilidad de la cadena productiva.

Por otro lado, hay al menos una veintena de proveedores locales con capacidad potencial para integrarse más profundamente en la manufactura, sin embargo, enfrentan obstáculos significativos como la falta de certificaciones estandarizadas (como IPC Class-3), capacidad financiera restringida y escasa vinculación comercial con cadenas globales. Esta brecha impide que puedan abastecer eficientemente a los grandes actores presentes en la región.

La buena noticia es que organizaciones como INDEX, Clúster Chihuahua 4.0 y otros organismos e instituciones han identificado un interés creciente por parte de compradores globales para sustituir insumos foráneos por proveedores nacionales confiables. Esto se alinea con una tendencia global de nearshoring, donde se privilegia la cercanía geográfica y la seguridad del suministro.

Además, el foro de colaboración México–EEUU sobre semiconductores, organizado por CANIETI, ha impulsado un Plan Maestro (2024-2030) con objetivos ambiciosos: duplicar las exportaciones y el empleo dentro de la industria de semiconductores, relocalizar operaciones de ATP (assembly, test, packaging), PCBs, y demás insumos críticos para reducir la dependencia de importaciones hasta en un 10 %.

A nivel macro, México cuenta con ventajas estratégicas: reservas crecientes de minerales críticos (como silicio), una red comercial robusta favorecida por el T-MEC,

infraestructura logística avanzada y políticas de atracción de inversión activa en Chihuahua

9.1.1 Recomendaciones

Para que Chihuahua logre insertarse de manera más sólida como hub global de semiconductores y transite de un modelo de manufactura electrónica tradicional (EMS) hacia actividades de mayor valor agregado como OSAT (ensamble, prueba y empaque de semiconductores), es necesario implementar una estrategia integral que combine el fortalecimiento de proveedores locales, la atracción de inversión extranjera y la consolidación de capacidades técnicas y de innovación.

En primer lugar, resulta fundamental crear un Programa de Desarrollo de Proveedores Especializados que no solo brinde asistencia técnica, sino que también incluya procesos de certificación bajo estándares internacionales como IPC, ISO o IATF, indispensables para integrarse en cadenas globales. Este programa debería contemplar esquemas de financiamiento accesibles para la adquisición de maquinaria de precisión y equipos de validación, además de promover alianzas con empresas ancla ya establecidas en Chihuahua para garantizar un encadenamiento productivo más profundo.

En paralelo, la implementación de incentivos fiscales orientados a la sustitución de importaciones puede convertirse en un motor clave para fortalecer la base industrial del estado. A través de contratos gubernamentales de compra de partes electrónicas y acuerdos de suministro corporativo, se puede fomentar que empresas multinacionales integren a proveedores locales en sus cadenas, reduciendo así la dependencia de insumos provenientes de Asia y Estados Unidos. Este enfoque, además de reforzar la soberanía tecnológica regional, permitiría generar mayor derrama económica y empleos especializados en el estado.

Un tercer pilar indispensable es la creación de una plataforma regional de vinculación industrial, donde compradores globales encuentren un ecosistema organizado de pymes locales que cumplan con requisitos técnicos, financieros y de calidad. Esta plataforma funcionaría como un escaparate dinámico que dé visibilidad internacional a las capacidades de Chihuahua, al mismo tiempo que permitiría a los proveedores locales identificar demandas emergentes en tiempo real y adaptarse a ellas.

Adicionalmente, estas acciones deben complementarse con una agenda de capital humano e innovación, impulsando programas de formación en áreas críticas como diseño de empaquetado, validación de chips y pruebas de confiabilidad. La colaboración con centros de investigación como CIITA Juárez y con universidades locales es esencial para crear un pipeline de talento especializado que respalde la transición hacia OSAT.

Si Chihuahua logra consolidar estas recomendaciones, podrá pasar de un rol principalmente ensamblador en EMS a convertirse en un nodo estratégico de la cadena

global de semiconductores, ofreciendo servicios de alto valor agregado que eleven la competitividad del estado y lo posicionen como un referente en manufactura avanzada en América del Norte.

9.2 Necesidades de infraestructura y talento

El estado de Chihuahua cuenta con una base industrial sólida y un ecosistema manufacturero en expansión, sin embargo, aún enfrenta limitaciones estructurales que deben resolverse para insertarse en el hub global de semiconductores. Aunque dispone de más de 45 parques industriales, solo una fracción de ellos presenta condiciones adecuadas para esta industria altamente especializada. La ausencia de infraestructura crítica como salas limpias de distintas clasificaciones, laboratorios de pruebas ATP (Assembly, Testing and Packaging), sistemas de energía redundante y telecomunicaciones de baja latencia, restringe las posibilidades de atraer inversión extranjera directa en los eslabones más avanzados de la cadena. Una primera recomendación, por lo tanto, es realizar una planeación territorial estratégica que priorice la modernización de parques industriales con estándares internacionales, alineándolos a los requerimientos técnicos de la industria de semiconductores.

Otro elemento fundamental es la infraestructura digital. La falta de centros de datos Tier II y Tier III de alta disponibilidad en el estado limita tanto la adopción de soluciones de manufactura inteligente como la integración de servicios digitales avanzados que requieren baja latencia, resiliencia y seguridad. Establecer data centers de estas características, vinculados a las cadenas de manufactura y prueba de semiconductores, permitiría impulsar tanto el análisis de datos en tiempo real como la trazabilidad de la producción, facilitando con ello la transición hacia procesos OSAT.

En paralelo, el capital humano es un componente estratégico. Si bien las instituciones técnicas y universitarias en Chihuahua ya ofrecen carreras en mecatrónica, electrónica, materiales, física, nanotecnología y manufactura, existen brechas críticas en perfiles como operadores de pruebas funcionales, ingenieros de encapsulado, técnicos certificados bajo normas IPC y especialistas en automatización. Una recomendación clave es el desarrollo de programas conjuntos entre gobierno, industria y academia que aseguren la capacitación acelerada en estas áreas, incluyendo certificaciones internacionales, programas de estancias en centros globales y la creación de laboratorios especializados de entrenamiento.

Finalmente, para que las pymes locales se integren en la cadena de valor global, se requiere un mecanismo de articulación que facilite su conexión con compradores internacionales. La creación de una plataforma regional de “match industrial” permitiría identificar proveedores confiables, evaluar sus capacidades técnicas y acompañarlos en el proceso de certificación y escalamiento. Esto reduciría la dependencia de insumos importados y fomentaría el encadenamiento productivo local.

En conjunto, fortalecer infraestructura física y digital, invertir en formación de talento especializado y construir un puente entre pymes y compradores globales permitirá que Chihuahua evolucione de un centro de manufactura electrónica a un hub de semiconductores competitivo a nivel global, atrayendo inversiones estratégicas y asegurando un papel central en la reconfiguración de la cadena de suministro norteamericana.

9.2.1 Recomendaciones

Chihuahua se encuentra en un momento decisivo para fortalecer su papel dentro de la industria global de semiconductores. Si bien el estado ya cuenta con una base manufacturera sólida y experiencia en electrónica avanzada, requiere impulsar acciones estratégicas que fortalezcan su infraestructura, eleven el nivel de especialización del talento y articulen de manera efectiva a sus empresas con cadenas de suministro internacionales. El siguiente plan de acción propone lineamientos concretos para consolidar a Chihuahua como un hub competitivo de semiconductores, capaz de atraer inversión, generar innovación y avanzar hacia procesos de mayor valor agregado como OSAT.

Plan de Acción para Consolidar a Chihuahua en el Ecosistema Global de Semiconductores

Infraestructura industrial

- Modernización de parques industriales: actualizar instalaciones con salas limpias de diferentes clasificaciones y laboratorios de pruebas ATP.
- Fortalecimiento energético: integrar sistemas de energía redundante y resiliente que aseguren continuidad operativa en procesos críticos.
- Centros de datos estratégicos: promover la construcción de data centers Tier II y Tier III que soporten manufactura inteligente, análisis en tiempo real y servicios digitales de baja latencia.

Desarrollo de talento especializado

- Programas de capacitación conjunta: diseñar currículas en colaboración con la industria para formar ingenieros de encapsulado, operadores de pruebas funcionales, técnicos certificados en normas IPC y especialistas en automatización.
- Certificaciones internacionales: garantizar que los programas incluyan estándares reconocidos globalmente para elevar la competitividad del talento local.

- Laboratorios de entrenamiento: instalar centros de práctica con equipos de última generación que reproduzcan entornos productivos reales.
- Alianzas estratégicas: establecer convenios con centros de innovación y universidades globales para asegurar transferencia tecnológica y actualización constante de competencias.

Encadenamiento productivo y plataforma empresarial

- Plataforma de vinculación industrial: crear un sistema regional que conecte a pymes locales con compradores internacionales y cadenas de suministro globales.
- Acompañamiento a proveedores: impulsar programas de certificación y financiamiento que permitan a las pymes cumplir con requisitos técnicos internacionales.
- Diversificación productiva: fomentar que empresas locales amplíen su participación en segmentos de mayor valor agregado, reduciendo la dependencia de insumos importados.

9.3 Propuestas de coordinación pública, privada y académica

La inserción formal del estado de Chihuahua en la red global de semiconductores requiere una estrategia de coordinación articulada entre los sectores público, privado y académico que supere la fragmentación actual y alinee objetivos comunes. Para ello, se propone establecer un mecanismo de gobernanza que integre a los tres actores en una mesa permanente de coordinación estratégica, capaz de diseñar políticas, compartir información y dar seguimiento a proyectos clave.

Desde el ámbito público, el Gobierno del Estado debe fungir como facilitador de inversiones, agilizando trámites, garantizando incentivos fiscales y promoviendo infraestructura crítica como parques industriales especializados, centros de datos y servicios energéticos confiables. Asimismo, tiene un papel esencial en generar programas de financiamiento y certificación para pequeñas y medianas empresas locales, con el fin de que puedan cumplir estándares internacionales y convertirse en proveedores competitivos dentro de la cadena de semiconductores.

El sector privado, liderado por empresas ancla como las manufactureras electrónicas multinacionales instaladas en Ciudad Juárez y Chihuahua, deben comprometerse a transferir conocimiento y tecnología a la red de proveedores locales, compartir requerimientos técnicos y generar convenios de largo plazo que den certidumbre a la inversión. Además, su colaboración en el diseño curricular y en el patrocinio de

laboratorios de capacitación avanzada resulta clave para garantizar que el talento egresado de las instituciones esté alineado con las necesidades reales de la industria.

Las Instituciones de Educación Superior del estado, como la UACH, UACJ, CIMAV y las redes de institutos tecnológicos, universidades tecnológicas y politécnicas instaladas en la entidad, deben convertirse en actores centrales del ecosistema. Su papel consiste en rediseñar programas académicos con base en las demandas de la industria, impulsar certificaciones internacionales, fomentar la investigación aplicada en áreas de encapsulado, automatización y pruebas funcionales, así como fortalecer la vinculación con empresas a través de prácticas profesionales, estancias industriales y proyectos conjuntos de innovación.

De esta forma, mediante una coordinación efectiva y sostenida entre gobierno, empresas y universidades, Chihuahua podrá construir un ecosistema robusto que reduzca la dependencia de insumos importados, desarrolle talento especializado y atraiga inversiones estratégicas, consolidándose como un nodo competitivo en la cadena global de semiconductores.

9.3.1 Recomendaciones

Una primera recomendación es la creación de un Consejo Regional de Semiconductores de Chihuahua, integrado por cámaras industriales, instituciones de educación superior, centros tecnológicos y autoridades estatales. Este consejo debería encargarse de la planificación estratégica, la promoción de la región ante inversionistas internacionales y la evaluación continua de resultados, garantizando que las políticas públicas y las necesidades del sector productivo avancen en la misma dirección.

Asimismo, se propone establecer un observatorio de capacidades del ecosistema, que genere indicadores actualizados sobre infraestructura, talento, producción, exportaciones y madurez tecnológica. Este observatorio, basado en un mapa dinámico de capacidades, serviría como herramienta de inteligencia para identificar brechas, orientar inversiones y definir prioridades de política pública, además de proporcionar información a las universidades para ajustar sus programas formativos.

Finalmente, se recomienda fomentar consorcios de investigación y desarrollo aplicados, bajo un modelo de triple hélice, que reúnan a empresas, gobierno e instituciones académicas para impulsar proyectos en áreas estratégicas como automatización de procesos, validación de pruebas funcionales y encapsulado avanzado. Estos consorcios permitirían generar innovación local, aprovechar el conocimiento científico de las universidades y transferir tecnología directamente hacia la industria.

10. Conclusiones

El desarrollo del proyecto permite concluir que la región de Chihuahua se encuentra en una coyuntura estratégica única para posicionarse como un actor relevante dentro de la cadena de valor global de los semiconductores. Esta industria, considerada como la columna vertebral de la economía digital, ofrece oportunidades significativas de inversión, generación de empleo especializado y desarrollo tecnológico, siempre y cuando se diseñen políticas públicas y estrategias de articulación adecuadas.

En primer lugar, Chihuahua cuenta con ventajas competitivas naturales y construidas que lo colocan en un escenario favorable. Su cercanía geográfica con Estados Unidos y su pertenencia al T-MEC facilitan la integración en cadenas de suministro de Norteamérica, al tiempo que reducen los costos logísticos y fortalecen la seguridad de proveeduría frente a tensiones globales. Además, la región dispone de un ecosistema manufacturero maduro, con experiencia en sectores como automotriz, aeroespacial y electrónico, que puede servir como base para escalar hacia la manufactura avanzada de semiconductores.

Otro hallazgo clave es la relevancia del capital humano. El documento resalta la necesidad urgente de fortalecer la formación de ingenieros y técnicos especializados, pues la demanda de talento supera la oferta actual. Universidades, centros de investigación y programas de capacitación deben alinearse con los requerimientos de la industria, incluyendo conocimientos en diseño de circuitos integrados, procesos de manufactura limpia y normas internacionales de calidad. Sin un esfuerzo coordinado en este rubro, el crecimiento del hub podría verse limitado.

Asimismo, el diagnóstico señala la importancia de la infraestructura y las condiciones regulatorias. Los semiconductores requieren entornos altamente controlados, como cuartos limpios y laboratorios de validación, además de suministro confiable de energía y agua. Chihuahua deberá invertir en estas capacidades y garantizar marcos normativos claros que fomenten la inversión extranjera y nacional. La disponibilidad de parques tecnológicos y clústeres especializados también emerge como factor decisivo para consolidar el ecosistema.

Un aspecto central en las conclusiones es la necesidad de colaboración interinstitucional. El gobierno estatal, la iniciativa privada y la academia deben coordinarse para atraer inversión, compartir riesgos y generar innovación. El éxito de hubs en otras regiones del mundo demuestra que los esfuerzos aislados no bastan: se requiere gobernanza compartida y estrategias a largo plazo que aseguren continuidad más allá de los cambios políticos.

También es importante destacar que Chihuahua enfrenta retos significativos. La competencia internacional es intensa y países como Taiwán, Corea del Sur o Estados Unidos invierten miles de millones de dólares en fortalecer sus industrias. Frente a ello,

Chihuahua debe definir con claridad su nicho dentro de la cadena de valor: ya sea en el ensamblaje, pruebas, empaque o en etapas más sofisticadas de diseño y manufactura. La especialización permitirá aprovechar recursos limitados y construir ventajas sostenibles.

Por último, el documento enfatiza que el impacto del hub de semiconductores trasciende lo económico. Se trata de una apuesta por la transformación social y tecnológica de la región. El desarrollo de este sector generará empleos de alta calificación, impulsará la innovación en universidades y empresas locales, y proyectará a Chihuahua como un referente de modernización industrial en América Latina. Sin embargo, alcanzar ese futuro dependerá de la capacidad de articular esfuerzos, invertir estratégicamente y mantener una visión compartida de largo plazo.

En síntesis, las conclusiones del documento muestran que Chihuahua tiene el potencial de convertirse en un hub de semiconductores competitivo y reconocido internacionalmente. Para lograrlo, será imprescindible fortalecer el capital humano, invertir en infraestructura crítica, promover la colaboración entre actores clave y definir una estrategia clara de especialización. Solo así la región podrá aprovechar la ventana de oportunidad histórica que se abre en la industria de los semiconductores y consolidarse como motor de innovación y desarrollo en México y Norteamérica.

Anexo 1.- Análisis integral de resultados y oportunidades estratégicas

El presente análisis profundiza en los hallazgos del mapeo del ecosistema de semiconductores en Chihuahua integra tendencias globales recientes de la industria (SIA, SEMI, U.S. CHIPS Program, 2023–2024). Su propósito es evaluar las capacidades industriales, tecnológicas y humanas del estado; identificar brechas estructurales; y proponer líneas estratégicas para posicionar a Chihuahua como uno de los nodos más relevantes de América del Norte en la cadena de suministro de semiconductores.

1.1 Contexto global y oportunidad para Chihuahua

La industria global de semiconductores ha experimentado una reconfiguración sin precedentes impulsada por disrupciones postpandemia, tensiones geopolíticas y estrategias de nearshoring. La relocalización de procesos críticos de manufactura crea una ventana estratégica para México y para Chihuahua en particular.

Tendencias clave:

- América del Norte se perfila como el mayor receptor de nuevas inversiones para 2030, especialmente en back-end (SEMI, 2024).
- El programa CHIPS Act establece una arquitectura regional de colaboración que favorece a México.
- México puede capturar entre el 5% y el 8% del mercado global de ATP (SIA, 2023).
- Los sectores que más demandan chips coinciden con las fortalezas de Chihuahua: automotriz, médico, aeroespacial y electrónica.

1.2 Fortalezas actuales del ecosistema en Chihuahua

1.2.1 Base manufacturera sólida

Chihuahua posee décadas de experiencia manufacturera y una cadena consolidada en sectores de alto valor. Ciudad Juárez destaca con miles de empresas manufactureras, exportaciones millonarias y capacidades en procesos relacionados con semiconductores como PCBA, pruebas, moldes y automatización.

1.2.2 Infraestructura industrial y logística

El estado cuenta con parques industriales modernos, conectividad fronteriza de alto volumen y cercanía a hubs clave como Texas y Arizona. Esta posición convierte a Chihuahua en un punto óptimo para la integración regional en cadenas sensibles.

1.2.3 Ecosistema educativo y de talento

Existen universidades y centros técnicos con experiencia en ingeniería y mecatrónica, pero aún falta formación avanzada en microelectrónica, empaquetado, diseño de chips y metrología.

1.3 Brechas y Desafíos Críticos

1.3.1 Ausencia de procesos front-end

Chihuahua no cuenta con litografía avanzada, fabricación de obleas o materiales de ultra alta pureza. Estas inversiones son altamente intensivas y poco probables para el país en el corto plazo.

1.3.2 Limitaciones en infraestructura crítica

Se requieren mejoras en:

- Suministro energético estable
- Capacidad de agua para procesos especializados\
- Centros de datos industriales
- Laboratorios de pruebas y certificación

1.3.3 Brecha de talento especializado

Norteamérica enfrentará un déficit de más de 60,000 ingenieros especializados para 2030. Chihuahua necesita programas avanzados en microelectrónica, pruebas, encapsulado y diseño.

1.4 Oportunidades Estratégicas para Chihuahua

1.4.1 Liderazgo en Ensamble, Pruebas y Empaque (ATP)

Las capacidades actuales permiten una transición natural hacia ATP, especialmente en chips automotrices, MEMS, circuitos de potencia y electrónica médica.

1.4.2 Manufactura de componentes auxiliares

Chihuahua puede desarrollar sustratos, encapsulados, plásticos especializados y PCB/PCBA, integrándose con cadenas de Estados Unidos y Asia.

1.4.3 Sistemas electrónicos complejos

El estado puede especializarse en integración electrónica, pruebas avanzadas y validación, aprovechando su ecosistema industrial consolidado.

1.5 Recomendaciones Estratégicas

1.5.1 Creación del Centro de Manufactura Avanzada-OSAT (CMA-OSAT-Chihuahua)

Su función sería coordinar industria–academia–gobierno, desarrollar talento, facilitar certificaciones e impulsar alianzas internacionales (Intel, TSMC, IMEC, ASU, UT Austin).

1.5.2 Fortalecimiento de proveedores locales

Incluye incentivos, certificaciones, transferencia tecnológica y aceleración de empresas locales.

1.5.3 Desarrollo de infraestructura crítica

Energía limpia, centros de datos, parques industriales especializados y laboratorios de pruebas son esenciales.

1.5.4 Estrategia integral de talento

Programas universitarios nuevos, certificaciones SEMI/IPC, becas binacionales y formación dual.

Chihuahua cuenta con bases industriales, geográficas y logísticas excepcionales para consolidarse como un hub de semiconductores especializado en ATP y manufactura electrónica avanzada. Con una estrategia coordinada, inversión en infraestructura y un impulso al talento especializado, el estado puede convertirse en un pilar clave de la integración norteamericana en una industria crítica para la economía global.

Anexo 2.- Indicadores de desempeño del proyecto: Chihuahua Hub de Semiconductores

Este documento presenta una propuesta de Indicadores de Desempeño (KPI's) basada en el análisis estratégico y la información contenida en la propuesta original del proyecto 'Chihuahua Hub de Semiconductores'. Los indicadores están diseñados para medir el avance, impacto y eficacia del proyecto a lo largo de su implementación.

2.1 Objetivo de los Indicadores

Los indicadores propuestos permiten evaluar el cumplimiento de los objetivos establecidos en la propuesta, incluyendo el mapeo del ecosistema, el fortalecimiento de proveedores, la creación de capacidades locales, la atracción de inversión y la consolidación de Chihuahua como un hub regional de semiconductores.

2.2 Indicadores de Desempeño Propuestos

2.2.1 Indicadores de Mapeo del Ecosistema

Indicador	Descripción
Número de actores identificados	Total de empresas, instituciones y proveedores mapeados.
Porcentaje de caracterización completa	Actores con información validada respecto al total listado.
Tiempo promedio por levantamiento	Eficiencia operativa durante el trabajo de campo.
Nivel de precisión del mapeo	Validación por parte de expertos o contrapartes industriales.

2.2.2 Indicadores de Cadena de Suministro y Capacidad Productiva

Indicador	Descripción
Número de proveedores críticos identificados	Incluye PCB, PCBA, plásticos especializados, pruebas, encapsulado.
Nivel de especialización de proveedores	Porcentaje que cumple certificaciones clave (IPC, ISO, JEDEC).
Brechas técnicas detectadas	Cantidad de áreas con necesidades de mejora documentadas.
Actores con potencial de escalabilidad	Número de empresas listas para integrarse en cadenas de semiconductores.

2.2.3 Indicadores de Infraestructura y Recursos Estratégicos

Indicador	Descripción
Inventario de parques industriales evaluados	Total de instalaciones analizadas.
Diagnósticos energéticos y de conectividad completados	Cobertura del análisis.
Infraestructura crítica identificada	Elementos para ATP, pruebas, data centers, logística.
Brechas de infraestructura definidas	Número de carencias prioritarias definidas.

2.2.4 Indicadores de Talento y Capital Humano

Indicador	Descripción
Perfiles técnicos identificados	Número total de perfiles relevantes mapeados.
Brecha de talento estimada	Relación oferta–demanda en áreas clave.
Programas académicos alineados	Número de programas existentes vinculados al sector.
Requerimientos de capacitación documentados	Lista de necesidades por nivel y especialidad.

2.2.5 Indicadores de Plataforma Georreferenciada

Indicador	Descripción
Avance en el desarrollo del mapa dinámico	Cumplimiento por fases.
Número de capas de información integradas	Actores, infraestructura, capacidades, nodos críticos.
Usabilidad de la plataforma	Evaluación por usuarios piloto.
Actualización y interoperabilidad	Capacidad para integrar nuevas fuentes de datos.

2.2.6 Indicadores de Impacto Estratégico del Proyecto

Indicador	Descripción
Alineación con estrategias de EE. UU. y Norteamérica	Integración con iniciativas de resiliencia regional.
Oportunidades de encadenamiento detectadas	Cantidad de posibles vínculos productivos.
Actores interesados en inversión o expansión	Contactos o prospectos identificados.
Capacidad propuesta para ATP	Evaluación de madurez del ecosistema para ensamble, pruebas y empaque.