

DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO

Sobre cadenas de valor y recursos humanos en la manufactura taiwanesa de Ciudad Juárez.

Foxconn · Pegatron · Wistron
2025

Elaborado por:

Emmanuel Francisco García Uribe
Luis Enrique Gutiérrez Casas

Para:

Desarrollo Económico de Ciudad Juárez, A.C.
Centro de Economía y Competitividad

Este documento expone los resultados de la investigación parcial sobre el mapeo de las cadenas de valor de las empresas de origen taiwanés que operan en Ciudad Juárez, Chihuahua. Dicho estudio fue suspendido en noviembre del 2025 por acuerdo de la Secretaría de Innovación y Desarrollo Económico del Estado de Chihuahua.

Contenido



- Resumen Ejecutivo 4**
- 1. Introducción 6**
- 2. Principales elementos del diagnóstico 8**
 - 2.1.1 Dependencia crítica de insumos asiáticos..... 8
 - 2.1.2 Estructura de costos y barreras a la sustitución 8
 - 2.1.3 Logística "Freight of Air" 9
 - 2.1.4 Marco IMMEX y efectos regulatorios..... 9
 - 2.1.5 Infraestructura habilitante y riesgos operativos..... 10
 - 2.1.6 Efectos en competitividad y resiliencia 10
- 3. Diagnóstico de Recursos Humanos (RH)..... 11**
 - 3.2 Brechas de hard skills críticas 11
 - 3.3 Idioma y soft skills como filtros eliminitorios 12
 - 3.4 Mercado laboral y fricciones 12
 - 3.5 Impacto en productividad..... 12
- 4. Recomendaciones Estratégicas (CV y RH)..... 14**
 - 4.1 Cadenas de valor..... 14
 - 4.1.1 Política de insumos base y costos 14
 - 4.1.2 Infraestructura habilitante 14
 - 4.1.3 Estándares y certificación..... 14
 - 4.2 Recursos humanos 14
 - 4.2.1 Formación y certificación 15
 - 4.2.2 Idiomas y competencias..... 15
 - 4.2.3 Atracción y retención 15
 - 4.3 Gobernanza y coordinación 15
- 5. Conclusiones 16**
- 6. Limitaciones y futuras líneas de investigación..... 17**
 - 6.1 Redes de vinculación: la anatomía de la relación con clientes y proveedores..... 17
 - 6.2 El mapa funcional: actividades locales frente a la externalización estratégica..... 17
 - 6.3 Inteligencia territorial mediante el modelado visual de flujos..... 17
 - 6.4 Mapeo de habilidades: la radiografía del mercado laboral real..... 18

6.5 Investigaciones sobre el panorama educativo e industrial	18
Fuentes	20
Glosario Técnico	21



Resumen Ejecutivo

4

Este reporte analiza los obstáculos estructurales que enfrentan empresas taiwanesas transitar del ensamblaje a la manufactura de alto valor en servidores de IA y electrónica automotriz.

Principales Hallazgos del Diagnóstico

Dependencia Crítica de Insumos

La industria opera con una dependencia superior al 90% de materiales asiáticos. La proveeduría local de componentes técnicos (circuitos o metalmecánica) es inviable financieramente, resultando entre 3 y 5 veces más costosa que la importación desde Asia.

Freno Regulatorio y de Infraestructura

El esquema fiscal actual (IMMEX) desincentiva la compra nacional por problemas de flujo de caja con el IVA. La falta de capacidad eléctrica obliga a las empresas a realizar inversiones millonarias en infraestructura pública, con tiempos de conexión de hasta 3 años.

Crisis de Talento Especializado

La evolución hacia productos complejos (IA, EVs) ha desplazado la demanda hacia ingenieros especializados. Existe escasez severa en mecatrónica, procesos avanzados y ciberseguridad. El inglés técnico es la barrera de contratación más agresiva.

Recomendaciones Estratégicas

- ▶ Desarrollo de Proveedores: Implementar incentivos para atraer fabricantes de insumos base (químicos, resinas) condicionados a transferencia tecnológica y crear una ventanilla de devolución acelerada de IVA para compras nacionales.
- ▶ Seguridad Energética: Establecer un marco legal que permita compensar o remunerar la inversión privada en infraestructura eléctrica para agilizar conexiones.

- ▶ **Revolución Educativa:** Alinear planes universitarios con certificaciones industriales reales (IPC, ISO) e instituir el inglés técnico como requisito obligatorio de egreso para garantizar la empleabilidad.



Conclusión

Para consolidar a Juárez como un hub de alta tecnología y reducir su vulnerabilidad logística, es imperativo resolver simultáneamente la disponibilidad de energía, la competitividad de costos en insumos locales y la certificación bilingüe del talento técnico.

1. Introducción



La expansión de empresas taiwanesas en México se inserta en la relocalización de manufactura hacia América del Norte, impulsada por el T-MEC, el régimen IMMEX y el reacomodo geopolítico y logístico de las cadenas globales (INEGI, 2023; Secretaría de Economía, 2024; USMCA, 2020). En la frontera norte —y particularmente en Ciudad Juárez— firmas como Foxconn, Pegatron y Wistron han consolidado plataformas de ensamblaje electrónico, integración de servidores y electrónica automotriz, conformando un nodo estratégico para ciclos de producto de alta rotación y proximidad al cliente final estadounidense (Index Chihuahua, 2023; Foxconn, 2023; Pegatron, 2023; Wistron, 2023).

Desde el Programa de Industrialización Fronteriza (1965) hasta el IMMEX, México ha perfeccionado un andamiaje aduanero-fiscal que facilita la importación temporal, la transformación y reexportación de bienes, alentando la llegada de manufactura por contrato (INEGI, 2023). En este contexto, Ciudad Juárez capitaliza su proximidad a cruces aduaneros de alto volumen, su ecosistema de parques industriales y una fuerza laboral con experiencia en ensamble electrónico y control de calidad (Index Juárez, 2023; INEGI, 2023).

Varios elementos pueden considerarse como base o pivotes para la localización de empresas taiwanesas en la frontera, particularmente en Ciudad Juárez, en el marco del desarrollo de la industria maquiladora. Entre estos, destacan:

Proximidad estratégica: Juárez-El Paso conforman una conurbación transfronteriza con infraestructura, brókeres y operadores logísticos que reducen tiempos de ciclo, favorecen servicios posventa y facilitan la coordinación con OEM estadounidenses (Index Chihuahua, 2023).

Densidad industrial: la región ha evolucionado de la electrónica de consumo a plataformas de alta complejidad —servidores empresariales y de IA, electrónica automotriz, racks de centros de datos, PCBA de alta densidad—, atrayendo inversiones y reconversiones de planta (Secretaría de Economía, 2024; INEGI, 2023).

- ▶ **Servicios complementarios:** además del ensamble, proliferan actividades de prueba, reparación, configuración final y cumplimiento (fulfillment), que reducen lead times hacia el cliente final y aumentan la resiliencia ante variabilidad de demanda (Gereffi, 2018; Foxconn, 2023).

Como región, Juárez mantiene ventajas en logística y tiempos, mientras enfrenta el reto de convertir dichas ventajas en mayor contenido local y densidad tecnológica. Las empresas taiwanesas en Ciudad Juárez operan en segmentos de frontera tecnológica, con implicaciones directas en procesos, calidad y habilidades:

Segmentos productivos de alta tecnología

- ▶ **Servidores empresariales y de inteligencia artificial:** integración de más de 10,000 componentes por unidad; exigencias de control térmico (liquid cooling), trazabilidad y validaciones de NPI.
- ▶ **Electrónica automotriz (EVs):** tarjetas madre de alta densidad (hasta 20,000 componentes), computadoras de viaje y módulos críticos bajo estándares IATF 16949 y Core Tools.
- ▶ **PCBA y SMT avanzados:** ensamble de tarjetas con protocolos de cuarto limpio, control ESD (ANSI/ESD S20.20) e inspección óptica automatizada; retrabajo microscópico de alto valor (IPC).
- ▶ **Componentes estructurales y mecánicos:** carcasas metálicas y plásticas, extrusión, pintura y acabados con tolerancias estrechas; integración mecánica-electrónica.
- ▶ **Servicios posventa y reparación:** centros de servicio para productos de consumo y consolas, que sostienen la satisfacción del cliente y la circularidad de activos.

La combinación de electrónica de alto desempeño, procesos de cuarto limpio y gestión térmica posiciona a Juárez como un hub clave para cómputo de alto rendimiento, infraestructura de datos y e-movilidad en América del Norte (USITC, 2023; Secretaría de Economía, 2024).

Los segmentos de servidores de IA y electrónica automotriz ofrecen una "escalera" hacia mayor valor agregado, pero exigen metrología de frontera, control térmico, trazabilidad y certificaciones transversales (Gereffi, 2018; Wistron, 2023).

Encadenamientos locales y políticas de oferta

Para romper la dependencia de insumos críticos, se requieren estrategias de atracción selectiva de proveedores de PCBs vírgenes, químicos y resinas, con esquemas de incentivos condicionados a transferencia tecnológica y compras locales, además de ajustes operativos en devolución de IVA para nivelar señales de precio (Secretaría de Economía, 2024; OCDE, 2023).

Capital humano y gobernanza del talento

Un portafolio regional de certificaciones, inglés técnico y rutas de progresión "basadas en competencias" puede reducir rotación y mejorar la productividad de NPI; alianzas empresa-academia son críticas para acortar la curva de aprendizaje (Index Chihuahua, 2023; INEGI, 2023).

Perfiles técnicos y de ingeniería prioritarios

Ingeniería de procesos SMT y PCBA de alta densidad; metrología y calibración (ISO 17025); mecatrónica y robótica aplicada; ciberseguridad e ISO 27001; dominio de SAP para manufactura avanzada.

Habilidades transversales e idiomas

Inglés técnico como requisito umbral; escasez de perfiles con dominio de mandarín; pensamiento analítico, ownership y resolución estructurada de problemas (A3/8D, SPC/MSA).

La arquitectura de abastecimiento en Juárez refleja principios típicos de cadenas globales de valor en electrónica. Un alto contenido importado de Asia como semiconductores, PCBs vírgenes, componentes pasivos y resinas plásticas, dados los costos relativos, la escala de proveedores y la complejidad tecnológica (OCDE, 2023; INEGI, 2023). Los insumos densos y de alto valor (chips, pasivos) se importan por vía aérea; materiales voluminosos de bajo valor se producen/adquieren localmente (empaques, MRO), concentrando la integración local en insumos indirectos (Gereffi, 2018; Index Juárez, 2023).

En suma, el binomio "insumos críticos + talento especializado" es la palanca central para transitar de la integración final a un ecosistema con mayor densidad de ingeniería y servicios avanzados. Con estas capacidades, Ciudad Juárez puede afianzar su rol en servidores de IA, electrónica automotriz y PCBA de alta densidad, capturando una mayor porción de la curva de valor regional y reforzando su resiliencia competitiva.



2. Principales elementos del diagnóstico

Este diagnóstico sintetiza, con base en las entrevistas realizadas recientemente, los problemas estructurales de las cadenas de valor y las necesidades de recursos humanos en firmas taiwanesas líderes (Foxconn, Pegatron, Wistron). Se adopta un enfoque de "cuello de botella" para identificar causas-raíz, impactos en productividad y competitividad, e implicaciones de política y gestión.

2.1 Diagnóstico de cadenas de valor (CV)

2.1.1 Dependencia crítica de insumos asiáticos

La integración de proveedores nacionales en el componente tecnológico es prácticamente nula. Las empresas operan como centros de transformación avanzada de materiales importados masivamente.

a) Material directo importado: Existe un consenso en que más del **90% de los insumos provienen de Asia** (principalmente China y Taiwán). En el caso de Foxconn, el componente local alcanza apenas un 7%, concentrado en empaque.

b) Semiconductores y CPUs: La dependencia es del **100%**. Componentes críticos como circuitos integrados, "mega chips" para servidores y cristales no existen en el mercado mexicano y se importan de Asia o Europa.

c) PCBs (Tablillas de Circuito Impreso): Aunque plantas como Foxconn tienen capacidad interna para el ensamble y fabricación de ciertas tablillas, los insumos base provienen totalmente de Asia. Pegatrón confirma que las tablillas vírgenes se compran en Asia, ya que no hay proveeduría local competitiva.

d) Componentes pasivos: Capacitores, diodos y resistencias, esenciales para la teoría electrónica, son importados en su totalidad.

e) Resinas plásticas: Incluso para la inyección de plásticos (carcasas), la materia prima base (gránulos de resina) no es de origen nacional y debe importarse, lo que encarece la producción local.

Impacto

La industria local es altamente vulnerable a disrupciones logísticas globales y depende de tiempos de entrega extendidos, limitando el valor capturable en México a la transformación y ensamble, sin participación en la creación de los componentes base.

2.1.2 Estructura de costos y barreras a la sustitución

La sustitución de importaciones por proveeduría local enfrenta una barrera económica insuperable bajo las condiciones actuales.



a) Diferenciales de costo — PCBs y Metalmecánica: Pegatron reporta que cotizar tablillas o estampado de metal con proveedores locales resulta hasta **5 veces más caro** que traerlo de Asia. Wistron corrobora este dato, recibiendo cotizaciones hasta **3 veces más altas**.

b) Escala y Tecnología: Además del precio, existen brechas de calidad. Wistron señala que insumos técnicos locales, como los stencils para soldadura, no alcanzan los acabados requeridos, afectando la estabilidad del proceso.

c) Insumos básicos: Productos como uniformes o batas antiestáticas pueden costar el triple en México (32 USD) frente a la opción asiática (10 USD).

Impacto

Existe un desincentivo económico estructural para localizar eslabones críticos. La industria se ve forzada a mantener el ensamblaje final como actividad principal, ya que los proveedores locales no tienen la escala ni la base petroquímica para competir.

2.1.3 Logística "Freight of Air"

La lógica de abastecimiento divide los insumos por su relación valor-volumen.

a) Importación Aérea/Marítima: Los componentes de alta densidad tecnológica y valor (chips, capacitores, PCBs) se traen de Asia o Europa porque su costo de flete es justificable frente a su valor.

b) Abastecimiento Local (Volumen): Los materiales voluminosos y de bajo valor técnico, cuyo transporte es costoso por ocupar mucho espacio ("transportar aire"), son los únicos que se adquieren localmente: cajas de cartón, tarimas, esquineros y plásticos de embalaje.

Impacto

El espacio de integración local está confinado a MRO (Mantenimiento, Reparación y Operaciones) y empaque sin generar un efecto de arrastre hacia procesos químicos o de semiconductores.

2.1.4 Marco IMMEX y efectos regulatorios

El marco fiscal y aduanero actual actúa, paradójicamente, como un freno al desarrollo de proveedores nacionales.

a) Desventaja del flujo de caja (IVA): El programa IMMEX permite importar temporalmente sin pagar IVA al momento. Sin embargo, comprar a un proveedor nacional implica pagar el 16% de IVA y solicitar su devolución posterior. Este proceso es lento y burocrático, haciendo financieramente más atractivo importar.

b) Reglas cambiantes (Wistron): La incertidumbre generada por los cambios constantes en las reglas de operación del SAT y criterios de comercio exterior genera riesgos de clasificación arancelaria, especialmente para componentes de IA.

c) Falta de Guía (SOP): No existe un procedimiento estándar para el inversionista. Los trámites de permisos (Economía, Trabajo, Medio Ambiente) son un laberinto sin mapa claro, tomando más de un año para obtener el programa IMMEX.

Efecto sistémico

El sesgo regulatorio favorece la importación y desalienta la compra nacional, perpetuando la dependencia externa.

10

2.1.5 Infraestructura habilitante y riesgos operativos

La expansión industrial está severamente limitada por la incapacidad del Estado para proveer servicios básicos, trasladando la carga de infraestructura pública al capital privado.

a) Energía — Insuficiencia: No hay capacidad disponible para demandas de alta densidad (ej. 20 MW para servidores de IA). Inversiones mayores, como la de TSMC, no aterrizaron en Juárez por falta de luz.

Subvención Privada: Las empresas deben realizar aportaciones millonarias. Pegatron tuvo que invertir 12 millones de dólares en subestaciones de alta tensión y líneas de transmisión para donarlas a la CFE, enfrentando tiempos de conexión de hasta **3 años** debido a la burocracia de la CENACE y CFE.

b) Agua y Drenaje: La Junta de Aguas condiciona la factibilidad de servicios a que las empresas compren terrenos y construyan estaciones de bombeo para la red pública, actuando como desarrolladores de infraestructura urbana forzados.

c) Logística urbana y Movilidad: Las inundaciones recurrentes y el mal estado de las vialidades en zonas industriales (como San Jerónimo) afectan el flujo logístico y de personal. El transporte de personal presenta tiempos de traslado de hasta 2 horas por trayecto.

2.1.6 Efectos en competitividad y resiliencia

a) Lead times y time-to-market: La presión en los tiempos de entrega se ve exacerbada no solo por la logística internacional, sino por los cuellos de botella locales en aduanas y la falta de infraestructura vial eficiente hacia los cruces fronterizos.

b) Escalabilidad limitada: La capacidad de crecimiento está topada por la energía eléctrica. Aunque existe la demanda y el espacio (terrenos), la falta de electrones detiene la instalación de nuevas líneas de alta tecnología.

c) Soporte Técnico: La dependencia de maquinaria y tecnología propietaria asiática implica que, ante fallas críticas, el soporte técnico local es insuficiente, dependiendo de expertos que deben viajar desde Asia, lo que aumenta los tiempos de inactividad.

Conclusión de competitividad

La región presenta una alta exposición a shocks externos y carece de amortiguadores locales robustos. La competitividad se sostiene por la cercanía a EE.UU. y la mano de obra, pero está amenazada por la inviabilidad técnica de expandir operaciones energéticamente intensivas.



3. Diagnóstico de Recursos Humanos (RH)

Este diagnóstico analiza cómo la evolución tecnológica de la industria en Ciudad Juárez ha transformado radicalmente las exigencias laborales, creando una brecha entre la oferta de talento local y las necesidades operativas de las plantas de alta tecnología.

3.1 Transición de perfiles y densidad de conocimiento.

La industria ha dejado de ser una operación basada en el volumen de mano de obra barata para convertirse en una operación intensiva en conocimiento técnico. La complejidad de los nuevos productos hace imposible depender únicamente de habilidades manuales.

a) De mano de obra a conocimiento: La fabricación de servidores de Inteligencia Artificial (con más de 10,000 componentes) y tarjetas para Vehículos Eléctricos (hasta 20,000 componentes) requiere una precisión microscópica que supera la capacidad humana. Esto ha desplazado al operador tradicional en favor de ingenieros capaces de gestionar procesos automatizados, materiales avanzados y controles de calidad estrictos.

b) Cambios observados por empresa:

Pegatrón	Ha experimentado una reconfiguración drástica, donde aproximadamente el 30% de su plantilla actual es de ingeniería. Utilizan robótica propietaria diseñada internamente, cuyas especificaciones son secretos industriales tan protegidos que ni siquiera los clientes tienen acceso total a ellos.
Foxconn	Ha apostado por la integración vertical, controlando desde la inyección de plásticos y metalmecánica hasta el ensamble de PCBA. Están migrando hacia la autosuficiencia técnica mediante la certificación de laboratorios internos bajo la norma ISO 17025 para calibración y pruebas.
Wistron	Aunque dependen de directrices corporativas para el diseño del producto, la planta posee autonomía operativa para desarrollar soluciones de automatización local, permitiéndoles escalar sus líneas para manejar la complejidad de los racks y servidores de IA.

3.2 Brechas de hard skills críticas

Existe un desajuste entre los planes de estudio locales y la realidad de la planta. Las empresas reportan dificultades severas para encontrar especialistas en las siguientes áreas técnicas:

a) SMT avanzado y rework microscópico (IPC): El perfil de ingeniero de SMT existente en la región está diseñado para tecnologías anteriores (como celulares). Faltan especialistas capaces de manejar la densidad de componentes de los servidores actuales y técnicos certificados en estándares IPC para la reparación (rework) de estas unidades de alto valor.

b) Programación de PLCs y mecatrónica: Hay una saturación de ingenieros en sistemas enfocados en software administrativo, pero una escasez de ingenieros mecatrónicos capaces de programar robots y PLCs en las líneas de producción.

c) Procesos físicos de frontera: Se reporta una carencia casi total de ingenieros expertos en procesos industriales físicos como moldeo, pintura y extrusión. Además, la nueva ola de servidores de IA demanda conocimientos en gestión térmica (liquid cooling) y protocolos para operar en cuartos limpios.

d) Ciberseguridad y SAP: Faltan ingenieros especializados en ciberseguridad (ISO 27001) y expertos que dominen todos los módulos del sistema SAP; actualmente, estos roles se cubren con personal que aprende sobre la marcha.

e) Analítica y scripting: Se empieza a requerir el uso de lenguajes como Python para el monitoreo de producción y análisis de datos en tiempo real, una habilidad que no es común en el grueso de los egresados actuales.

3.3 Idioma y soft skills como filtros eliminatorios

Más allá de lo técnico, las habilidades comunicativas y conductuales actúan como el filtro más agresivo en el proceso de contratación.

a) Inglés técnico: Es la barrera principal. En empresas como Foxconn y Pegatron, las entrevistas técnicas son conducidas frecuentemente por directivos asiáticos. Candidatos técnicamente aptos son descartados inmediatamente por falta de fluidez para comunicar problemas complejos o entender instrucciones técnicas.

b) Mandarín: Se considera una habilidad "unicornio". Existe una escasez extrema de perfiles locales que hablen chino, lo que representa una oportunidad estratégica no explotada para la formación de micro-cohortes que sirvan de enlace cultural y técnico.

c) Ownership y pensamiento analítico: La automatización exige pasar del "hacer" al "analizar". Las empresas detectan un déficit en la capacidad de diagnóstico de causa-raíz y proactividad. Se buscan ingenieros que gestionen conflictos y tomen decisiones autónomas cuando la maquinaria falla.

3.4 Mercado laboral y fricciones

La escasez de talento ha generado un entorno de competencia feroz y costos operativos adicionales para las empresas.

a) "Piratería" de especialistas: Existe una guerra de talento entre las grandes maquiladoras (Foxconn, Wistron, Pegatron), que recurren a robarse mutuamente a los ingenieros y técnicos especializados mediante ofertas salariales agresivas, generando alta rotación e inestabilidad en los equipos críticos.

b) Atracción limitada desde hubs externos: Aunque se intenta reclutar en zonas con experiencia automotriz como Puebla y Querétaro, el éxito es limitado. Los candidatos rechazan las ofertas debido a la percepción negativa sobre la seguridad y el clima extremo de Ciudad Juárez.

c) Costos de retención (Infraestructura privada): Para retener al personal y mitigar problemas urbanos, las empresas deben asumir costos que corresponderían al estado. Pegatron ha tenido que construir complejos habitacionales para sus empleados y gestionar transporte privado (con trayectos de hasta 2 horas).

3.5 Impacto en productividad

a) Bottleneck de talento: La curva de aprendizaje para puestos especializados es larga (meses). La falta de personal listo para trabajar ralentiza la Introducción de Nuevos Productos (NPI), eleva las tasas de scrap (desperdicio por errores humanos) y encarece la operación al obligar a traer expertos extranjeros para solucionar problemas locales.

b) Riesgo de "downgrading": Si la región no logra proveer el talento necesario para tareas de diseño, validación y mejora de procesos complejos, corre el riesgo de quedar confinada a etapas de menor valor agregado (ensamble y prueba básica), mientras que las funciones de ingeniería avanzada y diseño permanecen centralizadas en Asia o EE.UU.

4. Recomendaciones Estratégicas (CV y RH)

Este apartado propone soluciones concretas para mitigar la dependencia de insumos asiáticos, cerrar la brecha de talento técnico y agilizar la gestión gubernamental, transformando los desafíos actuales en ventajas competitivas para la región.

4.1 Cadenas de valor

El objetivo es transitar de un modelo de ensamblaje de componentes importados a uno de integración regional, reduciendo costos y tiempos de entrega.

4.1.1 Política de insumos base y costos

- ▶ Programas de atracción selectiva: Es urgente implementar incentivos para atraer proveedores de PCBs vírgenes, químicos y resinas plásticas. Actualmente, importar estos insumos de Asia es la única opción viable, ya que la proveeduría local es inexistente o hasta cinco veces más cara. Los incentivos deben condicionarse a que estas empresas transfieran tecnología y escalen su producción para ser competitivas en precio frente a China.
- ▶ Ajustes al tratamiento de IVA (IMMEX): Se debe reformar el flujo de caja para las compras nacionales. Se propone una ventanilla acelerada de devolución o créditos fiscales inmediatos que eliminen el desincentivo financiero y equiparen la compra nacional con la importación.

4.1.2 Infraestructura habilitante

- ▶ Esquemas de cofinanciamiento regulado para energía: Se requiere un marco legal claro que establezca reglas de remuneración o créditos sobre el CAPEX privado invertido en infraestructura pública, garantizando Acuerdos de Nivel de Servicio (SLAs) que reduzcan los tiempos de conexión.
- ▶ Obras pluviales y logística de último kilómetro: La infraestructura vial en zonas industriales como San Jerónimo es crítica; se recomienda priorizar la inversión pública en drenaje pluvial y pavimentación en los corredores logísticos clave.

4.1.3 Estándares y certificación

- ▶ Impulso a laboratorios ISO 17025 regionales: Se debe fomentar la creación de laboratorios regionales acreditados en ISO 17025 para servicios de calibración y metrología, reduciendo la dependencia de enviar equipos al extranjero.

4.2 Recursos humanos

El objetivo es alinear la oferta educativa con la demanda de la Industria 4.0, priorizando la especialización técnica y el dominio del inglés.

4.2.1 Formación y certificación

- ▶ Educación dual universitaria: Las universidades deben actualizar sus planes de estudio para incluir formación práctica en Mecatrónica, procesos SMT y programación de PLCs. Es vital integrar certificaciones industriales reales como IPC, ISO 27001 e IATF 16949 como parte del currículo.
- ▶ Academias corporativas compartidas: Ante la falta de formación en tecnologías de punta como enfriamiento líquido (liquid cooling) para servidores de IA o protocolos de cuartos limpios, se propone crear consorcios de capacitación que utilicen a los "maestros de proceso" para entrenar talento en NPI y tecnologías propietarias.

4.2.2 Idiomas y competencias

- ▶ Inmersión en inglés técnico: El dominio del inglés técnico debe ser un requisito obligatorio de egreso. Adicionalmente, implementar microprogramas de mandarín para puestos clave facilitaría enormemente la transferencia tecnológica.
- ▶ Desarrollo de soft skills: Se deben impartir talleres de resolución de problemas (metodologías A3, 8D) y pensamiento estadístico aplicado (SPC/MSA) para desarrollar la capacidad de diagnóstico y toma de decisiones autónomas.

4.2.3 Atracción y retención

- ▶ Programas de vivienda y movilidad: Se sugiere un cofinanciamiento público-privado para desarrollar vivienda digna cercana a los parques industriales y rutas de transporte seguro y dedicado.
- ▶ Carreras técnicas con progresión clara: Se deben estructurar carreras técnicas con bandas salariales transparentes y rutas de ascenso basadas en la obtención de certificaciones y habilidades específicas.

4.3 Gobernanza y coordinación

El objetivo es reducir la incertidumbre y la burocracia que frenan la inversión, creando un entorno de certidumbre jurídica y operativa.

a) Ventanilla única con SOP: Los inversionistas carecen de una guía clara para instalarse, enfrentando trámites desconectados y lentos. Se debe establecer una ventanilla única que opere bajo un SOP (Standard Operating Procedure) con cronogramas vinculantes para la obtención de programas IMMEX, factibilidades de agua/energía y permisos operativos, eliminando la discrecionalidad y los retrasos.

b) Consejo regional CV+RH: Crear un organismo que reúna a empresas ancla (Foxconn, Pegatron, Wistron), academia y gobierno. Su función será coordinar la demanda futura de habilidades y diseñar roadmaps de desarrollo de proveedores.

c) Métricas y reporting trimestral: Para asegurar la rendición de cuentas, se deben publicar informes trimestrales sobre indicadores críticos: tiempos reales de conexión eléctrica, plazos de devolución de IVA y tiempos de despacho aduanal.

5. Conclusiones

16

- ▶ La estructura productiva de Foxconn, Pegatron y Wistron en Ciudad Juárez está anclada a cadenas de valor globales con una dependencia crítica de insumos asiáticos (>90% del material directo) y con cuellos de botella locales en energía, agua y logística que erosionan la competitividad.
- ▶ La complejidad tecnológica de los productos (servidores de IA, electrónica automotriz, PCBA de alta densidad) exige una transición acelerada hacia perfiles técnicos especializados (SMT avanzado, mecatrónica/robótica, ciberseguridad/ISO 27001, PLCs, SAP), con inglés técnico como requisito umbral y escasez severa de talento.
- ▶ El marco IMMEX y la logística tipo "Freight of Air" refuerzan la preferencia por importaciones temporales de alto valor/masa desde Asia y limitan el desarrollo de encadenamientos locales más allá de MRO y empaque.
- ▶ Las brechas de capacidades y la estructura de costos (local 3-5× más caro vs. Asia en PCBs/estampado/resinas) impiden la sustitución eficiente de importaciones y sostienen un "techo de cristal" para la integración regional.
- ▶ La solución exige una estrategia dual: 1) políticas de oferta para habilitar insumos, energía y laboratorios acreditados; 2) una agenda intensiva de formación y atracción-retención de talento técnico con certificaciones y dominio de inglés.

La competitividad de la manufactura taiwanesa en Ciudad Juárez depende de resolver, de manera simultánea, la dependencia de insumos críticos importados y el déficit de talento especializado. La primera requiere corregir señales de precios y habilitar infraestructura; la segunda, una transformación educativa orientada a certificaciones y a idiomas con fuerte participación empresarial. Sin estas correcciones, la región corre el riesgo de quedar anclada en etapas de menor valor y elevada fragilidad operativa. Con ellas, en cambio, puede capturar una porción mayor de la curva de valor en servidores de IA, electrónica automotriz y PCBA de alta densidad, consolidando un ecosistema más integrado, resiliente y de alto contenido tecnológico.

Para escalar el valor agregado local se requiere:

- ▶ Fortalecer proveedores nacionales en componentes críticos y procesos avanzados.
- ▶ Invertir en infraestructura energética, hídrica y logística, con énfasis en cruces más eficientes y calidad de energía.
- ▶ Profundizar el capital humano técnico e ingenieril y consolidar una gobernanza laboral moderna y transparente.
- ▶ Impulsar sostenibilidad y trazabilidad como ventajas competitivas, respondiendo a estándares ESG de clientes globales.

6. Limitaciones y futuras líneas de investigación

17

El diagnóstico realizado sobre las empresas taiwanesas en Ciudad Juárez no debe leerse como un punto de llegada, sino como una exploración a los temas y futuras líneas de investigación necesarias para el incremento de la competitividad de la región. Los hallazgos presentados en este trabajo permiten identificar tendencias y cuellos de botella que, lejos de ser simples fallos sistémicos, operan como señales de alerta sobre áreas estratégicas que requieren intervención.

6.1 Redes de vinculación: la anatomía de la relación con clientes y proveedores

Una de las líneas de investigación más urgentes consiste en desentrañar la relación estructurada que las plantas mantienen con sus clientes y proveedores. El análisis tradicional ha pecado de miopía al observar únicamente la lógica de la planta instalada o sus procesos internos. Pese a lo expuesto en estudios previos, el comportamiento de estas firmas no puede entenderse de forma aislada; depende íntegramente de la red de vínculos que sostiene su operación cotidiana.

No es lo mismo operar para un comprador global diversificado que para una única entidad matriz que dicta cada paso del proceso. Identificar el nivel de dependencia respecto de estas figuras centrales permitiría comprender los márgenes reales de decisión que tienen las gerencias establecidas en Juárez. Esta distinción es valiosa porque la posibilidad de atraer nuevas inversiones o de impulsar una proveeduría local genuina depende del tipo de contrato y de la libertad operativa de la firma.

Una investigación futura en esta materia debería generar tipologías de clientes y proveedores. El objetivo podría ser la identificación de los nodos críticos de dependencia que hoy actúan como frenos invisibles al desarrollo. Es importante identificar qué relaciones comerciales favorecen el aprendizaje local y la transferencia tecnológica y cuáles mantienen a las plantas atrapadas en funciones limitadas, carentes de autonomía estratégica.

6.2 El mapa funcional: actividades locales frente a la externalización estratégica

Determinar el lugar de Ciudad Juárez dentro de la cadena de valor exige un análisis pormenorizado de las actividades que se realizan en la ciudad frente a las que se coordinan desde otras partes. Esta distinción es importante. Revela, con mucha mayor precisión, qué tan arraigada está la actividad industrial en la ciudad. Hay una gran diferencia entre una operación centrada en el ensamble y pruebas y una que incorpora ingeniería de procesos, validación, diseño o manejo de proveedores avanzados.

Disponer de esta información permitiría identificar qué funciones ya están presentes y cuáles siguen concentradas fuera de la región, lo que sería un importante auxiliar para transitar de una visión genérica de simple "atracción de inversiones" a una estrategia selectiva, que permita atraer o consolidar eslabones de mayor valor. En futuras investigaciones, la construcción de mapas funcionales por empresa y proceso se perfila como una herramienta indispensable.

6.3 Inteligencia territorial mediante el modelado visual de flujos

En ecosistemas productivos donde los materiales cruzan múltiples fronteras y los procesos se distribuyen en una arquitectura fragmentada, la visualización se convierte en una herramienta de inteligencia territorial. Se

recomienda como línea de trabajo el modelado visual de flujos de cadena, abarcando insumos, transformación y mercados destino.

Para una ciudad que aspira a consolidarse como un nodo de manufactura avanzada, esta herramienta es vital para priorizar infraestructura y orientar programas de desarrollo de proveedores. Igualmente, permite comunicar de forma más efectiva a inversionistas y autoridades cuál es la arquitectura real de las cadenas productivas instaladas. La visualización también apoya ejercicios de planeación prospectiva.

Tabla 1. Elementos de flujo sugeridos para el modelo visual.

Elemento del Flujo	Factor Crítico de Riesgo	Oportunidad de Intervención
Insumos Importados	Dependencia transoceánica (Asia).	Simulación de sustitución de importaciones regional.
Procesos Inter-plantas	Logística transfronteriza y tiempos de espera.	Optimización de infraestructura de cruces y parques.
Mercados Destino	Concentración en pocos compradores globales.	Diversificación de mercados y alianzas comerciales.
Nodos de Transformación	Segmentos de bajo valor agregado.	Incorporación de capacidades técnicas y operativas avanzadas.

6.4 Mapeo de habilidades: la radiografía del mercado laboral real

Un factor relevante de la competitividad territorial es el talento. Aunque el diagnóstico identificó una presión creciente por perfiles especializados, una investigación posterior debe profundizar de manera sistemática en la demanda real del mercado laboral. Esto se logra mediante el análisis de vacantes, perfiles requeridos, certificaciones solicitadas y niveles salariales.

Para universidades y centros de capacitación, disponer de esta información permitiría ajustar con rapidez programas académicos y esquemas de formación dual. Para las empresas, facilitaría la planeación de talento y la construcción de rutas de carrera claras. El documento identificó que la transformación tecnológica está desplazando la demanda hacia perfiles complejos en mecatrónica, procesos avanzados, automatización, ciberseguridad y gestión técnica.

6.5 Investigaciones sobre el panorama educativo e industrial

Los hallazgos del diagnóstico en materia educativa abren una agenda prioritaria de investigación aplicada. Se plantea la necesidad de alinear los planes de estudio con certificaciones industriales e impulsar academias corporativas compartidas. Bajo esta óptica, estudiar la efectividad de modelos de articulación educación-industria es un paso lógico. Sería útil comparar el impacto de la formación dual frente a programas cortos de especialización técnica o esquemas de certificación modular.

Conviene investigar con mayor profundidad qué tipo de habilidades blandas están siendo realmente valoradas. El mercado actual premia el pensamiento crítico, la solución estructurada de problemas y la creatividad. En definitiva, las futuras investigaciones deben orientarse a producir evidencia útil para la toma de decisiones y propuestas concretas, construyendo una base sólida para decidir dónde invertir y qué capacidades impulsar.

Fuentes

Foxconn Technology Group. (2023). Annual Report / Sustainability Report.

INEGI. (2023). Estadísticas de la Industria Manufacturera y Programa IMMEX.

Index Chihuahua / Index Ciudad Juárez. (2023). Reportes de empleo, rotación y coyuntura sectorial.

OCDE. (2023). Perspectives on Global Value Chains and Semiconductor Supply.

Pegatron Corporation. (2023). Sustainability and Social Responsibility Report.

Secretaría de Economía (México). (2024). Inversión Extranjera Directa por país y sector; guías IMMEX.

United States-Mexico-Canada Agreement (USMCA/T-MEC). (2020). Texto del tratado.

United States International Trade Commission (USITC). (2023). Supply Chains and Advanced Electronics.

Wistron Corporation. (2023). Sustainability Report.

Glosario Técnico

Backend (Semiconductores): Etapa final en la cadena de valor de los semiconductores que incluye el ensamblaje, prueba (testing) y empaquetado del chip.

CENACE / CFE: El Centro Nacional de Control de Energía y la Comisión Federal de Electricidad. Son las entidades gubernamentales que gestionan la infraestructura eléctrica.

Core Tools: Conjunto de herramientas estadísticas y de gestión de calidad (como APQP, PPAP, FMEA, SPC y MSA) requeridas obligatoriamente por la industria automotriz.

Cuarto Limpio (Clean Room): Entorno de manufactura rigurosamente controlado donde se limita la cantidad de partículas de polvo, así como la temperatura y humedad. Es indispensable para procesos de electrónica automotriz y semiconductores.

EMS (Electronics Manufacturing Services): Empresas como Foxconn y Pegatron que funcionan como "fábricas por contrato", manufacturando productos electrónicos para otras marcas dueñas del diseño.

ESD (Electrostatic Discharge): Protocolos y equipos de seguridad (batas, zapatos conductivos, pisos especiales) diseñados para evitar que la electricidad estática dañe los componentes electrónicos sensibles durante el ensamblaje.

Fixturas: Herramientas de sujeción, moldes o soportes personalizados diseñados para asegurar que una pieza se mantenga en la posición exacta durante el ensamble o prueba.

Freight of Air: Concepto logístico que justifica por qué los materiales voluminosos y de bajo valor se compran localmente: importarlos desde Asia no es rentable porque se pagaría por transportar "volumen vacío".

IATF 16949: Norma internacional de gestión de calidad específica para la industria automotriz. Es un requisito indispensable para las plantas que fabrican componentes para vehículos eléctricos (EV).

IMMEX: Programa del gobierno mexicano que permite a las maquiladoras importar materias primas y componentes temporalmente sin pagar el IVA (16%) al momento de la entrada.

IPC (Association Connecting Electronics Industries): Estándares internacionales técnicos que definen los criterios de aceptabilidad para la soldadura, ensamblaje y reparación de electrónicos.

ISO 17025: Norma que establece los requisitos de competencia para los laboratorios de ensayo y calibración.

ISO 27001: Norma internacional para la gestión de la Seguridad de la Información. Es crítica para plantas como Foxconn y Pegatron para proteger la propiedad intelectual.

Liquid Cooling (Enfriamiento Líquido): Tecnología necesaria para la gestión térmica de los nuevos servidores de Inteligencia Artificial de alto rendimiento.

MRO (Mantenimiento, Reparación y Operaciones): Categoría de compras que abarca materiales indirectos (limpieza, seguridad, repuestos de máquinas) y servicios que no forman parte del producto final.

NPI (New Product Introduction): Fase crítica del proceso industrial donde se transfiere el diseño del cliente a la producción masiva.

ODM (Original Design Manufacturer): Modelo de negocio donde la planta no solo manufactura, sino que también participa en el diseño y configuración del producto.

OEM (Original Equipment Manufacturer): Modelo donde la planta fabrica un producto basándose estrictamente en el diseño y especificaciones provistas por el cliente.

PCB (Printed Circuit Board): La tablilla de circuito impreso "virgen" (sin componentes). Las empresas reportan que deben importarlas de Asia porque fabricarlas en México resulta hasta cinco veces más caro.

PCBA (Printed Circuit Board Assembly): La tablilla una vez que ha pasado por el proceso de SMT y tiene todos los componentes soldados. Es el "cerebro" funcional de dispositivos como servidores o módulos de control automatiz.

PLC (Programmable Logic Controller): Computadoras industriales robustas utilizadas para controlar robots y líneas de producción automatizadas.

Rack Integration: Proceso de ensamble final donde múltiples servidores y equipos de red se instalan, conectan y configuran dentro de gabinetes industriales (racks) listos para ser enviados a centros de datos.

SMT (Surface Mount Technology): Proceso medular de la manufactura electrónica donde los componentes se montan y sueldan directamente sobre la superficie de una PCB mediante robots de alta precisión.

SOP (Standard Operating Procedure): Documento que describe paso a paso un proceso. Las empresas critican la falta de un SOP gubernamental o guía clara para inversionistas.

Stencils: Plantillas metálicas utilizadas en el proceso de SMT para aplicar la pasta de soldadura en la PCB.

Triángulo de Semiconductores: Estrategia regional que vincula Austin (Diseño e Innovación), Phoenix (Fabricación de obleas/Fabs TSMC) y Ciudad Juárez (Backend/Ensamble y Prueba).
