

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Factibilidad de proveeduría de estampado, troquelado, inyección de
plásticos y maquinado en Guatemala para la industria automotriz
mexicana**

Trabajo de graduación presentado por Jose Pablo Lemus Martínez para optar al
grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala,
2025

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Factibilidad de proveeduría de estampado, troquelado, inyección de
plásticos y maquinado en Guatemala para la industria automotriz
mexicana**

Trabajo de graduación presentado por Jose Pablo Lemus Martínez para optar al
grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica Industrial

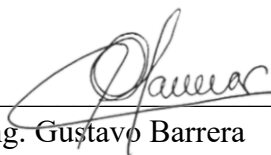
Guatemala,
2025

Asesor



Héctor Francisco Gómez Hernández

Vo.Bo. Director



Ing. Gustavo Barrera
Ingeniería Mecánica Industrial

Fecha de presentación: Guatemala, 18 de noviembre de 2025

Lista de figuras	vii
Lista de cuadros	xi
Resumen	xiii
1. Introducción	1
2. Justificación	2
3. Objetivos	3
3.1 Objetivo general	3
3.2 Objetivos específicos	3
4. Identificación de requisitos	4
5. Revisión del estado del arte	6
5.1 La industria automotriz en México y China	9
5.2 Inversión china en la industria automotriz mexicana	9
5.3 Consideraciones clave para la producción de plásticos por inyección en la industria automotriz	10
5.4 Desafíos y dependencias en la industria automotriz mexicana	10
5.5 Optimización de parámetros para el proceso de estampado automotriz	10
5.6 Factores críticos en la conformabilidad del estampado en caliente	10
5.7 Optimización estructural en carcasas metálicas para paquetes de baterías	11
5.8 Integración de LPBF y CNC en el diseño y producción de componentes automotrices	11
5.9 Normas para la participación en el mercado internacional de autopartes	11
5.10 Evaluación de desempeño en la implementación de la norma IATF16949:2016	12
5.11 Optimización sostenible en la producción automotriz de micro moldeo por sobre inyección	12
5.12 Gestión de riesgos en la cadena de suministro automotriz	13
5.13 Automatización y dinámica del mercado laboral en la industria automotriz en México	13
5.14 Tendencias de la fabricación automotriz mexicana para 2025	13
5.15 Crecimiento y recuperación de la industria de autopartes en México	14

5.16	Tendencias del mercado automotriz en México y el mundo	14
6.	Metodología	12
6.1	Descripción de la metodología.....	12
6.2	Caracterización industrial en Guatemala y del mercado automotriz mexicano de autopartes.....	13
6.2.1	Identificación de necesidades.....	14
6.3	Desarrollo del proceso de producción y distribución de la planta	18
6.3.1	Ubicación de la planta.....	18
6.3.2	Producción de vehículos eléctricos en México	19
6.3.3	Selección de marca automotriz	19
6.3.4	Descripción de los procesos de manufactura	24
6.3.5	Selección de maquinaria y flujo de procesos de producción	31
6.3.6	Distribución de planta de producción	60
6.4	Evaluación del marco legal y regulatorio	65
6.4.1	Regulaciones de transporte internacional y bilateral Guatemala- México	65
6.4.2	Regulaciones ambientales relevantes	65
6.4.3	Marco de comercio internacional.....	66
6.4.4	Legislación laboral.....	66
6.5	Desarrollo del modelo financiero.....	66
6.5.1	Identificación de costos.....	66
6.5.2	Determinación del precio de venta.....	80
6.5.3	Metodología para determinar la factibilidad	80
6.5.4	Evaluación, verificación y validación de resultados	82
6.6	Análisis de riesgos	82
6.6.1	Riesgos internos	82
6.6.2	Riesgos externos	83
6.6.3	Matriz de riesgos.....	84
6.6.4	Estrategias de mitigación	84
7.	Resultados.....	91
7.1	Modelo financiero.....	91
8.	Análisis de resultados o discusión	97
9.	Conclusiones	99
10.	Recomendaciones	100
11.	Bibliografía	101
12.	Anexos.....	109
12.1	Cotizaciones	109
12.2	Planos representativos de bodega.....	109
12.3	Planos de materia prima de aluminio	138

Lista de figuras

1. Diagrama de flujo de la metodología.....	12
2. Pronóstico de producción de vehículos eléctricos en México 2023-2030	13
3. Valor total de mercado y oportunidades de negocio en la industria automotriz en México.....	13
4. Producción por tipo de autoparte en México enero-octubre 2023	14
5. Mapa esquemático del sistema ferroviario del transporte de carga	18
6. Producción de vehículos en México por empresa.....	19
7. Participación del mercado de vehículos eléctricos en Estados Unidos para 2024	21
8. Participación del mercado de vehículos eléctricos en México de enero 2023 a octubre 2024.....	21
9. Producción de vehículos eléctricos en México	22
10. Evaluación del criterio de sostenibilidad	22
11. Estructura interna de laterales metálicos.....	25
12. Estructura básica de la carcasa.....	26
13. Explosión de ensamble de la batería	27
14. Área transversal de los laterales metálicos	28
15. Ensamble completo de la batería	28
16. Placa de conectores para la caja de alto voltaje de la batería vista frontal.....	28
17. Placa de conectores para la caja de alto voltaje de la batería vista trasera.....	29
18. Conector eléctrico de la caja de conexiones de alto voltaje de la batería	30
19. Conector HVA280-40A	35
20. Área proyectada del conector.....	36
21. Carta de ensamble para una carcasa.....	38
22. Efectos de la corriente en la tasa de deposición para alambre de 1.6mm de soldadura MIG en acero y aluminio.....	42
23. Posición de cordones para soldadura automatizada	43
24. Diagrama de operaciones en vista general.....	49
25. Diagrama de operaciones.....	50
26. Polipasto portátil motorizado	62
27. Carro de transferencia de bobinas.....	62
28. Modelo CAD de brackets de sujeción.....	64
29. Modelo CAD de soportes de montaje	64
30. Matriz de riesgos.....	84
31. Análisis de sensibilidad bivariado.....	94
32. Cotización de prensa servohidráulica	109
33. Cotización de sistema de alimentación de 2mm	109
34. Cotización de troqueladora y sistema de alimentación de 3mm	110
35. Cotización de cortadora de perfiles.....	111
36. Cotización de fresadora de torreta	112
37. Cotización de brazo robótico de soldadura	113

38. Cotización de inyectora de plásticos	114
39. Cotización de polipasto portátil	115
40. Cotización de carro de transferencia	116
41. Cotización de montacargas retráctil	117
42. Cotización de racks de almacenamiento	118
43. Cotización de perfiles de extrusión	119
44. Cotización de lana cerámica	120
45. Cotización de soportes de montaje	121
46. Cotización de pellets de PBT-GF30	122
47. Cotización de bobinas de aluminio	122
48. Cotización de Placas de aluminio 6061	123
49. Cotización de contenedor 1	124
50. Cotización de contenedor 2 y 3	125
51. Cotización de contenedor parcial 1	126
52. Cotización de contenedor parcial 3	126
53. Cotización de contenedor 4	127
54. Cotización de contenedor 5	128
55. Cotización de contenedor 6	129
56. Cotización de contenedor 7 y 8	130
57. Cotización de contenedor parcial 2	132
58. Cotización de contenedor 10	133
59. Cotización de contenedor 11	134
60. Diagrama de operaciones	50
61. Polipasto portátil motorizado	62
62. Carro de transferencia de bobinas	62
63. Modelo CAD de brackets de sujeción	64
64. Modelo CAD de soportes de montaje	64
65. Matriz de riesgos	84
66. Análisis de sensibilidad bivariado	94
67. Cotización de prensa servohidráulica	109
68. Cotización de sistema de alimentación de 2mm	109
69. Cotización de troqueladora y sistema de alimentación de 3mm	110
70. Cotización de cortadora de perfiles	111
71. Cotización de fresadora de torreta	112
72. Cotización de brazo robótico de soldadura	113
73. Cotización de inyectora de plásticos	114
74. Cotización de polipasto portátil	115
75. Cotización de carro de transferencia	116
76. Cotización de montacargas retráctil	117
77. Cotización de racks de almacenamiento	118
78. Cotización de perfiles de extrusión	119
79. Cotización de lana cerámica	120
80. Cotización de soportes de montaje	121
81. Cotización de pellets de PBT-GF30	122
82. Cotización de bobinas de aluminio	122
83. Cotización de Placas de aluminio 6061	123
84. Cotización de contenedor 1	124
85. Cotización de contenedor 2 y 3	125
86. Cotización de contenedor parcial 1	126
87. Cotización de contenedor parcial 3	126
88. Cotización de contenedor 4	127

89. Cotización de contenedor 5.....	128
90. Cotización de contenedor 6.....	129
91. Cotización de contenedor 7 y 8.....	130
92. Cotización de contenedor parcial 2.....	132
93. Cotización de contenedor 10.....	133
94. Cotización de contenedor 11.....	134

Lista de cuadros

1. Guía de agrupación de requisitos	16
2. Definición de requisitos	16
3. Criterios de evaluación para la selección del vehículo	20
4. Evaluación del criterio de costos logísticos	23
5. Matriz de decisión para la selección del vehículo.....	24
6. Guía de codificación de componentes	26
7. Guía de codificación de componentes	27
8. Guía de codificación de componentes del conector eléctrico	30
9. Características de la selección de prensa	32
10. Características de la selección de sistema de alimentación BE	32
11. Características de la selección de sistema de alimentación PE	32
12. Características de la selección de sistema de alimentación BE	33
13. Parámetros de corte para brocas HSS con recubrimiento DLC en taladrado.....	33
14. Parámetros recomendados para fresa de carburo sin recubrimiento en fresado lateral.....	33
15. Características de la selección de la fresadora	34
16. Características de la selección del brazo robótico.....	34
17. Factores de fuerza de cierre para termoplásticos	35
18. Características de la selección de la inyectora de plásticos	36
19. Características de la selección de la sierra de corte	37
20. Bill of materials por carcasa	37
21. Características del proceso de maquinado de agujeros	40
22. Rangos de espesores para operaciones de soldadura	41
23. Características físicas de cordones de soldadura de tipo filete	41
24. Estimación de longitud de cordón de soldadura	42
25. Factores de operador para soldadura.....	43
26. Descripción de puntos visuales y rasgos para las inspecciones de proceso	45
27. Tiempos de operación	45
28. Resultados de primera iteración de simulación.....	57
29. Resultados de segunda iteración de simulación	57
30. Resultados de tercera iteración de simulación	57
31. Resultados de cuarta iteración de simulación	58
32. Producción del Mustang Mach-E.....	59
33. Proyección de producción del Mustang Mach-E	59
34. Rendimientos para producción de 30 carcasas diarias de bobinas de aluminio 6061-O.....	60
35. Rendimientos para producción de 30 carcasas diarias de bobinas de aluminio	61
36. Características de paletización para perfiles de extrusión.....	63
37. Características de selección del montacargas	64
38. Costos asociados con la operación bajo el régimen ZOLIC	67

39. Contenedores provenientes del puerto de Qingdao.....	68
40. Contenedores provenientes del puerto de Shanghai.....	69
41. Contenedores provenientes del puerto de Hong Kong.....	70
42. Contenedores provenientes del puerto de Xiamen.....	70
43. Contenedores provenientes del puerto de Xingang, Tianjin	70
44. Clasificación arancelaria	71
45. Costos de los perfiles de extrusión.....	71
46. Costos de materia prima general.....	72
47. Costos de maquinaria y equipo de manejo interno	72
48. Consumo energético mensual de los equipos	73
49. Costos del servicio de energía eléctrica	74
50. Costos de material de embalaje.....	75
51. Costos de transporte en el sistema ferroviario mexicano.....	75
52. Rangos de operación por estación en jornada laboral	77
53. Costos salariales.....	77
54. Costos por hora	77
55. Costos totales de mano de obra directa.....	78
56. Costos totales de mano de obra indirecta.....	78
57. Costos de troqueles y moldes.....	79
58. Valor de salvamento de los activos.....	79
59. Inflación proyectada para material de empaque y materia prima	80
60. Flujos exigidos por la deuda	81
61. Cálculo del WACC	82
62. Matriz de riesgos.....	84
63. Estado de resultados.....	91
64. Flujo de efectivo proyectado.....	92
65. Evaluación de métricas de factibilidad	92
66. Balance general.....	93
67. Análisis de sensibilidad bivariado.....	93
68. Verificación de cumplimiento de requisitos	94

Resumen

Con base en la creciente demanda de vehículos eléctricos en México y las oportunidades de integración para Guatemala en la cadena de suministro automotriz, este trabajo tuvo como propósito evaluar la factibilidad de fabricar en Guatemala y exportar a México carcasas de baterías para el modelo Mustang Mach-E, con un horizonte de operación de cinco años. Para ello, se construyó un modelo financiero que incluyó estado de resultados, balance general y flujo de efectivo, sobre los cuales se estimaron los flujos de caja libre de la firma (Free Cash Flow to the Firm, FCFF) y de los accionistas (Free Cash Flow to Equity, FCFE). La valoración del proyecto se efectuó mediante el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR), aplicando un costo promedio ponderado de capital (Weighted Average Cost of Capital, WACC) de 14.26 % y un costo de capital propio (Cost of Equity, Ke) de 15.28 %. Adicionalmente, se realizaron análisis de escenarios y sensibilidades, tanto univariantes (factores de costo) como bivariantes (relación Precio $\times$ Volumen).

Con el precio de referencia de US\$962.83 por unidad y los volúmenes proyectados, los resultados muestran que el proyecto genera valor, alcanzando una TIR de 15.28 % y un VPN positivo, manteniéndose además por debajo del precio de mercado de US\$1,400.00. La matriz Precio $\times$ Volumen confirma que dicho precio representa el umbral mínimo de factibilidad, evidenciando que una reducción en precios solo puede compensarse con mayores volúmenes de producción. Entre los factores críticos identificados, la materia prima constituye la principal variable que incide en la rentabilidad, mientras que los costos de bodega, herramentales y maquinaria tienen un efecto secundario.

Finalmente, las principales limitaciones del estudio derivan de la falta de información técnica detallada, particularmente en los modelos CAD de componentes. Este vacío responde a que muchos de estos diseños se encuentran patentados constituyendo material propietario de los fabricantes, lo que obligó a plantear supuestos en relación con moldes, troqueles, servicios auxiliares, costos regulatorios, dimensionamiento de planta y certificaciones (ISO/IATF). En consecuencia, algunos costos de inversión y operación podrían encontrarse subestimados.

Introducción

La electrificación de la industria automotriz mexicana y el fenómeno de *nearshoring* abren una ventana para que Guatemala se integre como proveedor de autopartes: entre 2023 y 2030 se proyecta un crecimiento sostenido de vehículos eléctricos en México, mientras los acuerdos comerciales (T-MEC y CAFTA-DR) reducen fricciones y costos logísticos entre ambos países. Este trabajo pretende evaluar de manera rigurosa la factibilidad técnica y económica de producir y exportar componentes (enfocado en carcasas de baterías) desde Guatemala hacia México.

Como antecedentes, México concentra clústeres automotrices consolidados y enfrenta una demanda creciente por *nearshoring*. CBRE (Coldwell Banker Richard Ellis) identifica a la fabricación de autopartes como la actividad más representativa dentro de los procesos de relocalización industrial vinculados al *nearshoring*, mientras que la Asociación Mexicana de Parques Industriales (AMPIP) resalta tanto la consolidación de la infraestructura de parques como el incremento sostenido en la demanda de nuevos espacios. En este contexto, Guatemala puede aprovechar su cercanía y costos competitivos para integrarse en los segmentos *Tier 2* y *Tier 3*, que agrupan a proveedores de componentes y subensambles para fabricantes de primer nivel (*Tier 1*) y, en última instancia, a las armadoras.

El estudio evidenció oportunidades relevantes para la viabilidad del proyecto. La ubicación en el occidente de Guatemala ofrece una ventaja logística por su conexión ferroviaria hacia México, mientras que el marco regulatorio facilita el transporte internacional, las licencias ambientales y las exenciones arancelarias correspondientes a la partida HS 850790. De igual forma, el diseño de la planta, con un área inicial de 1,000 m², contempla una expansión progresiva que permita aumentar la producción y mejorar los tiempos de entrega.

La metodología de la investigación se compone de un análisis multidimensional: identificación de piezas viables y capacidades locales; revisión legal y logística; diseño de planta y selección de maquinaria; construcción de un modelo financiero para estimar flujos y valorar con Valor presente neto y Tasa interna de retorno la decisión de inversión bajo escenarios y sensibilidad.

Justificación

La industria automotriz en México ha mostrado un crecimiento significativo en 2023, consolidándose como el séptimo productor mundial de vehículos, fabricando más de 4 millones de unidades, lo que representa un 3.6% de su PIB nacional (OICA, 2023). Este crecimiento depende en gran medida de una cadena de suministro de materias primas para su subsecuente procesamiento en los procesos de manufactura. Según lo mencionó Manuel Montoya Ortega, director del Clúster automotriz de Nuevo León, "no hay suficientes proveedores de autopartes Tier 2 en la región", lo cual actualmente representa una gran oportunidad para Guatemala por su cercanía geográfica (Montoya Ortega, 2022). La falta de una industria automotriz establecida en Guatemala se debe a diversos factores, como la red de transporte y logística menos desarrollada en comparación con otros países de la región, lo que dificulta la atracción de grandes inversiones industriales, una alta informalidad económica que representa el 49% del PIB, y una alta tasa de pobreza del 55.1% (Banco Mundial, 2024). Considerando la extensión de autopartes Tier 2, el estudio se enfocará en estampados, troquelados, maquinados y plásticos, teniendo estos una relación con industrias que tienen un registro histórico de operación en el país, como por ejemplo Guateplast y TIPSA (CEPAL, 2022).

Para mantener su expansión, la industria automotriz mexicana necesita proveedores confiables de autopartes debido a la evolución de los altos estándares de calidad. Únicamente la producción de vehículos eléctricos en México se proyecta en 10.1 millones de unidades anuales entre 2023 y 2030, según el Instituto Nacional de Autopartes (INA, 2023, citado por USAID, 2023). Al integrar a Guatemala en esta cadena de suministro, se podría reducir significativamente los costos logísticos y los tiempos de entrega para las compañías automotrices en México. Además, los tratados de libre comercio como el T-MEC y CAFTA-DR facilitan el comercio entre estos países, lo que permite que Guatemala obtenga ventajas competitivas. La incorporación de Guatemala en la cadena de suministro automotriz mexicana puede mejorar significativamente su economía local, beneficiando a las comunidades mediante la creación de empleos y el fortalecimiento del sector industrial.

El propósito de este trabajo es proporcionar una evaluación holística sobre la factibilidad técnica y económica de que Guatemala se convierta en un proveedor competitivo de componentes automotrices para la industria mexicana. Al final de la investigación, se espera obtener información detallada sobre las capacidades industriales del país, los beneficios y

desafíos de las leyes y regulaciones, así como las proyecciones financieras necesarias para implementar esta industria. Esta investigación aportará datos concretos y recomendaciones específicas para el desarrollo de la industria automotriz en Guatemala, contribuyendo a mejorar y diversificar su economía. El impacto esperado incluye la creación de empleos, la atracción de inversión extranjera directa y el fortalecimiento del sector industrial. Además, se contribuirá a la literatura académica con nuevos conocimientos sobre las dinámicas de la industria automotriz en contextos emergentes, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones.

Objetivos

3.1 Objetivo general

Evaluar la factibilidad técnica y financiera con un análisis multidimensional de que Guatemala provea plásticos, maquinados, troquelados y estampados para la industria automotriz mexicana.

3.2 Objetivos específicos

1. Identificar las autopartes viables para producir en Guatemala en función de las tendencias del mercado y las capacidades industriales.
2. Evaluar el marco legal y regulatorio de Guatemala para la producción y exportación de autopartes.
3. Identificar desafíos logísticos del ingreso de Guatemala a la cadena de suministro de la industria automotriz mexicana.
4. Proponer el diseño de la planta y seleccionar la maquinaria necesaria para la producción de las autopartes.
5. Desarrollar un modelo financiero para demostrar la rentabilidad de la producción de autopartes en Guatemala.

Identificación de requisitos

La rentabilidad en la manufactura de piezas de plástico a través de procesos de inyección depende de la selección adecuada de materia prima. Es crucial definir el tipo específico de plástico, ya que los costos asociados son fijos y representan una proporción significativa de los costos totales. Un análisis detallado del mercado y del costo del plástico permitirá optimizar los márgenes de beneficio y asegurar la viabilidad económica del proyecto. Para que el modelo de negocio sea rentable, es necesario operar a una escala que justifique la importación de materia prima en volúmenes considerables. Por ejemplo, la importación de un contenedor de 20 toneladas de plástico solo es viable si se garantiza una producción suficiente de piezas que diluya los costos logísticos y de transformación.

La estrategia debe incluir un análisis de la demanda y un dimensionamiento adecuado de la maquinaria necesaria para cumplir con estos volúmenes. En Guatemala, la disponibilidad de mano de obra calificada para la operación de maquinaria de inyección de plásticos es alta, sin embargo, su costo también es elevado. Es esencial contratar personal con experiencia previa para evitar errores costosos durante la fase de arranque de la producción, debido a esto un equipo experimentado puede minimizar los riesgos operativos como accidentes por atrapamiento en el cierre de moldes, y también asegurar un proceso eficiente desde el inicio de la operación.

La ubicación de la planta es un factor crítico, especialmente debido a la inestabilidad en el suministro eléctrico en algunas regiones de Guatemala. Estas interrupciones pueden causar retrasos significativos en la producción, aumentando los costos operativos. Por tanto, es recomendable situar la planta en una zona con un suministro eléctrico confiable y cerca de fuentes de materia prima, lo que también facilitará la logística de importación y transporte.

Finalmente, la industria de plásticos en Guatemala enfrenta riesgos asociados a posibles reformas políticas y económicas, particularmente aquellas que buscan limitar la producción y uso de plásticos. Aunque el crecimiento del sector no se ha detenido, es crucial implementar prácticas de responsabilidad ambiental y explorar opciones como las zonas francas para mitigar riesgos fiscales y asegurar la viabilidad a largo plazo del proyecto (G. Barrera, comunicación personal, 22 de agosto de 2024).

En la manufactura de troquelados y estampados en Guatemala, la importación de lámina de acero enfrenta desafíos significativos debido a la inestabilidad de los costos de flete y los altos aranceles que hacen menos competitivo importarlos, comparado con su adquisición en mercados locales. Adicionalmente, las restricciones del tránsito pesado durante ciertos horarios agravan la logística, aumentando los tiempos de transporte y los costos asociados, afectando directamente la rentabilidad de la operación.

La disponibilidad y calidad de la mano de obra especializada en Guatemala también representa un reto importante, ya que no existen carreras técnicas que formen profesionales en troquelaría o moldes de inyección, lo que obliga a importar troqueles y moldes desde el extranjero en búsqueda de la mejor calidad posible, extendiendo los tiempos de desarrollo y aumentando los costos. La falta de infraestructura local adecuada en términos de talleres para el mantenimiento complica aún más la situación, donde cualquier fallo requiere tiempos prolongados de reparación, dificultando la implementación de sistemas eficientes de costos para la industria manufacturera.

Además, el estado deficiente de carreteras y la falta de un sistema logístico eficiente afectan la entrega de materia prima y producto terminado, generando demoras y encarece la operación. La logística de exportación, aunque ha mejorado en los últimos años para los mercados centroamericanos, sigue enfrentando desafíos en países como Nicaragua, donde los procesos fronterizos son lentos y burocráticos. Por otro lado, la obtención de certificaciones internacionales como ISO 9001, aunque son cruciales para competir en el mercado global, son costosas y carecen de apoyo gubernamental en Guatemala, limitando el desarrollo. La situación política y económica del país también influye negativamente, con una alta carga burocrática y un sistema fiscal que penaliza a los inversionistas, creando un entorno poco atractivo para la inversión extranjera y dificultando la planificación a largo plazo de las empresas que buscan operar en Guatemala (G. Kiehle, comunicación personal, 24 de agosto de 2024).

La manufactura de autopartes derivadas de los procesos de maquinado requiere mano de obra altamente calificada, específicamente para los procesos de diseño, manufactura y operación. Esto representa un desafío, ya que es difícil encontrar personal con experiencia en las tres áreas, esto incrementa los costos de operación debido a la especialización en un solo campo. Por otra parte, la infraestructura industrial de carreteras y puertos son un tema complejo ya que de estos dependen los plazos de entrega de materia prima importada que se necesita para la producción.

El suministro de energía eléctrica para el sector industrial no es un problema, en general hay un trato directo con las comercializadoras. Sin embargo, también depende de la ubicación ya que la cobertura puede no llegar o no ser lo suficientemente constante. Por parte del software necesario ya que la manufactura es de autopartes previamente diseñadas no es necesario tener licencias de software CAD, por lo que más que todo se necesita de software especializado en maquinados como Master Cam.

Para la producción de autopartes tendría sentido un volumen alto y continuo, esto requiere que la selección de maquinaria CNC sea la adecuada en términos de sus capacidades. Algunas marcas muy buenas para altos volúmenes de producción son de marcas como Doosan o DMG Mori (R. Aragón, comunicación personal, 27 de agosto de 2024).

Los requisitos identificados a partir de estas entrevistas se presentan en el capítulo 6, sección 6.2.2 junto con los demás requerimientos que busca completar el presente trabajo.

Revisión del estado del arte

5.1 La industria automotriz en México y China

La integración de la industria automotriz de China en México presenta una oportunidad notable para ambos países. Aprovechando su posición como el mayor productor de vehículos del mundo y su continua expansión global, empresas chinas como BAIC y JAC han ingresado al mercado mexicano. Este desarrollo ha tenido un impacto positivo en el sector automotriz de México a través del aumento de la inversión, la creación de empleo y el desarrollo de infraestructura. La inversión extranjera directa (IED) de China en México ha impulsado la capacidad de producción del sector automotriz y ha brindado una oportunidad a mediano plazo para mejorar el desempeño exportador. La relación complementaria entre México y China en la producción automotriz sugiere un potencial para una mayor integración económica, aunque pueden surgir desafíos en la alineación de los marcos regulatorios y la mejora de las capacidades tecnológicas locales. La expansión de las empresas chinas en México también incrementa la competencia con otras firmas multinacionales, lo que conduce a un mercado automotriz más diverso y competitivo en México (J. Gachúz, M. Montes. 2020).

5.2 Inversión china en la industria automotriz mexicana

La inversión extranjera directa (IED) para la industria automotriz de México está significativamente motivada por condiciones de demanda favorables y factores estratégicos de ubicación. La proximidad a Estados Unidos, la presencia de ensambladoras automotrices globales, las economías de aglomeración y las importantes ventajas proporcionadas por el T-MEC han convertido a México en un objetivo principal para las inversiones provenientes de China. A pesar del crecimiento de la IED china, persisten varios desafíos, particularmente en la integración de estas inversiones en las cadenas de suministro locales de México debido a una fuerte dependencia de insumos importados. El T-MEC introduce nuevos desafíos para el cumplimiento con los requisitos de adquisición de acero y aluminio, lo que podría afectar las estructuras de costos y el posicionamiento competitivo de las empresas que operan en el sector automotriz de México (S. Ortiz, J. Prudencio, 2022).

5.3 Consideraciones clave para la producción de plásticos por inyección en la industria automotriz

Al establecer nuevas líneas de producción para el moldeo por inyección de plásticos en la industria automotriz, es fundamental considerar factores clave como el diseño óptimo de la instalación, el manejo eficiente de materiales y la selección de maquinaria. El diseño de la instalación debe garantizar una operación económica al mismo tiempo que maximiza la eficacia de la producción. La gestión de materias primas debe incluir la planificación de almacenamiento para apoyar al menos cinco días de producción. Además, la instalación debe estar equipada con la maquinaria y tecnología adecuadas, adaptadas a los componentes automotrices específicos que se van a producir, como parachoques, tableros de instrumentos y guardabarros. Es esencial realizar un análisis detallado de costos, que cubra la inversión de capital y los gastos operativos, para evaluar la rentabilidad (A. Yudianto, H. Tan, Z. Qu, Q. Xue, A.C. Naveen, M. Mushtaq, K.S. Gopi. 2019).

5.4 Desafíos y dependencias en la industria automotriz mexicana

Debido a su integración en el sistema de producción de América del Norte a través de acuerdos como el TLCAN y el T-MEC, la industria automotriz mexicana se ha desarrollado rápidamente hasta convertirse en el séptimo país productor de vehículos más grande del mundo. Sin embargo, este crecimiento ha profundizado la dependencia de México en el mercado estadounidense, con más del 80% de sus exportaciones de automóviles dirigidas a ese país. Si bien estos acuerdos comerciales han impulsado inversiones extranjeras y el crecimiento industrial, también han expuesto debilidades, como el desarrollo limitado de una cadena de suministro doméstica verdaderamente independiente y la vulnerabilidad de la industria a los cambios en las políticas comerciales globales y los avances tecnológicos, incluyendo la transición hacia los vehículos eléctricos (J. Carreto, M. Russo, A. Simonazzi. 2021).

5.5 Optimización de parámetros para el proceso de estampado automotriz

Los factores clave en los procesos de estampado incluyen la fuerza de sujeción de la lámina (BHF), el radio de la esquina del troquel, el coeficiente de fricción y el juego entre troquel y matriz, ya que tienen un impacto significativo en las tasas de adelgazamiento y engrosamiento del material. El equilibrio entre los riesgos de arrugas y grietas se puede lograr optimizando la BHF, mientras que ajustar el radio de la esquina del troquel y el coeficiente de fricción mejora el flujo del material y la formabilidad. Aunque el juego del troquel tiene un impacto menor, su papel en garantizar la precisión es significativo. La optimización adecuada de estos parámetros, respaldada por herramientas de simulación como Dynaform, es esencial para reducir defectos, disminuir los costos de producción y mejorar la eficiencia general del proceso (R. Perera. 2014).

5.6 Factores críticos en la conformabilidad del estampado en caliente

Al analizar la conformabilidad del estampado en caliente para piezas de carrocería automotriz, es fundamental considerar varios factores esenciales. El grosor inicial de la lámina es importante, ya que las láminas más gruesas tienen una mayor capacidad térmica,

lo que retrasa el enfriamiento y afecta la conformabilidad. Comenzar con una temperatura de lámina más alta, particularmente alrededor de 850°C, reduce la deformación por grosor y retrasa la fractura, mejorando la transformación de fase a martensita. El coeficiente de fricción también influye en la deformación por grosor; una fricción más baja permite un mejor flujo del material y reduce los defectos. Además, la sensibilidad a la tasa de deformación impacta la deformación del material, afectando la conformabilidad general. Estos son parámetros críticos para optimizar el proceso de estampado en caliente y producir componentes automotrices de alta calidad (Y. Kang Ho, K. Heung-Kyu. 2021).

5.7 Optimización estructural en carcasas metálicas para paquetes de baterías

El diseño de carcasas metálicas para baterías de vehículos eléctricos se basa en una combinación de diferentes criterios de diseño como la resistencia mecánica, disipación térmica y disminución de peso. Estas utilizan aleaciones de aluminio que ofrecen una relación óptima entre peso y propiedades mecánicas de resistencia, incorporando en su estructura elementos internos de refuerzo que aumentan la resistencia al impacto y minimizan deformaciones en caso de colisión asegurando que haya estabilidad del sistema de almacenamiento de energía del vehículo y evitando pérdidas de su valor. Por otra parte, la implementación de cámaras selladas y separaciones térmicas dentro de la carcasa mejora la disipación de calor, previniendo el sobrecalentamiento de las celdas de batería, además, el diseño modular de estas estructuras facilita el ensamblaje y el mantenimiento del paquete de baterías. (Gao, F., Wang, G., & Zhou, Z. 2024).

5.8 Integración de LPBF y CNC en el diseño y producción de componentes automotrices

Al diseñar componentes automotrices para producción, un enfoque integral que integre tanto la Fusión en Lecho de Polvo por Láser (LPBF) como el mecanizado CNC puede ofrecer beneficios significativos. La LPBF es un proceso de manufactura aditiva que utiliza un láser para fundir y fusionar partículas de polvo, capa por capa, creando una pieza completa de forma precisa y controlada. Este método es particularmente útil para piezas complejas y permite una gran flexibilidad en el diseño. Al centrarse en factores como la optimización topológica, la simulación de procesos y el diseño para el acabado, es posible crear componentes que cumplan con estrictos estándares funcionales y estructurales, mientras se minimizan los problemas de producción. Para tamaños de lote más grandes, la LPBF tiende a ser más rentable y eficiente en términos de tiempo en comparación con el CNC, lo que la convierte en una opción preferible en muchos casos. Sin embargo, para lotes muy pequeños, el CNC aún podría ser más ventajoso en términos de costo. En general, combinar conocimientos de diseño y manufactura es clave para producir piezas automotrices de alta calidad de manera eficiente y económica (E. Bassoli, S. Defanti, E. Tognoli, N. Vincenzi, L. Degli Esposti, 2021).

5.9 Normas para la participación en el mercado internacional de autopartes

Para participar en el mercado internacional de autopartes, las empresas deben cumplir con las normas IATF 16949:2016 e ISO 9001:2015, que son esenciales para garantizar la calidad y confiabilidad de los productos. La IATF 16949:2016 es una norma específica para

la industria automotriz que combina los requisitos de los sistemas de gestión de calidad de la ISO 9001:2015 con requisitos adicionales específicos del sector automotriz. Estos requisitos adicionales incluyen enfoques más rigurosos en la prevención de defectos, la reducción de la variabilidad y la mejora continua en toda la cadena de suministro automotriz. Además, la IATF 16949:2016 exige procesos de auditoría más estrictos, gestión de riesgos específicos del sector, control detallado sobre proveedores, y procedimientos para la trazabilidad de piezas y componentes, lo que asegura un control de calidad superior en cada etapa de producción (International Automotive Task Force, 2016).

Por otro lado, la ISO 9001:2015 establece los criterios generales para un sistema de gestión de calidad que asegura que los productos y servicios cumplan consistentemente con los requisitos del cliente y las normativas aplicables. A diferencia de la IATF 16949:2016, la ISO 9001:2015 es una norma más amplia y aplicable a cualquier sector, sin requerimientos específicos de la industria automotriz. Estas certificaciones son cruciales para acceder y competir en mercados internacionales, donde la calidad y la conformidad con estándares globales son fundamentales (International Organization for Standardization, 2015).

5.10 Evaluación de desempeño en la implementación de la norma IATF 16949:2016

La implementación de la norma IATF 16949:2016 en un proveedor automotriz mejoró 22 de 24 indicadores clave de rendimiento, optimizando procesos, reduciendo desperdicios y mejorando la eficiencia de costos. Esto se reflejó en una mayor rentabilidad y liquidez, al disminuir los costos de mala calidad y envíos excesivos. La satisfacción del cliente aumentó significativamente gracias a la mejora en la calidad del producto y las entregas puntuales, fortaleciendo relaciones comerciales y mejorando la reputación de la empresa. Internamente, la norma optimizó los flujos de trabajo, redujo errores y desperdicios, y mejoró el uso de recursos, aumentando la eficiencia operativa. Además, el enfoque en la capacitación del personal contribuyó a una mayor retención y a una fuerza laboral más capacitada. Las iniciativas de formación continua prepararon a los empleados para manejar nuevos procesos y tecnologías, promoviendo una cultura de calidad y mejora continua en toda la organización (B. KESİCİ, M. YILDIZ. 2022).

5.11 Optimización sostenible en la producción automotriz de micro moldeo por sobre inyección

Una estación de micro moldeo por sobre inyección de termoplásticos es capaz de mejorar la sostenibilidad ambiental y la eficiencia general de una línea de producción automotriz, específicamente para cables Bowden utilizados en los sistemas de tracción de algunos vehículos. El nuevo equipo está diseñado para reemplazar maquinaria grande y con alto consumo energético, lo que reduce significativamente el consumo de energía y los costos de fabricación, manteniendo al mismo tiempo altos niveles de producción. La máquina está configurada para integrarse sin problemas en las líneas de producción existentes con una interrupción mínima y puede procesar diversos materiales. El retorno de la inversión (ROI) para este nuevo equipo se calcula en 1,2 años, basándose en la eficiencia energética mejorada y en los menores costos operativos debido al tamaño reducido y la alta capacidad de producción del equipo, lo que demuestra su viabilidad económica y su contribución a prácticas de manufactura más sostenibles (A. Vieira, R. Campilho, F. Silva, L. Ferreira, 2021).

5.12 Gestión de riesgos en la cadena de suministro automotriz

La gestión de riesgos en la cadena de suministro es especialmente importante en la industria automotriz para preservar la ventaja competitiva y garantizar el funcionamiento fluido de las operaciones. Los principales riesgos están mayormente asociados con interrupciones en el suministro, factores ambientales, fluctuaciones en la demanda y fallos operativos, todos los cuales pueden afectar gravemente el rendimiento y la continuidad de la cadena de suministro. Priorizar estos riesgos permite a las empresas asignar recursos de manera eficiente y concentrarse en las áreas más críticas. La gestión proactiva de estos riesgos fortalece la resiliencia, mantiene la continuidad y fomenta relaciones con socios y partes interesadas, lo que en última instancia mejora la competitividad y sostenibilidad de las empresas (G. Costa, C. Toledo, U. Rébula. 2020).

5.13 Automatización y dinámica del mercado laboral en la industria automotriz en México

La automatización en la industria automotriz de México ha tenido un impacto notable en el mercado laboral, pero, contrariamente a lo esperado, no ha generado una reducción significativa de empleos. De hecho, la industria ha podido mantener e incluso aumentar su fuerza laboral. Esto se debe en gran medida al papel de México en la producción de vehículos de bajo costo para la exportación, especialmente hacia los Estados Unidos, donde se mantiene un equilibrio crucial entre la automatización y la mano de obra humana. La automatización ha mejorado la productividad, pero muchas tareas aún requieren trabajo manual, ya sea por la flexibilidad necesaria o por el alto costo de automatizar completamente esos procesos. Para mantenerse competitiva, es esencial que la fuerza laboral continúe desarrollando habilidades que complementen la automatización a medida que evolucionan las cadenas de suministro globales (G. Pérez, .2022).

5.14 Tendencias de la fabricación automotriz mexicana para 2025

Desde 2025, la industria automotriz de México enfrentará retos significativos para mantener su competitividad en el mercado internacional. La importancia de incorporar tecnologías de vanguardia, tales como las fábricas inteligentes y los sistemas de producción ciberfísicos, será crucial para mejorar procesos y disminuir gastos. Estos sistemas fusionan la automatización, sensores y el análisis de información en tiempo real, lo que facilita un incremento en la eficacia operacional y una personalización más amplia de los productos. Además, la transformación digital de las cadenas de valor posibilitará que las compañías respondan con más rapidez a las exigencias del mercado y se ajusten a variaciones rápidas en los gustos de los consumidores. No obstante, para alcanzar este cambio, será esencial la cooperación entre el sector privado, el gobierno y los centros educativos, fomentando la inversión en infraestructura tecnológica y en la formación de los empleados. Esta colaboración estratégica es crucial para garantizar una transición exitosa hacia la Industria 4.0 y fortalecer la posición de México como un núcleo de producción competitiva en la era digital. (Banco Interamericano de Desarrollo, 2022).

5.15 Crecimiento y recuperación de la industria de autopartes en México

En 2023, la industria de autopartes en México experimentó un crecimiento significativo,

con una producción que alcanzó los \$101,279 millones de dólares, un 17.5% más que en 2022. La región norte, con estados como Coahuila y Nuevo León, lidera el sector con el 43.2% de la producción total. Los segmentos de mayor crecimiento incluyeron autopartes eléctricas, transmisiones y suspensiones, con incrementos notables en su valor. Las exportaciones hacia Estados Unidos dominaron, representando más del 87% del total. Además, la creación de empleo en el sector se mantuvo fuerte, con un promedio de 897 mil personas empleadas durante el año. Los cinco principales estados productores abarcan el 57.5% del total de la producción, destacando Coahuila y Guanajuato. Las cifras reflejan una recuperación postpandemia, superando los niveles previos a 2019, y la consolidación del país como uno de los principales proveedores de autopartes a nivel global (A. Cortés, 2023).

5.16 Tendencias del mercado automotriz en México y el mundo

El mercado automotriz ha experimentado un cambio significativo hacia los vehículos eléctricos (VE), impulsado por compromisos políticos y avances tecnológicos. A lo largo de las décadas, los VE han sido considerados una alternativa limpia a los vehículos con motor de combustión interna (ICE), aunque su adopción fue inicialmente lenta debido a problemas de infraestructura y costo de las baterías. Sin embargo, a partir de 2017, varios gobiernos anunciaron su intención de prohibir los vehículos ICE, lo que impulsó a los fabricantes a acelerar el desarrollo de modelos eléctricos. En respuesta, empresas líderes como Tesla, General Motors y Volkswagen se comprometieron a lanzar múltiples modelos de VE en los próximos años. Uno de los principales obstáculos para la adopción masiva de los VE ha sido el precio de las baterías, aunque los costos han disminuido significativamente desde 2010. En 2016, el costo promedio de las baterías de iones de litio era de \$227 por kWh, pero se proyecta que estos precios seguirán cayendo, acercándose al umbral de \$100 por kWh, que haría competitivos a los VE frente a los ICE sin subsidios (Wells & Weinstock, 2021).

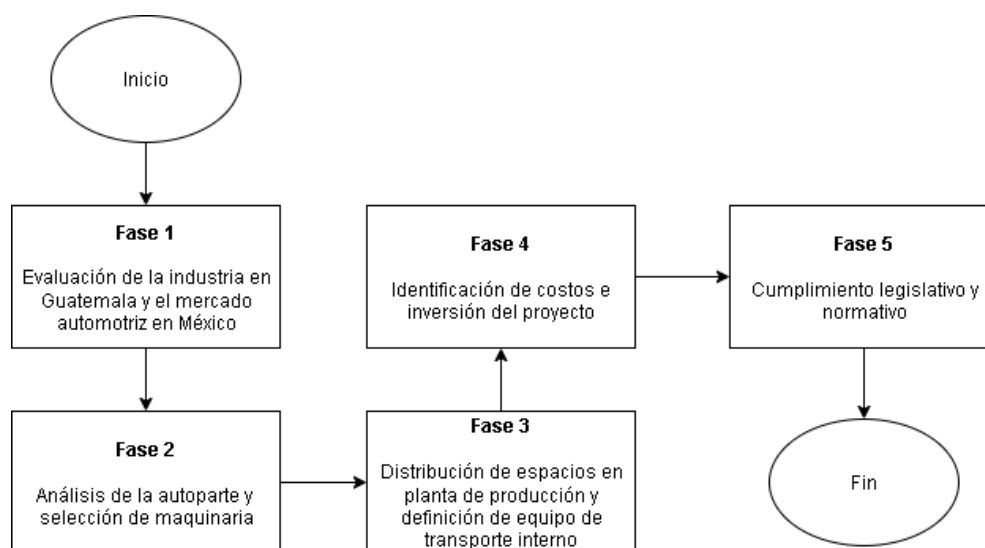
Los compromisos políticos en Europa y Asia también han influido en el mercado de los VE. Países como el Reino Unido, Alemania y Noruega han establecido fechas límite para la venta de vehículos ICE, lo que ha obligado a los fabricantes de automóviles a adaptar sus líneas de producción. Empresas como Volkswagen, Toyota y Honda han anunciado inversiones multimillonarias en la electrificación de sus flotas. Volkswagen, por ejemplo, planea invertir \$40 mil millones en vehículos eléctricos y autónomos para 2025.

Estados Unidos incentiva la adopción de vehículos eléctricos mediante un Crédito Fiscal Federal de hasta \$7,500, dependiendo del tamaño de la batería y el fabricante. Además, varios estados ofrecen incentivos adicionales, como exenciones de impuestos, acceso a carriles HOV y descuentos en peajes. El gobierno también ha invertido más de \$5,000 millones en infraestructura para estaciones de carga rápida a lo largo de las principales carreteras del país, facilitando el uso de vehículos eléctricos.

6.1 Descripción de la metodología

La metodología del trabajo se divide en cinco fases. En la primera, se caracteriza el sector industrial en Guatemala y se analiza el mercado automotriz mexicano para identificar las autopartes a producir. En la segunda fase, se diseña el proceso de producción a partir de la información técnica disponible de la autoparte, seguidamente se selecciona la maquinaria requerida para replicar las características geométricas y para cumplir con el objetivo de producción. La tercera fase propone la distribución de espacios en la planta de producción, incluyendo la especificación del equipo necesario para el transporte interno de materia prima y producto terminado. En la cuarta fase se identifican los costos asociados al proceso de manufactura y a la inversión necesaria. Finalmente, en la quinta fase se examina el cumplimiento de normas de transporte, ambientales, comerciales y laborales para garantizar la viabilidad legal del proyecto y optimizar su operación.

Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología

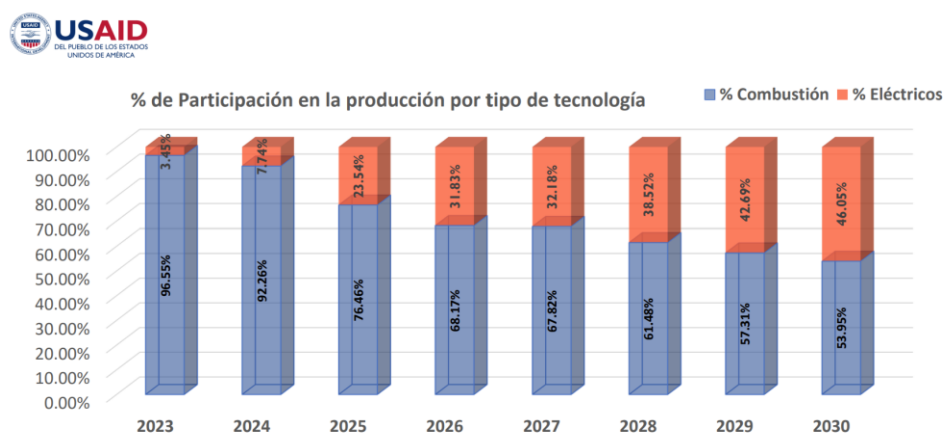


Nota. Elaboración propia.

6.2 Caracterización industrial en Guatemala y del mercado automotriz mexicano de autopartes

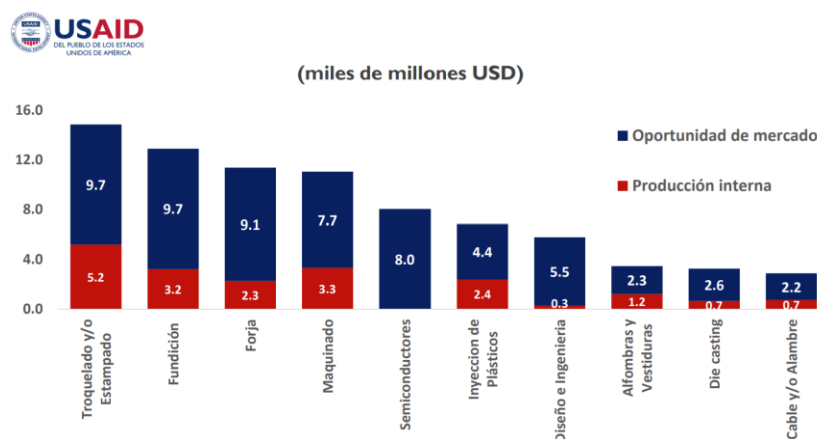
El pronóstico de producción de vehículos en México para el período 2023-2030, según la Figura 1, muestra un aumento constante en la participación de vehículos eléctricos (VE) en la industria automotriz. En 2023, los VE representaban solo el 3.45% de la producción total, mientras que los vehículos de combustión dominaban con un 96.55%. Sin embargo, para el año 2030, se estima que los VE alcanzarán el 46.05% de la producción, reflejando una tendencia creciente hacia la electrificación. Este crecimiento ofrece una oportunidad considerable para la manufactura de componentes eléctricos, especialmente en procesos como troquelado, estampado, maquinado e inyección de plásticos, los cuales son esenciales para la fabricación de carcasas y otros componentes de baterías, como se observa en las Figuras 2 y 3. Este cambio estructural del mercado automotriz mexicano hacia los vehículos eléctricos refuerza la relevancia de establecer capacidades de producción en Guatemala, enfocadas en proveer componentes para VE, alineándose con la transición global hacia una industria automotriz más sostenible.

Figura 2. Pronóstico de producción de vehículos eléctricos en México 2023-2030



Nota. USAID, 2023.

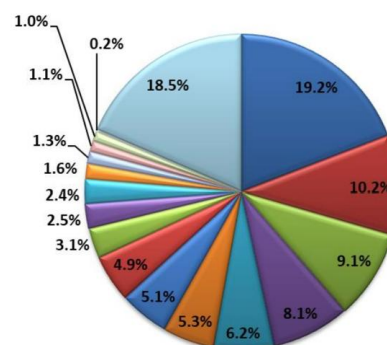
Figura 3. Valor total de mercado y oportunidades de negocio en la industria automotriz en México



Nota. USAID, 2023.

Figura 4. Producción por tipo de autoparte en México enero-octubre 2023

Concepto	2022	2023	Dif
Partes Eléctricas	\$ 16,444	\$ 19,442	18.2%
Transmisiones, Embragues y sus Partes	\$ 8,801	\$ 10,346	17.5%
Telas, Alfombras y Asientos Automotores	\$ 7,765	\$ 9,252	19.1%
Partes para Motor	\$ 7,256	\$ 8,183	12.8%
Suspensión, Dirección y sus Partes	\$ 5,202	\$ 6,326	21.6%
Motores a Gasolina	\$ 4,633	\$ 5,377	16.1%
Accesorios y Partes de Uso Automotor	\$ 4,544	\$ 5,183	14.1%
Estampados y sus Partes	\$ 4,350	\$ 4,977	14.4%
Frenos y sus Partes	\$ 2,566	\$ 3,140	22.4%
Carrocerías	\$ 1,940	\$ 2,577	32.9%
Llantas y Neumáticos Automotores	\$ 2,160	\$ 2,436	12.8%
Vidrios, Cristales y Parabrisas Automotores	\$ 1,251	\$ 1,570	25.5%
Aceites, Lubricantes y Líquidos Automotores	\$ 1,098	\$ 1,294	17.8%
Motores a Diesel	\$ 1,016	\$ 1,128	11.0%
Productos Automotores de Hule	\$ 866	\$ 1,044	20.6%
Enfriamiento	\$ 182	\$ 216	19.0%
Otros	\$ 16,131	\$ 18,786	16.5%
TOTAL	\$ 86,203	\$ 101,279	17.5%



Nota. INA 2024.

La elección de las autopartes a producir se fundamenta en la relevancia que tienen las baterías en la adopción de vehículos eléctricos para los mercados masivos. Las principales marcas de la industria automotriz y diversos gobiernos han establecido objetivos concretos para electrificar sus flotas, estimulando la demanda de baterías y la producción de sus componentes. Además, el costo de producción ha disminuido de manera constante mejorando la competitividad de los VE en contra de los ICE. El mercado mexicano ha mostrado una clara tendencia hacia la electrificación, lo que representa una oportunidad para Guatemala de introducirse en la cadena de suministro automotriz. Al enfocarse en las carcasas de las baterías para VE, se aprovecha la transición global hacia tecnologías más limpias y se consolida la proveeduría de procesos de manufactura para ofrecer un componente cercano a su forma final. Finalmente, la creciente demanda de autopartes eléctricas en México, proyectada para aumentar hacia 2030 asegura la relevancia de esta selección.

6.2.1 Identificación de necesidades

La rentabilidad en la manufactura de piezas de plástico a través de procesos de inyección depende en gran medida de la selección adecuada de la materia prima. Es crucial definir el tipo específico de plástico a utilizar, ya que los costos asociados a esta selección son fijos y representan una proporción significativa de los costos totales. Un análisis detallado del mercado y del costo del plástico seleccionado permitirá optimizar los márgenes de beneficio y asegurar la viabilidad económica del proyecto. Para que el modelo de negocio sea rentable, es necesario operar a una escala que justifique la importación de materia prima en volúmenes considerables. Por ejemplo, la importación de un contenedor de 20 toneladas de plástico solo es viable si se garantiza una producción suficiente de piezas que diluya los costos logísticos y de transformación.

La estrategia debe incluir un análisis de la demanda y un dimensionamiento adecuado de la maquinaria necesaria para cumplir con estos volúmenes. En Guatemala, la disponibilidad de mano de obra calificada para la operación de maquinaria de inyección de plásticos es alta, sin embargo, su costo también es elevado. Es esencial contratar personal con experiencia previa para evitar errores costosos durante la fase de arranque de la producción, debido a esto un equipo experimentado puede minimizar los riesgos operativos como accidentes por atrapamiento en el cierre de moldes, y también asegurar un proceso eficiente desde el inicio de la operación.

La ubicación de la planta es un factor crítico, especialmente debido a la inestabilidad en el suministro eléctrico en algunas regiones de Guatemala. Estas interrupciones pueden causar retrasos significativos en la producción, aumentando los costos operativos. Por tanto, es recomendable situar la planta en una zona con un suministro eléctrico confiable y cerca de fuentes de materia prima, lo que también facilitará la logística de importación y transporte.

Finalmente, la industria de plásticos en Guatemala enfrenta riesgos asociados a posibles reformas políticas y económicas, particularmente aquellas que buscan limitar la producción y uso de plásticos. Aunque el crecimiento del sector no se ha detenido, es crucial implementar prácticas de responsabilidad ambiental y explorar opciones como las zonas francas para mitigar riesgos fiscales y asegurar la viabilidad a largo plazo del proyecto (G. Barrera, comunicación personal, 22 de agosto de 2024).

En la manufactura de troquelados y estampados en Guatemala, la importación de lámina de acero enfrenta desafíos significativos debido a la inestabilidad de los costos de flete y los altos aranceles que hacen menos competitivo importar estos materiales, comparado con su adquisición en mercados locales. Adicionalmente, las restricciones de tránsito para camiones grandes durante ciertos horarios agravan la logística, aumentando los tiempos de transporte y los costos asociados, lo que afecta directamente la rentabilidad de la operación.

La disponibilidad y calidad de la mano de obra especializada en Guatemala también representa un reto importante, ya que no existen carreras técnicas que formen profesionales en troquelaría o moldes de inyección, lo que obliga a importar troqueles y moldes desde el extranjero en búsqueda de la mejor calidad posible, extendiendo los tiempos de desarrollo y aumentando los costos. La falta de infraestructura local adecuada en términos de talleres para el mantenimiento de troqueles complica aún más la situación, ya que cualquier fallo en los moldes requiere tiempos prolongados de reparación, lo que dificulta la implementación de sistemas eficientes en términos de costos para la industria manufacturera como lo sería el Just-In-Time (JIT), caracterizado por la reducción de los costos de mantenimiento de inventario, la optimización en la utilización de los recursos y el aumento del flujo de efectivo en la operación.

Además, el estado deficiente de las carreteras y la falta de un sistema logístico eficiente afectan la entrega tanto de materia prima como de productos terminados, lo que genera demoras y encarece los procesos operativos. La logística de exportación, aunque ha mejorado en los últimos años para los mercados centroamericanos, sigue enfrentando desafíos en países como Nicaragua, donde los procesos fronterizos son lentos y burocráticos. Por otro lado, la obtención de certificaciones internacionales como ISO 9001, aunque son cruciales para competir en el mercado global, son costosas y carecen de apoyo gubernamental en Guatemala, lo que limita el desarrollo del sector industrial. La situación política y económica del país también influye negativamente, con una alta carga burocrática y un sistema fiscal que penaliza a los inversionistas, creando un entorno poco atractivo para la inversión extranjera y dificultando la planificación a largo plazo de las empresas que buscan operar en Guatemala (G. Kiehnle, comunicación personal, 24 de agosto de 2024).

La manufactura de autopartes derivadas de los procesos de maquinado requiere de mano de obra altamente calificada, específicamente para los procesos de diseño, manufactura y operación. Esto representa un desafío, ya que es difícil encontrar personal con experiencia en las tres áreas lo que incrementa los costos de operación debido a la especialización en un solo campo. Por otra parte, la infraestructura industrial de carreteras y puertos son un tema complejo ya que de estos dependen los plazos de entrega de materia prima importada que se necesita para la producción.

El suministro de energía eléctrica para el sector industrial no es un problema, en general hay un trato directo con las comercializadoras. Sin embargo, también depende de la ubicación ya que la cobertura puede no llegar o no ser lo suficientemente constante. Por parte del software necesario ya que la manufactura es de autopartes previamente diseñadas no es necesario tener licencias de software CAD, por lo que más que todo se necesita de software especializado en maquinados como Master Cam.

Para la producción de autopartes en el sector automotriz tendría sentido un volumen alto y continuo, esto requiere que la selección de maquinaria CNC sea la adecuada en términos de sus capacidades. Algunas marcas muy buenas para altos volúmenes de producción son de marcas como Doosan o DMG Mori (R. Aragón, comunicación personal, 27 de agosto de 2024).

6.2.2 Definición de requisitos

Cuadro 1. Guía de agrupación de requisitos

ID	Agrupación general
GR	General
TE	Troquelados y estampados
IP	Inyección de plásticos
MA	Maquinado
ID	Agrupación específica
EC	Estándares
NC	Normativas
MP	Materia prima
MO	Mano de obra
MD	Moldes
PF	Planificación
UB	Ubicación
LG	Legislación

Nota. Elaboración propia.

Cuadro 2. Definición de requisitos

Código	Descripción
GR-NC-01	La fabricación de autopartes para la exportación a México requiere de la certificación de la norma IATF 16949:2016.
GR-NC-02	La fabricación de autopartes para la exportación a México requiere de la certificación de la norma ISO 9001:2015.
GR-NC-03	Se requiere el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas aplicables respecto a los estándares de seguridad y calidad requeridos por la industria automotriz mexicana.
GR-LG-01	Se debe cumplir con el Código de Trabajo de Guatemala en las operaciones que involucren mano de obra.

Código	Descripción
GR-LG-02	Se debe cumplir con el acuerdo gubernativa número 229-2014 entorno a La Ley de Salud y Seguridad Ocupacional de Guatemala.
GR-LG-03	Se debe cumplir con el Decreto 68-86 entorno a la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.
GR-LG-04	Es necesario realizar un estudio de impacto ambiental que cumpla con los requisitos específicos del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
GR-LG-05	Se deben cumplir con todas las obligaciones fiscales y tributarias establecidas en la Ley Orgánica de la Superintendencia de Administración Tributaria.
GR-UB-01	La ubicación de la planta debe tener acceso a una red eléctrica estable y con una disponibilidad mínima del 99%.
GR-UB-02	La planta debe tener acceso a el ferrocarril del Istmo de Tehuantepec minimizando los costos de transporte de producto terminado.
GR-PF-01	Se deben establecer volúmenes de producción en base a la demanda de autopartes <i>Tier 2</i> para el mercado automotriz mexicano.
GR-PF-02	La selección de las autopartes a producir se debe consolidar en aquellas que incluyan el conjunto de procesos de manufactura a evaluar.
GR-PF-03	Se debe planificar la producción tomando en cuenta la posible variabilidad en los tiempos de entrega de la materia prima.
GR-PF-04	El proceso productivo debe estar sobredimensionado para cubrir la demanda en caso de interrupciones en la producción debido a fallos o reparaciones de maquinaria crítica.
GR-MP-01	El tamaño de pedido de materia prima debe dimensionarse en función de los tiempos de entrega de los proveedores y los objetivos de producción.
GR-MD-01	Se deben tener por lo menos dos moldes y troqueles de las mismas características para las operaciones que las requieran.
IP-PF-01	Se debe planificar la importación de la materia prima plástica para gestionar las fluctuaciones en los costos de las materias primas.
IP-MO-01	Es necesario contar con personal capacitado en el manejo de maquinaria para la producción de autopartes derivadas de la inyección de plásticos.
TE-MP-01	Las bobinas de aluminio deben ser almacenada en un espacio con control de humedad y temperatura.
TE-PF-01	Se debe disponer de un taller de máquinas herramientas para la rectificación o reparación del equipo utilizado.

Nota. Elaboración propia.

6.3 Desarrollo del proceso de producción y distribución de la planta

6.3.1 Ubicación de la planta

La reducción de costos de transporte no solo se convierte en un objetivo financiero, sino también en un aspecto crítico para la competitividad de la operación. Particularmente para la industria automotriz los márgenes pueden ser ajustados y las operaciones just-in-time son fundamentales en la cadena de suministro automotriz, ya que permiten minimizar los inventarios y optimizar el flujo de materiales, lo que resulta relevante para enfrentar la escasez de materiales y capacidades en la producción de autopartes. El transporte ferroviario es una de las opciones más rentables para el traslado de grandes volúmenes de mercancías a largas distancias, debido a su bajo consumo de combustible y a la capacidad de transportar grandes cantidades en una sola operación. Según la Asociación Americana de Ferrocarriles, el transporte ferroviario es entre tres y cuatro veces más eficiente en combustible que el transporte por carretera, lo que permite mover una tonelada de carga casi 500 millas con un solo galón de combustible (H. Carvalho, B. Naghshineh, K. Govindan, V. Cruz-Machado, 2022), (AAR, 2024).

En cuanto a la consistencia en los plazos de entrega, el ferrocarril ofrece una ventaja competitiva sobre otros medios de transporte. A diferencia del transporte terrestre por carretera, que está más expuesto a interrupciones por congestión vehicular o factores climáticos, el transporte ferroviario sigue horarios mucho más estrictos y predecibles. Esta previsibilidad en los tiempos de tránsito es fundamental para el cumplimiento de contratos just-in-time, un componente clave en la producción automotriz (ITF, 2019).

Tecún Umán, San Marcos, representa una ubicación con ventajas estratégicas clave debido a su cercanía al ferrocarril del Istmo de Tehuantepec y la frontera con México. Esto permitirá reducir significativamente los costos de transporte y garantizar una mayor consistencia en los tiempos de entrega, factores esenciales para la competitividad en la industria automotriz. La infraestructura en la zona, que incluye carreteras y vías ferroviarias, brinda una conectividad eficiente tanto para la importación de materia prima como para la exportación de productos terminados hacia los mercados clave de México. Este análisis logístico sugiere que la planta podría aprovechar al máximo las rutas de transporte existentes, optimizando no solo los tiempos de operación sino también los costos de logística, lo que es crucial para asegurar la viabilidad y éxito del proyecto.

Figura 5. Mapa esquemático del sistema ferroviario del transporte de carga



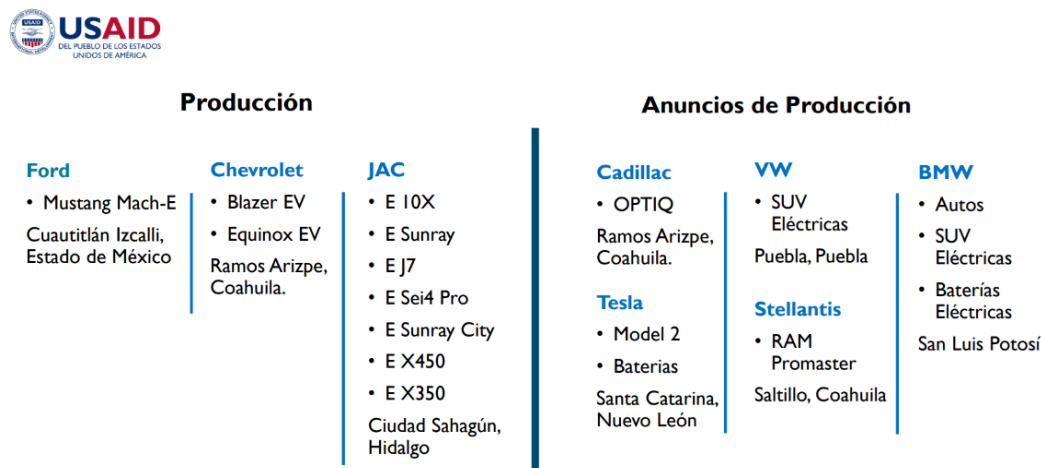
Nota. Gobierno de México 2024.

6.3.2 Producción de vehículos eléctricos en México

La industria automotriz mexicana ha experimentado un crecimiento significativo gracias a la inversión extranjera directa (IED), particularmente de China, lo que ha impulsado el desarrollo de la producción de vehículos eléctricos. Marcas internacionales como Ford, Chevrolet, y JAC Motors, entre otras, han establecido operaciones en México, produciendo vehículos eléctricos de última generación. Este crecimiento ha sido posible gracias a las ventajas logísticas y comerciales que ofrece el país, como el acceso preferencial a mercados internacionales a través del tratado T-MEC (J. Gachúz, M. Montes. 2020).

En los últimos años, México ha consolidado su posición como un centro de producción clave para la industria de vehículos eléctricos, con la fabricación de modelos como el Mustang Mach-E de Ford y el Blazer EV de Chevrolet, así como la expansión de nuevas plantas de producción de marcas chinas como JAC y empresas como Tesla y Stellantis, que también han anunciado la producción de modelos eléctricos. A continuación, se detallan las principales marcas y modelos de vehículos eléctricos producidos en México.

Figura 6. Producción de vehículos en México por empresa



Nota. USAID, 2023.

6.3.3 Selección de marca automotriz

Demanda del mercado y volumen de producción

La viabilidad económica en la fabricación de autopartes para vehículos eléctricos se basa en gran parte en funcionar a grandes cantidades de producción, motivada por un incremento en la demanda de estos vehículos en el mercado mundial. Las compañías que producen vehículos eléctricos consiguen disminuir gastos al optimizar el uso de sus instalaciones y utilizar economías de escala, lo que solo es posible cuando hay una demanda significativa que respalde estos volúmenes de producción. Este método no solo permite reducir el costo por unidad, sino que también potencia la competitividad en el mercado, favoreciendo la rentabilidad a largo plazo del proyecto. (IEA, 2023).

Sostenibilidad

La sostenibilidad es un criterio cada vez más importante en la industria automotriz debido a la creciente demanda de productos que minimicen el impacto ambiental. Además de mejorar la imagen corporativa, el enfoque en sostenibilidad ayuda a cumplir con regulaciones ambientales y atraer a consumidores conscientes del medio ambiente, lo que puede influir en la preferencia de ciertos modelos de vehículos eléctricos. El Foro Económico Mundial destaca la importancia de la sostenibilidad en el crecimiento del sector automotriz, especialmente en la transición hacia vehículos más ecológicos (WEF, 2024).

Costos logísticos

El proceso logístico de transporte de las autopartes producidas hasta las plantas de ensamblaje en México debe ser optimizadas en términos de costos para mantener márgenes de ganancia competitivos. Las plantas de fabricación de vehículos que se encuentran más alejadas de la frontera de Tecún Umán enfrentan costos mayores debido al tiempo y la distancia adicional a recorrer. Adicionalmente, aquellas plantas de ensamblaje que no tienen acceso directo al sistema ferroviario mexicano enfrentan un reto logístico extra, ya que requieren transportes adicionales para conectar el ferrocarril con el destino final, lo que aumenta aún más los costos. Una gestión eficiente de los costos logísticos es esencial en la cadena de suministro automotriz, dado que estos costos impactan tanto el costo total como la competitividad de las operaciones, especialmente cuando se necesita combinar distintos modos de transporte para unir los puntos de producción y ensamblaje (Deloitte, 2023).

Incentivos gubernamentales

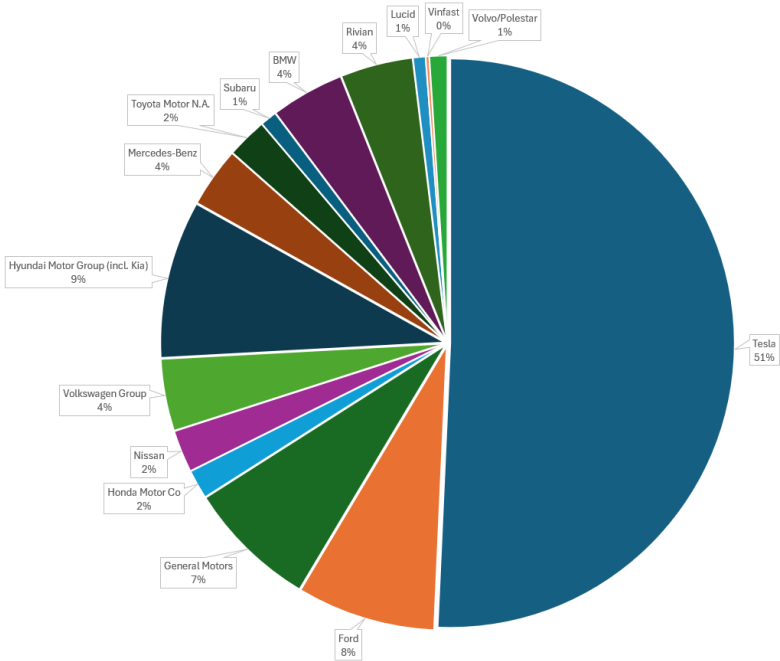
La elección de producir vehículos eléctricos en distintas ubicaciones de México se ve influenciada por incentivos gubernamentales que incluyen exenciones fiscales, subsidios y apoyo en infraestructura. Estados como Coahuila, Nuevo León y Puebla ofrecen beneficios específicos para atraer inversiones en la industria automotriz, especialmente en manufactura avanzada y tecnologías sostenibles. Además, las plantas cercanas a la frontera con Estados Unidos, como las de Ford y Tesla, se benefician de incentivos orientados a la exportación, optimizando costos logísticos hacia el mercado estadounidense. Estos factores hacen que ciertas ubicaciones sean más atractivas y rentables para la producción de vehículos eléctricos, creando una demanda constante de autopartes y una oportunidad para que proveedores estratégicos en la región ofrezcan un suministro confiable (Forbes, 2023), (Gobierno de México, 2016).

Cuadro 3. Criterios de evaluación para la selección del vehículo

Criterio de evaluación	Ponderación%
Demanda del mercado y volumen de producción	40
Costos logísticos	25
Incentivos gubernamentales	20
Sostenibilidad	15

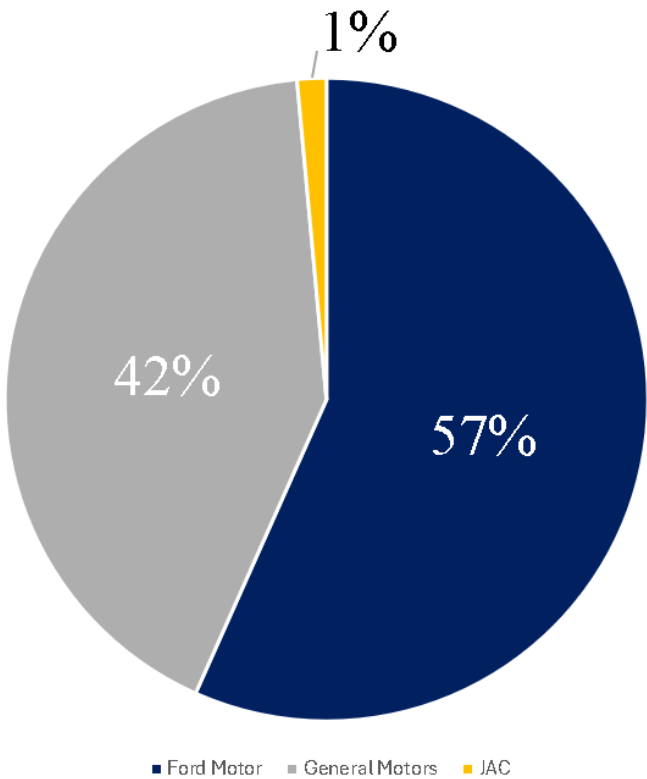
Nota. Elaboración propia.

Figura 7. Participación del mercado de vehículos eléctricos en Estados Unidos para 2024



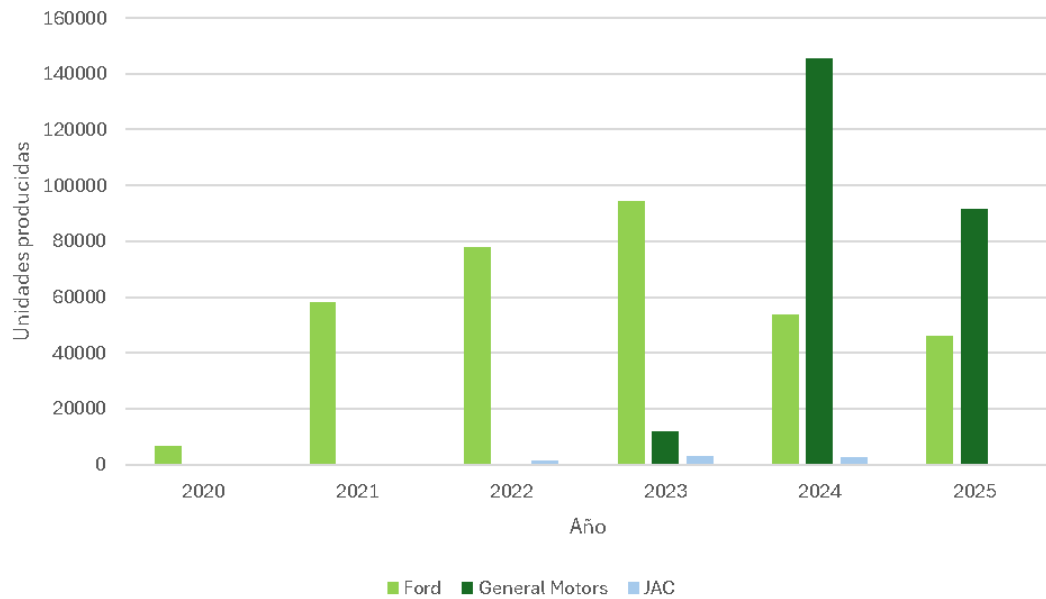
Nota. Cox Automotive 2024, elaboración propia.

Figura 8. Participación del mercado de vehículos eléctricos en México de enero 2023 a octubre 2024



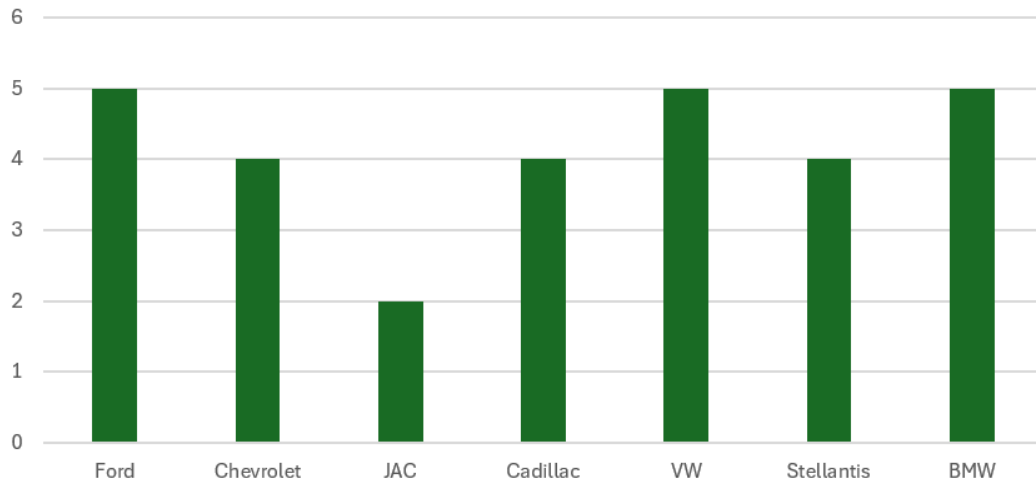
Nota. INEGI 2024, elaboración propia.

Figura 9. Producción de vehículos eléctricos en México



Nota. INEGI 2024, elaboración propia.

Figura 10. Evaluación del criterio de sostenibilidad



Los puntajes de sostenibilidad se basan en los compromisos de cada marca con la reducción de emisiones y la implementación de prácticas ambientales sostenibles. Volkswagen y BMW han adoptado objetivos de neutralidad de carbono para 2050, mientras que Ford ha logrado reducir un 40% de sus emisiones desde 2017. General Motors (Chevrolet y Cadillac) apunta a cero emisiones en vehículos nuevos para 2035, y Stellantis planea neutralidad de carbono para 2038. Estas calificaciones reflejan los esfuerzos reportados en los informes de sostenibilidad de cada empresa.

Nota. Stellantis, 2022; General Motors, 2023; Ford, s/f; Volkswagen, s/f; BMW Group, s/f; JAC, s/f; elaboración propia.

Cuadro 4. Evaluación del criterio de costos logísticos

Marca	Ubicación	Distancia desde Tecún Umán (km)
Ford	Cuautitlán Izcalli, Estado de México	1415
Chevrolet	Ramos Arizpe, Coahuila	2213
JAC	Ciudad Sahagún, Hidalgo	1261
Cadillac	Ramos Arizpe, Coahuila	2213
VW	Puebla, Puebla	1132
Stellantis	Saltillo, Coahuila	2205
BMW	San Luis Potosí, SLP	1805

Nota. Las distancias desde Tecún Umán hasta cada planta fueron calculadas utilizando *Google Earth Pro* y *OpenRailwayMap*, siguiendo la ruta más directa en función de la infraestructura ferroviaria disponible. Estas distancias aproximadas sirven como base para la puntuación en el criterio de costos logísticos, donde una menor distancia implica una puntuación más alta debido a la reducción en costos de transporte; elaboración propia.

El estado de Puebla ofrece incentivos fiscales, como exenciones de impuestos locales y financiamiento, para atraer inversiones en la industria automotriz. Su infraestructura de calidad, ubicación estratégica cerca de puertos para facilitar exportaciones, y un clúster automotriz consolidado fortalecen la cadena de suministro en la región. Además, el estado ha invertido en la capacitación de capital humano en colaboración con instituciones educativas, y está impulsando la transición hacia la electromovilidad, posicionándose como líder en innovación sostenible en México (24 Horas Puebla, 2022; El Sol de Puebla, 2022).

Coahuila destaca en la industria automotriz en México mediante incentivos gubernamentales como exenciones fiscales y financiamiento, infraestructura avanzada y ubicación estratégica cerca de Estados Unidos, lo cual facilita la exportación. Además, cuenta con un clúster automotriz robusto que integra eficientemente la cadena de suministro y fomenta el desarrollo económico. El estado también impulsa proyectos de electromovilidad, fortaleciendo su posición en innovación y sostenibilidad dentro del sector automotriz (América Retail, 2024; México Industry, 2024).

El Estado de México impulsa la industria automotriz mediante incentivos fiscales, como exenciones de impuestos y programas de financiamiento, además de su ubicación estratégica cerca de la Ciudad de México, lo que facilita la logística y distribución. La región cuenta con un clúster automotriz consolidado y ha invertido en el desarrollo de capital humano especializado, colaborando con instituciones educativas para garantizar personal calificado. Asimismo, promueve la electromovilidad y el uso de tecnologías sostenibles, fortaleciendo su liderazgo en innovación dentro del sector automotriz (El Economista, 2024; México Industry, 2024).

San Luis Potosí se ha posicionado como un centro clave para la industria automotriz en México gracias a sus incentivos fiscales, como exenciones de impuestos y programas de financiamiento, su infraestructura avanzada y ubicación estratégica que facilita la logística y exportación. El estado también cuenta con un clúster automotriz sólido y ha invertido en el desarrollo de capital humano especializado en colaboración con instituciones educativas. Además, apoya proyectos de electromovilidad para fomentar la innovación y sostenibilidad en el sector (líder empresarial, 2024; México Industry, 2024).

Hidalgo incentiva la industria automotriz a través de exenciones fiscales, financiamiento, y programas de asesoría, además de su infraestructura estratégica y ubicación central que facilita la logística y exportación. El estado ha invertido en capacitación especializada en colaboración con instituciones educativas y promueve un clúster automotriz consolidado, lo que fortalece la cadena de suministro regional. Asimismo, apoya proyectos de electromovilidad, posicionándose como líder en innovación sostenible en el sector (La Jornada Hidalgo, 2024; El Sol de Hidalgo, 2024).

Cuadro 5: Matriz de decisión para la selección del vehículo

Modelo	Demanda y volumen	Sostenibilidad	Costos logísticos	Incentivos gubernamentales	Puntaje
Ford	4	5	4	4	4.15
Chevrolet	5	4	2	5	4.10
JAC	2	2	5	4	2.90
Cadillac	5	4	2	5	4.10
VW	3	4	5	5	4.05
Stellantis	3	4	2	5	3.35
BMW	3	5	3	5	3.80

Nota. El puntaje resulta en la sumatoria del producto de la valoración de cada criterio junto con la ponderación; elaboración propia.

Ford se posiciona como la marca con mayor puntaje, destacándose en los 4 criterios de selección, reflejando su liderazgo en el mercado eléctrico mexicano. Le siguen Chevrolet y Cadillac (*General Motors*), las cuales obtienen altas puntuaciones en demanda e incentivos, pero muestran debilidades en costos logísticos. Stellantis y BMW por su parte demuestra una clara desventaja en términos de demanda y costos logísticos. En contraste, JAC ocupa el último lugar, por sus limitaciones en demanda y sostenibilidad. Estos resultados justifican la elección de Ford como el socio estratégico más adecuado para impulsar la fabricación y exportación de las autopartes propuestas.

En la industria manufacturera automotriz es fundamental la estabilidad del mercado, ya que asegura una cadena de suministro más resiliente y confiable, permitiendo a las empresas planificar a largo plazo y reducir los costos operativos. El establecimiento de relaciones contractuales a largo plazo con proveedores son clave para mitigar los riesgos asociados con la volatilidad del mercado, asegurando así una producción continua y estable. Además, la dependencia excesiva de inventarios como solución a corto plazo no es sostenible y puede generar cargas financieras significativas, especialmente para los proveedores (Capgemini Research Institute, 2023).

6.3.4 Descripción de los procesos de manufactura

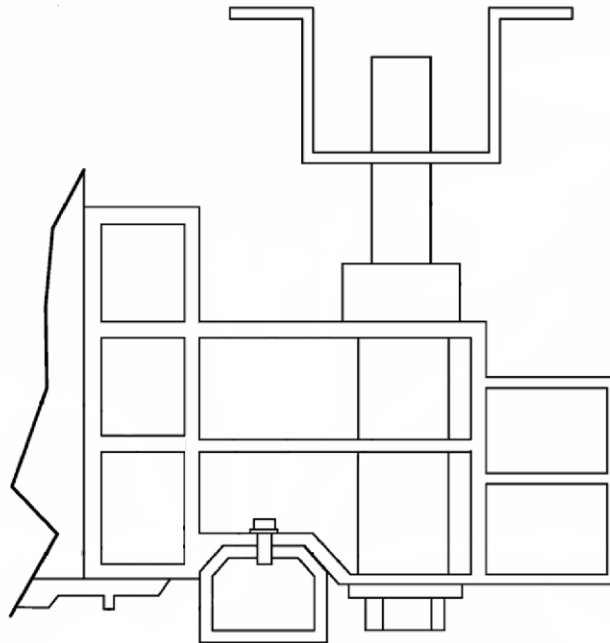
Bajo los resultados de la selección previa, la sección se basará en los componentes de interés de los vehículos eléctricos Ford, cuyas características estructurales se describen basándose en la información contenida en patentes publicadas. El procedimiento de fabricación que se detalla a continuación se deriva a partir de la comunicación personal con individuos con experiencia en los distintos métodos de manufactura, sin embargo, se reconoce que no se posee toda la información precisa sobre los materiales empleados ni los elementos mecánicos particulares. Esta ausencia de información se atribuye en gran parte a la confidencialidad que protege las prácticas industriales reales, sin embargo, se espera que la descripción ofrecida consiga una representación lo suficientemente exacta para respaldar el desarrollo de las secciones posteriores en este trabajo de

investigación, y ofrezca una visión cercana de los métodos potencialmente empleados en la manufactura de dichos componentes.

Para las autopartes seleccionadas se han tomado en cuenta dos patentes distintas para comprender de mejor manera el proceso de manufactura. Cada una describe diseños característicos que no coinciden en un único modelo de carcasa, sin embargo, se asume que sus principales características estructurales presentan rasgos geométricos en común. Para el proceso de manufactura descrito se limita a la elaboración de la estructura metálica, los conectores eléctricos y la integración del aislante térmico, omitiendo la descripción de los elementos del sistema de refrigeración y las celdas de la batería, debido a que sobrepasan el alcance previsto del presente trabajo.

Para los componentes metálicos de las carcasas, se realiza un proceso de acabado y recubrimiento superficial que inicia con la limpieza y desengrase que elimina residuos, aceites y partículas indeseadas. Se procede con un pretratamiento (fosfatado en el caso de acero o anodizado si se emplea aluminio) para mejorar la adherencia del recubrimiento posterior en donde se recurre a técnicas de pintura en polvo, líquida o por electrodeposición, dependiendo de los requerimientos de resistencia a la corrosión y aspecto final. Para finalizar, la pieza se somete a curado térmico en horno y pasa por inspecciones que validan la integridad del recubrimiento. El ensamble de estos componentes se realiza mediante un proceso de soldadura MIG o TIG (Omar, 2011, pp. 6, 111–117, 177–187).

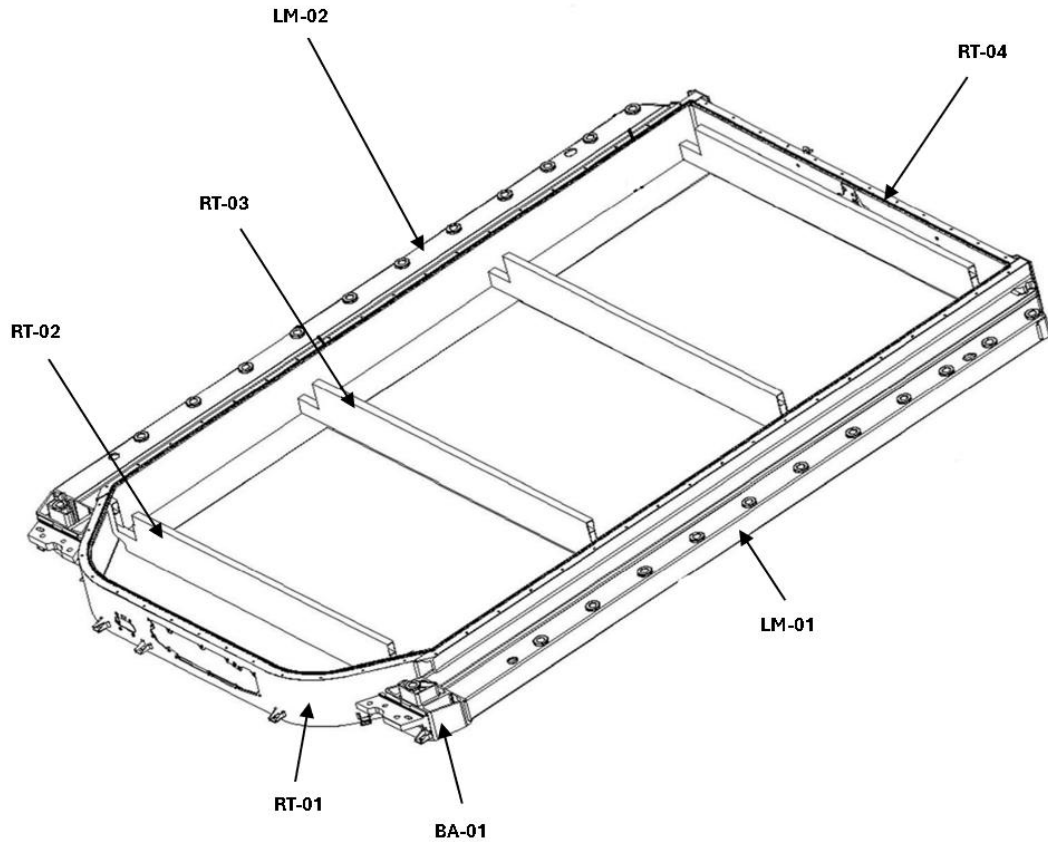
Figura 11: Estructura interna de laterales metálicos



Nota. Adaptado de “*Battery housing assembly having a strike bar*”, por Ford Global Technologies Corporation, 2024, Patente No. 12,115,847, B2. Copyright 2024 por Ford Global Technologies Corporation. Usado bajo uso legítimo.

Fuente. Adaptado de Ford Global Technologies Corporation, 2024, Patente No12115847B2, Fig.5.

Figura 12. Estructura básica de la carcasa



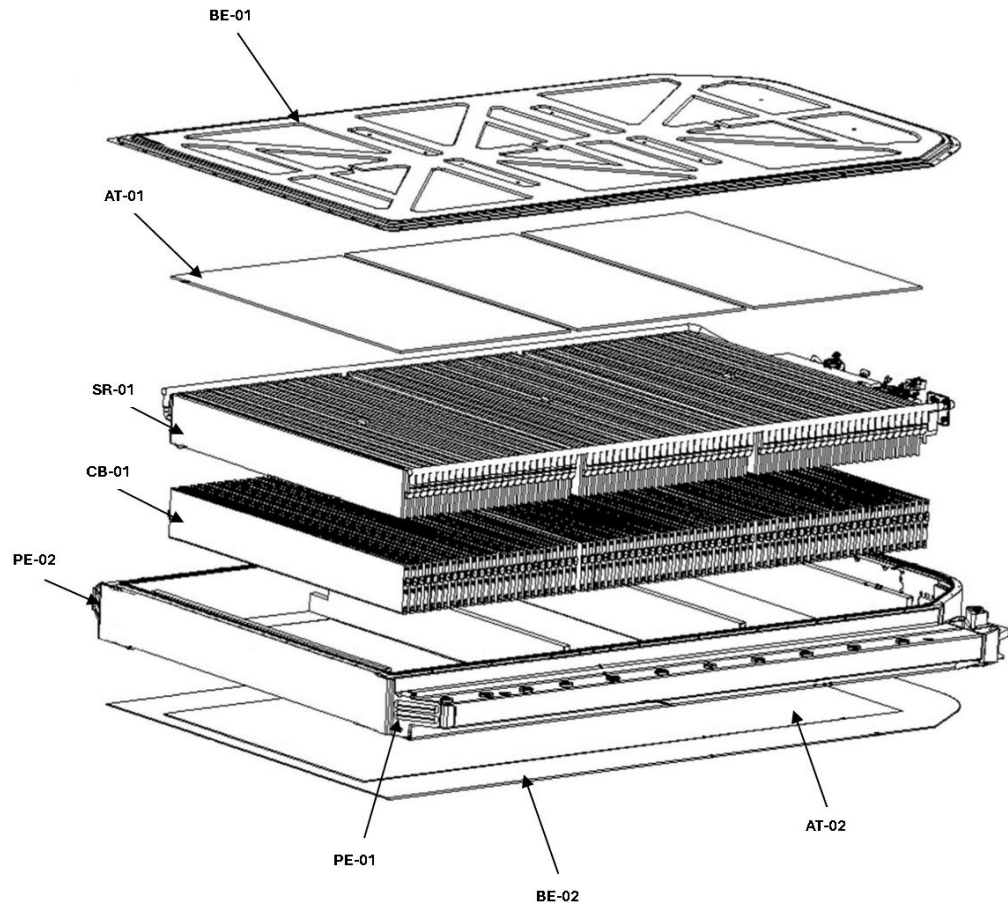
Nota. Adaptado de “Un paquete de baterías y un vehículo que incluye dicho paquete de baterías”, por Ford Global Technologies Corporation, 2024, Patente No. CN118943554A. Copyright 2024 por Ford Global Technologies Corporation. Usado bajo uso legítimo.
Fuente. Adaptado de Ford Global Technologies Corporation 2024, Patente No.CN118943554A, Fig. 8.

Cuadro 6. Guía de codificación de componentes

ID	Codificación
RT	Refuerzo transversal
BA	Brackets de acople
LM	Lateral metálico

Nota. Elaboración propia

Figura 13. Explosión de ensamble de la batería



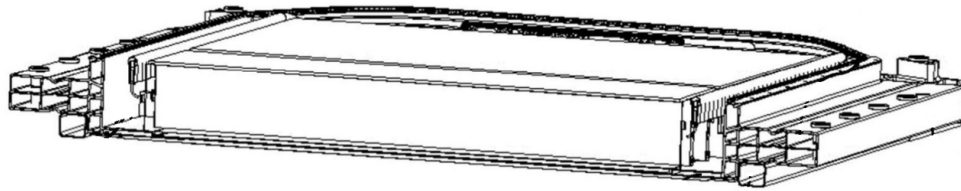
Nota. Adaptado de “Un paquete de baterías y un vehículo que incluye dicho paquete de baterías”, por Ford Global Technologies Corporation, 2024, Patente No. CN118943554A. Copyright 2024 por Ford Global Technologies Corporation. Usado bajo uso legítimo.
Fuente: Adaptado de Ford Global Technologies Corporation 2024, Patente No. CN118943554A, Fig. 3.

Cuadro 7. Guía de codificación de componentes

ID	Codificación
BE	Bandeja exterior
AT	Aislante térmico
SR	Sistema de refrigeración
CB	Celdas de batería
PE	Placa exterior

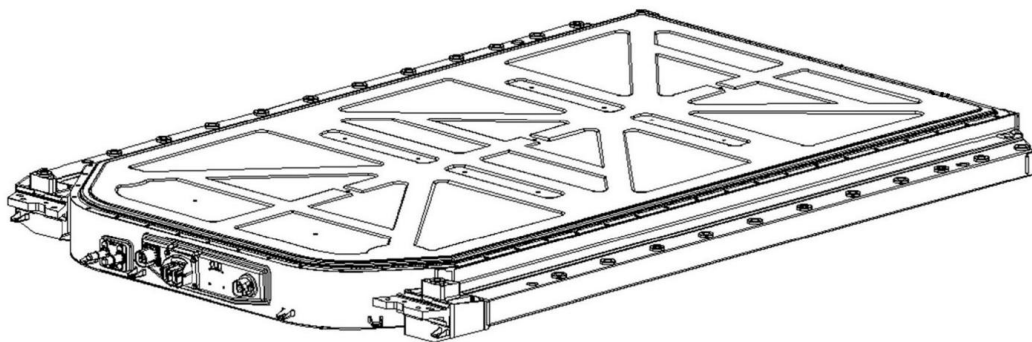
Nota. Elaboración propia.

Figura 14. Área transversal de los laterales metálicos



Nota. Adaptado de “Un paquete de baterías y un vehículo que incluye dicho paquete de baterías”, por Ford Global Technologies Corporation, 2024, Patente No. CN118943554A. Copyright 2024 por Ford Global Technologies Corporation. Usado bajo uso legítimo.
Fuente. Adaptado de Ford Global Technologies Corporation 2024, Patente No. CN118943554A, Fig. 17.

Figura 15. Ensemble completo de la batería



Nota. Adaptado de “Un paquete de baterías y un vehículo que incluye dicho paquete de baterías”, por Ford Global Technologies Corporation, 2024, Patente No. CN118943554A. Copyright 2024 por Ford Global Technologies Corporation. Usado bajo uso legítimo.
Fuente. Adaptado de Ford Global Technologies Corporation 2024, Patente No. CN118943554A, Fig. 2.

Figura 16. Placa de conectores para la caja de alto voltaje de la batería vista frontal



Nota. OEM Ford Parts Direct, 2025.

Figura 17. Placa de conectores para la caja de alto voltaje de la batería vista trasera



Nota. *OEM Ford Parts Direct*, 2025.

RT-01: dada su geometría interna rectangular, el proceso comienza con la extrusión del perfil. Luego, la pieza pasa a un proceso de troquelado para generar las aperturas necesarias para el cableado que conecta con el sistema eléctrico del vehículo. Con un proceso de maquinado se agregan los orificios requeridos para el ensamble con la placa superior y las de tubería y conectores. Posteriormente, se efectúa el doblado del perfil para darle la forma final en la prensa de estampado. Por último, se sueldan los pequeños Brackets de sujeción, se ensamblan las placas con la tornillería adecuado y para finalizar se aplica masilla de aluminio en las secciones donde la estructura interna del perfil esté expuesta.

RT-02 y RT-03: la sección transversal del refuerzo presenta una geometría rectangular interna. El proceso inicia con la extrusión del perfil metálico. A continuación, se recorta uno de los extremos mediante fresado o serrado para ajustar la longitud y preparar la pieza para el ensamble posterior.

RT-04 mantiene la misma geometría rectangular interna, por lo que también inicia con un perfil extruido. A continuación, se abren los orificios para el ensamble de la placa superior y algunos componentes de la parte trasera mediante maquinado CNC. Finalmente, se procede con la soldadura de pequeños elementos en las caras del perfil.

LM: internamente poseen una sección rectangular, de modo que el proceso inicia con la extrusión metálica. Posteriormente, se maquina los agujeros con una fresadora CNC para el acople con el chasis (uniones pernaadas) y se agregan manualmente los soportes de montaje circulares con un proceso de ajuste por interferencia a través de una contracción térmica de estos elementos.

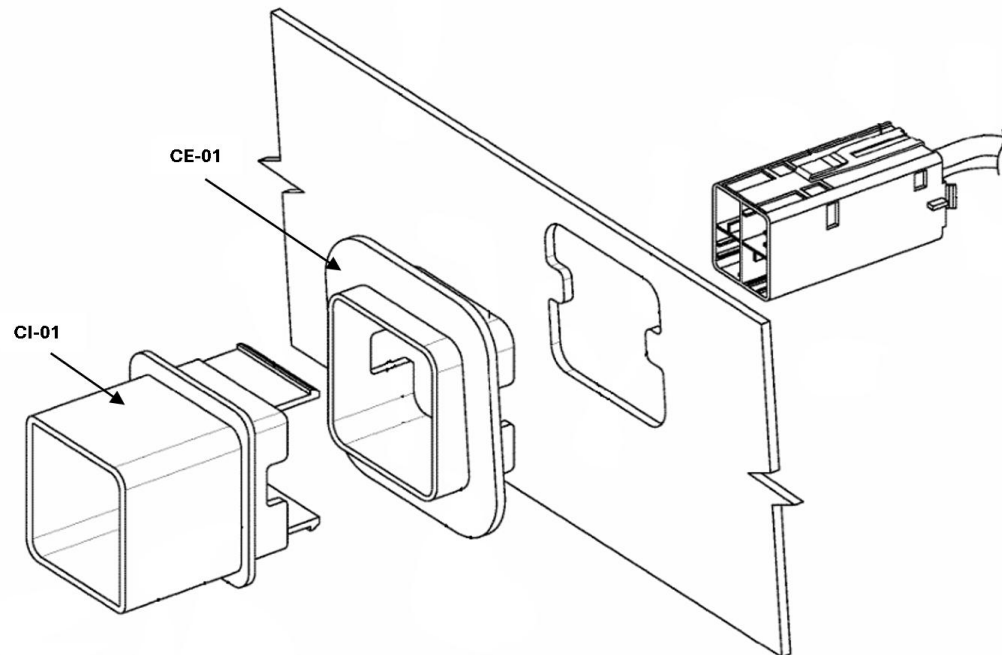
BE-01 y AT-01: se aplica un estampado con un troquel de múltiples etapas en donde se moldea la geometría general y los agujeros en el perímetro y el centro. Por último, se añade una capa de aislamiento térmico (fibra de vidrio y aerogel o lana cerámica), de manera manual o automatizada, usando plantillas, guías y adhesivo industrial.

BE-02 y AT-02: se inicia con un estampado para recortar la geometría general incluidas las perforaciones para el ensamble con la carcasa y generar embuticiones para los canales de refrigeración, se apilan dos láminas y en un estampado subsecuente se realiza un clinchado para unir mecánicamente ambas láminas. Luego, se integra la capa de aislamiento térmico (fibra de vidrio y aerogel o lana cerámica) de forma manual o automatizada, con plantillas, guías de montaje y adhesivo industrial.

BA: los Brackets de sujeción constan principalmente de dos tipos de perfiles extruidos (BA-01 y BA-02) que tras cortarse se unen mediante un proceso de soldadura, adicionalmente incorpora una placa con agujeros los cuales se obtienen de procesos de maquinado CNC y de igual manera se sueldan en uno de los costados.

PE: con un sistema de alimentación de lámina se realiza una primera etapa de estampado en donde se perforan los agujeros y se realizan las embuticiones, en la siguiente etapa se realizan los dobleces necesarios y se cortan las placas. Estas etapas consisten en un solo troquel el cual completa una pieza con dos estampados de manera que una porción de la longitud del troquel aporta las características de la primera etapa y la siguiente porción aporta las de la segunda etapa. Finalmente se unen a la parte posterior de la carcasa con una combinación de uniones pernadas y masilla de aluminio para cubrir huecos extensos que con un proceso de soldadura no resulta efectiva la unión.

Figura 18. Conector eléctrico de la caja de conexiones de alto voltaje de la batería



Nota. Adaptado de “*Traction Battery Pack Electrical Connector*” por Ford Global Technologies Corporation, LLC, 2024, Patente No. US 2024/0339790A1. Copyright 2024 por Ford Global Technologies Corporation. Usado bajo uso legítimo.

Fuente: Adaptado de Ford Global Technologies Corporation, LLC, 2024, Patente No. US 2024/0339790A1.

Cuadro 8. Guía de codificación de componentes del conector eléctrico

ID	Codificación
CE	Conector externo
CI	Conector interno

Nota. Elaboración propia.

CE-01 y CI-01: Mediante un proceso de inyección de plásticos se obtiene la geometría general de cada conector, se incorpora un sello anular de manera manual a fin de garantizar la hermeticidad. Para finalizar, se puede aplicar un adhesivo industrial en las zonas de contacto entre los conectores y la superficie metálica o dependiendo del diseño se incorporan uniones pernadas en la estructura del conector externo.

6.3.5 Selección de maquinaria y flujo de procesos de producción

Dadas las limitaciones de información técnica detalladas anteriormente, el proceso de selección estará enfocado en aquella maquinaria que ofrezca flexibilidad y versatilidad, permitiendo su adaptación a las variaciones en las dimensiones y especificaciones de los componentes. Además, se buscará que el equipo pueda procesar los materiales previstos y sea capaz de reproducir las características geométricas de cada componente. Los cálculos relacionados con las características a buscar en la selección no son un proceso exacto y solo pretenden contextualizar la posible magnitud de estas para aproximarse al equipo que se necesitaría una vez se definan los procesos definitivos de manufactura.

Según el tipo de métodos de manufactura en los que se basa el trabajo de investigación, se excluyen del proceso productivo los siguientes componentes: Perfiles de extrusión, placas de tubería, placas de conectores, tornillería, brackets de sujeción y soportes de montaje.

Prensa de estampado

Para la selección de la prensa de estampado se asume que el tamaño de las bandejas exteriores está por debajo de 1500 mm de ancho y 2000mm de largo. El material por trabajar según la patente (CN118943554A) puede ser de acero o aluminio, se tomará el aluminio 6061 con templado tipo O con 3mm de espesor como el material a considerar (Chalcoaluminum, 2025).

La siguiente estimación de tonelaje servirá como base para el dimensionamiento de la fuerza de cierre, sin embargo, el requerimiento real se basa en la geometría del estampado y la profundidad de las embuticiones requeridas, por lo que se sobredimensionará la prensa para permitir una mayor versatilidad de producción.

$$T = P \times s \times \tau \quad (1)$$

En donde T es la fuerza de cierre en toneladas métricas, P es el perímetro total de la lámina, s es el espesor de la lámina y τ es la resistencia al corte del aluminio. Asumiendo un perímetro de 7000mm, un espesor de 3mm y una resistencia al corte de 82.7MPa (Matweb, 2025) el tonelaje estimado para la operación de estampado es de:

$$T = 7000 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \times 82.7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \approx 177$$

La selección de una prensa de 1,000 toneladas se basa en configuraciones típicas utilizadas en la industria automotriz, como la designación SU4-1000-144-96 descrita por Omar (2011, p. 62), donde el número indica la capacidad de prensado en toneladas.

Cuadro 9. Características de la selección de prensa

Parámetro	Descripción	Dimensional
Tipo de prensa	Servo hidráulica	N/A
Tonelaje	1,000	T
Área de trabajo	2,500 x 1,400	mm
Carrera	600	mm
Apertura	800	mm
Marca y modelo	Wodda YQ32-1000T	N/A

Nota. Shandong Woda Heavy Machinery Co., LTD, 2025; elaboración propia

Sistema de alimentación de lámina

Para preparar las láminas del proceso de estampado es necesario seleccionar un sistema de alimentación capaz de desenrollar, aplanar y cortar el material en secciones con las dimensiones específicas para ser utilizado en la prensa de estampados de las bandejas exteriores. Para las placas exteriores también es necesario un sistema de alimentación y un proceso de aplanado para establecer una línea automatizada de troqueles progresivos.

Cuadro 10. Características de la selección de sistema de alimentación BE

Parámetro	Descripción	Dimensional
Peso máximo de bobina	10	T
Ancho máximo de bobina	1,300	mm
Marca y modelo	Jugao 2x1300 CTL	N/A

Nota. Jugao CNC Machine Jiangsu CO., LTD, 2025; elaboración propia

Cuadro 11. Características de la selección de sistema de alimentación PE

Parámetro	Descripción	Dimensional
Peso máximo de bobina	3	T
Ancho máximo de bobina	400	mm
Marca y modelo	NLF1-400	N/A

Nota. Besco Machine Tool., LTD, 2025; elaboración propia.

Troqueladora

Los refuerzos y las placas exteriores que pasarán por un proceso de troquelado se estima que no exceden 200mm de anchura, la geometría de los cortes se concentra en el centro para el caso del refuerzo frontal (RT-01) por lo que no es necesario que el área de trabajo coincida con las dimensiones de los perfiles. En términos de los materiales, RT-01 se asume de aluminio 6061-T6 con espesor de 3mm ($\tau = 207$ MPa) para aportar rigidez estructural a la carcasa y para las placas exteriores se asume nuevamente un aluminio 3003 con templado tipo H14 de 2mm de espesor ($\tau = 96.5$ MPa). Los perímetros utilizados en los calculados son estimaciones en base a las dimensiones generales de la carcasa que se indicaron previamente (Matweb, 2025; Chalcoaluminum, 2025).

$$T_{cortes} = 800 \text{ mm} \times 3 \text{ mm} \times 96.5 \frac{N}{\text{mm}^2} \approx 23$$

$$T_{placas} = 500 \text{ mm} \times 2 \text{ mm} \times 207 \frac{N}{\text{mm}^2} \approx 21$$

Cuadro 12: Características de la selección de sistema de alimentación BE

Parámetro	Descripción	Dimensional
Tipo de prensa	Servo eléctrica	N/A
Tonelaje	100	T
Área de trabajo	300 x 360	mm
Marca y modelo	Luzhong H4	N/A

Nota. Shandong Luzhong Machine Tool Co., LTD, 2025; elaboración propia.

Características de la selección para la troqueladora de agujeros:

- Tipo de prensa: Servo eléctrica
- Tonelaje: 100
- Área de trabajo: 300mm x 360mm
- Marca y modelo: Jugao JH21-110

Fresadora convencional de torreta

El maquinado de los agujeros se realizará a partir de una fresadora de tipo pórtico debido a la magnitud de las dimensiones de los componentes. El principal criterio de selección se basa en los rpm necesarios para maquinar aluminio 6061-T6, el tamaño de la mesa y el desplazamiento de los ejes de trabajo. La tornillería para el ensamble de la bandeja superior utiliza pernos Mr5x14.5mm y los laterales metálicos alojan dentro de los soportes de montaje pernos Mp10x100mm, por lo que el maquinado de los agujeros se asumen con diámetros de 6 y 11mm respectivamente (Fordpartsgiant, 2025).

Cuadro 13. Parámetros de corte para brocas HSS con recubrimiento DLC en taladrado

Diámetro (mm)	Velocidad rpm	Avance (mm/min)
6	3,866	876
11	2,000	700

Nota. NACHI, 2015; elaboración propia.

Cuadro 14. Parámetros recomendados para fresa de carburo sin recubrimiento en fresado lateral

Parámetro	Valor
Diámetro de corte (mm)	25
Rpm	6,000
Profundidad de corte máxima (mm)	38
Profundidad de corte radial máxima (mm)	5

Nota. Mitsubishi materials, 2025; elaboración propia.

Cuadro 15. Características de la selección de la fresadora

Parámetro	Descripción	Dimensional
Dimensión de mesa de trabajo	1,270 x 254	mm
Recorrido máximo de ejes X/Y/Z	780/400/500	mm
Velocidad de desplazamiento de	700	mm/min
Velocidad de husillo máxima	6,000	Rpm
Potencia del motor	3	Hp
Marca y modelo	Luzhong H4	N/A

Nota. Shandong Luzhong Machine Tool Co., LTD, 2025; elaboración propia.

Brazo robótico para soldadura

Con base en las dimensiones de la carcasa y los diversos puntos donde se requieren uniones soldadas es necesaria la selección de brazos robóticos con 6 grados de libertad dispuestos de manera que trabajen de forma coordinada en lados opuestos de la carcasa. La estación de soldadura utilizará una mesa especial para la sujeción de los componentes a medida que se generan las uniones necesarias.

Cuadro 16. Características de la selección del brazo robótico

Parámetro	Descripción	Dimensional
Cantidad de ejes	6	N/A
Alcance	2,010	mm
Carga útil	12	Kg
Tipo de soldadura	TIG/MIG/MAG/GTAW/Laser	N/A
Marca y modelo	Yasakawa AR-2010	N/A

Nota. Shanghai Jiesheng Robot Co., LTD, 2025; elaboración propia.

Inyectora de plásticos

La selección depende principalmente de la fuerza de cierre requerida, la cantidad de cavidades que posea el molde y el volumen de inyección máximo disponible. Los conectores de alto voltaje requieren fabricarse con materiales que posean resistencia a altas temperaturas, corrosión y también tener propiedades eléctricas y mecánicas adecuadas. Usualmente se utilizan plásticos de ingeniería como la poliamida y polipropileno con cierto grado de refuerzo de fibra de vidrio (RJC, 2023; BASF, 2019). La estimación para el cálculo de la fuerza de cierre necesaria en función de la cantidad de cavidades del molde es la siguiente:

$$F = A_p \times f \times C \quad (2)$$

En F es la fuerza de cierre en toneladas métricas, A_p es el área proyectada de la pieza y f es el factor de fuerza según el tipo de termoplástico, el cual se asumirá de 5 en base a la información de la figura. Se utilizará un modelo CAD del conector HVA280-40A para estimar el tonelaje necesario en función de la mayor área proyectada del componente y su volumen total para la selección de la inyectora, este componente es utilizado en diversas aplicaciones para vehículos eléctricos (TE Connectivity, 2025).

Cuadro 17. Factores de fuerza de cierre para termoplásticos

Material de inyección	Grado de injectoblend	Toneladas por plg cuadrada
Acrylonitrile Butadiene Styrene	FABS007	2.0-3.0
ABS/Polycarbonate Blend (PC/ABS)	FABSPC003	3.0-4.0
Acetal (POM)	FPOM110	3.0-4.0
High Density Polyethylene (HDPE)	FHDPE007	2.0-3.0
Polyamide-Nylon 66 (PA66-33GF)	FPA66235	4.0-5.0
Polyamide-Nylon 66 (PA66)	FPA66110	3.0-4.0
Polybutylene Terephthalate (PBT- Polycarbonate (PC)	FPBT230 FPC120	4.0-5.0 4.0-5.0
Polypropylene (PP) Unfilled	FPP135	2.0-3.0
Polypropylene (PP-30GF)	FPP135	3.0-4.0
High Impact Polystyrene (HIPS)	FHIPS108	1.5-2.5

Nota. AGS, 2019, elaboración propia.

Figura 19. Conector HVA280-40A

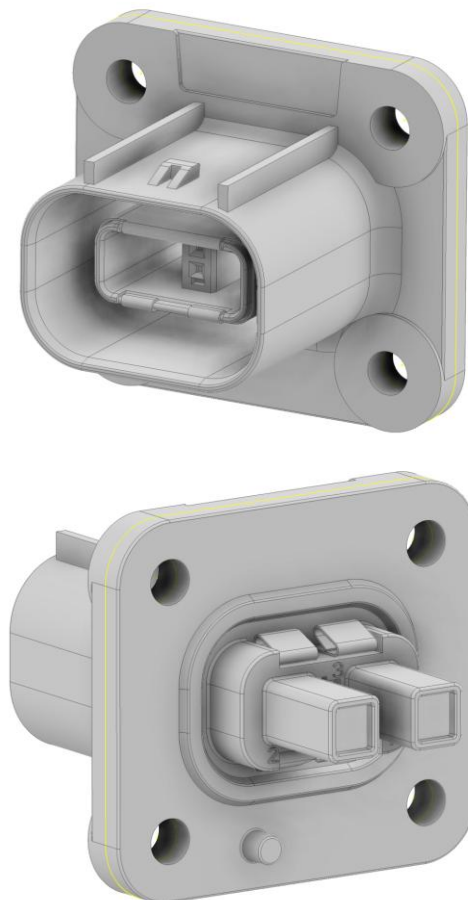


Imagen utilizada por cortesía de Autodesk, Inc.
Nota. Traceparts, 2025.

Figura 20. Área proyectada del conector

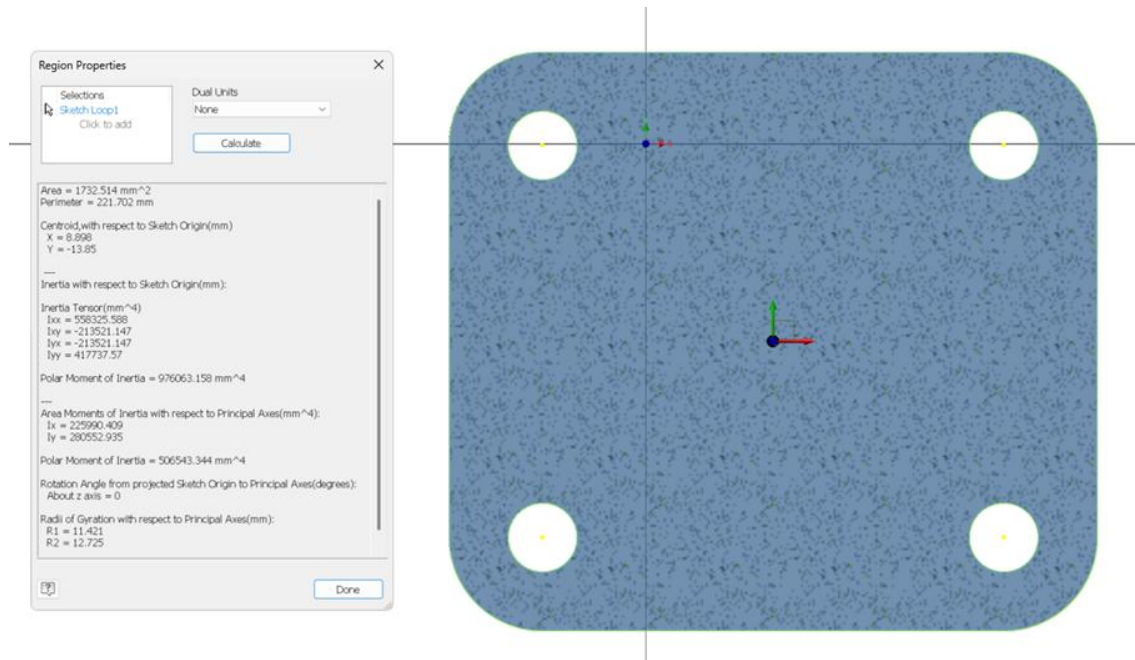


Imagen utilizada por cortesía de Autodesk, Inc.

Nota. Traceparts, 2025.

$$F = 2.685 \text{ in}^2 \times 5 \times 1 \approx 13.42$$

Dado que la carcasa contiene pocas unidades de conectores eléctricos similares al de la figura 20 y el tiempo de ciclo es bajo respecto al resto de procesos, el cálculo de la fuerza de cierre es unitario. Como se observa en la Figura 18 los conectores se componen de una carcasa interior y exterior, el modelo utilizado refleja un volumen total de ambas de piezas de 22.27gr.

Cuadro 18. Características de la selección de la inyectora de plásticos

Parámetro	Descripción	Dimensional
Fuerza de cierre	15	T
Shot size	57	gr
Área de trabajo	375 x 205	mm
Marca y modelo	SZADP 15T	N/A

Nota. Huizhou ADP Optical Communications CO., LTD, 2025; elaboración propia.

Sierra de corte

El manejo de los perfiles de extrusión implica cortes de 90 y 45 grados para adecuarse a las dimensiones de la carcasa. El principal criterio de selección se basa en la repetibilidad del proceso, la precisión del corte para evitar mecanizados adicionales y la minimización de defectos como rebabas o deformaciones en la zona de corte.

Cuadro 19. Características de la selección de la sierra de corte

Parámetro	Descripción	Dimensional
Dimensiones máximas de ancho y altura	200 x 100	mm
Tamaño de la cuchilla	350	mm
Velocidad de rotación	2,800	Rpm
Marca y modelo	Saint Feco SFDJ-650	N/A

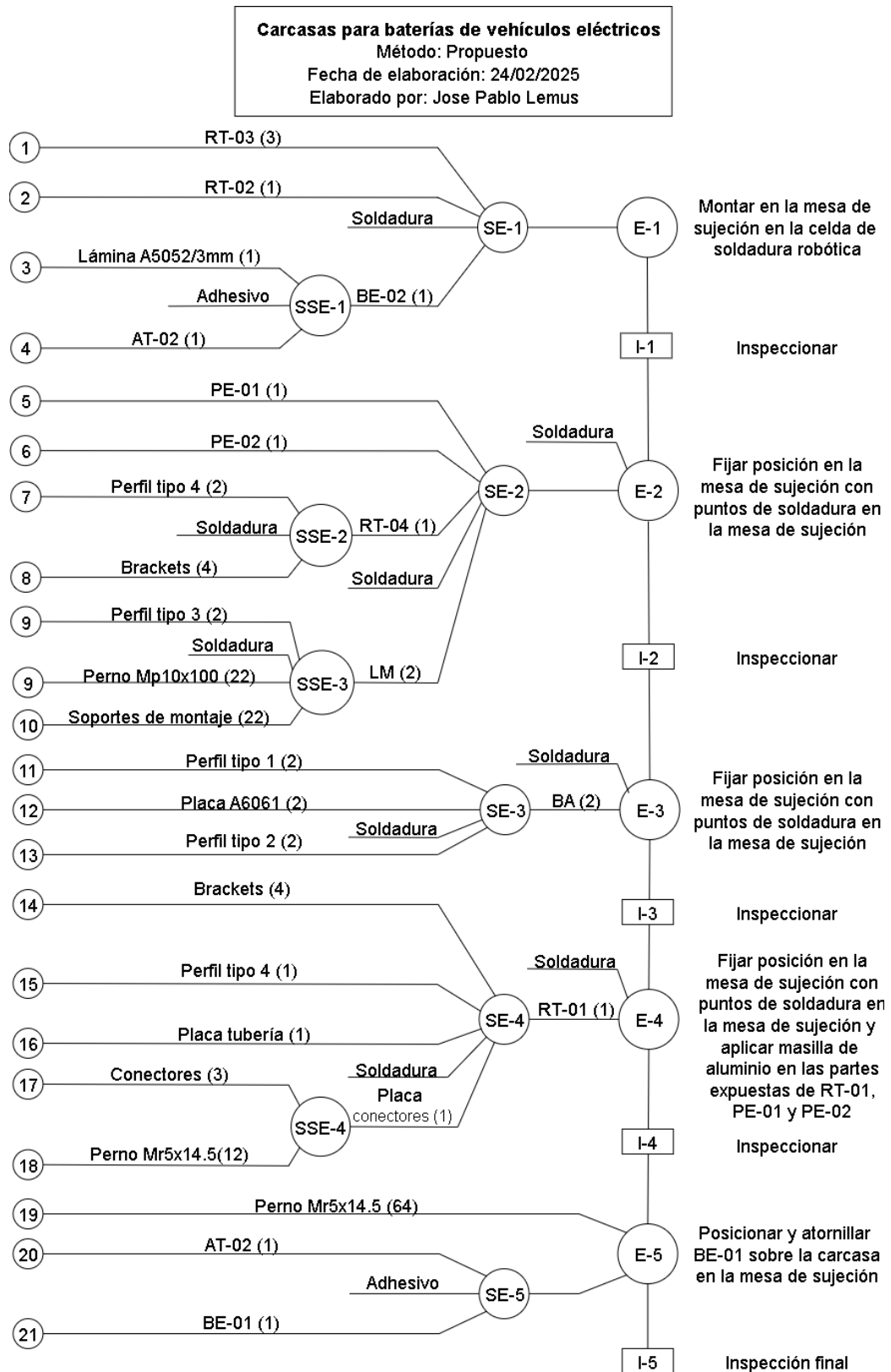
Nota. Jinan Saint-Feco Intelligent Machinery Co., LTD, 2025; elaboración propia.

Cuadro 20. Bill of materials por carcasa

Código	Descripción	Componentes	Cantidad
BA	Bracket de sujeción principal	Perfil tipo 1	2
		Perfil tipo 2	2
		Placa A6061	2
BE-01	Bandeja superior	Lámina A3003/3mm	1
		Aislante	1
BE-02	Bandeja inferior	Lámina A6061/3mm	1
		Aislante	1
LM	Lateral metálico	Perfil tipo 3	2
		Soportes montaje	24
RT-02	Refuerzo transversal 02	Perfil tipo 5	1
RT-03	Refuerzo transversal 03	Perfil tipo 5	2
PE-01	Placa exterior 01	Lámina A3003/2mm	1
PE-02	Placa exterior 02	Lámina A3003/2mm	1
RT-04	Refuerzo transversal 04	Perfil tipo 4	1
		Brackets	4
RT-01	Refuerzo transversal 01	Perfil tipo 4	1
		Brackets	6
		Placa conectores	4
		Placa tubería	4
		Conectores	4
		Pellets PBT-GF30	1

Nota. Elaboración propia.

Figura 21. Carta de ensamble para una carcasa



Nota. Elaboración propia.

Estimaciones de tiempos de operación

Para el cálculo de los tiempos de operación del proceso productivo se utilizó el sistema *MOST* (*Maynard Operation Sequence Technique*), un método de análisis de movimientos que permitirá estandarizar tiempos para el proceso de manufactura de las carcasas. Este sistema descompone las tareas en secuencias predefinidas, facilitando la estimación precisa del tiempo requerido para cada operación. Se establece además un factor de 1.3 para todas las operaciones de manera que se sobrestimen los tiempos, suponiendo que los procesos verdaderos comprenden un mayor número de tareas que las descritas a continuación.

Inyección de plásticos: el ciclo de inyección varía según múltiples parámetros como el diseño del molde, el tipo de material, los acabados deseados y la geometría de las piezas. Además, la información técnica específica de la inyectora seleccionada sobre tiempos de operación no está disponible para consulta. Por ello, el cálculo del tiempo de ciclo de inyección se basó en fuentes especializadas, como *Plastics Today*, una plataforma reconocida en la industria de plásticos que proporciona información sobre tecnologías avanzadas en moldeo por inyección, y *Polyplastics*, un fabricante global de polímeros de ingeniería que ofrece parámetros de moldeo (*Plasticstoday*, 2008; *Polyplastics*, 2025).

Corte de perfiles: el avance lineal especificado en la ficha técnica de la cortadora es de 700mm/min, el cálculo del tiempo de corte se base entonces en la razón entre el ancho del perfil y el avance.

$$T = \frac{a \times 60}{A_l} \quad (4)$$

Donde T es el tiempo de corte en segundos, a es el ancho del perfil en mm y A_l es el avance lineal de la cortadora en mm por minuto. Adicionalmente se realizó un cálculo de tiempos de operación para el posicionamiento de los perfiles en la posición correcta para iniciar el proceso de corte. La secuencia de movimientos es la siguiente:

$$(A3 + B3 + G3 + A3 + P3 + A3) \times 10 \times 0.0036 \times 1.3$$

Maquinado de agujeros y ranuras: el método de cálculo se basa en el avance lineal de los ejes, la distancia a recorrer para el posicionamiento, la cantidad de agujeros y los tiempos de operación de taladrado con los cuales es posible cuantificar el tiempo aproximado de la operación de maquinado. Según el fabricante el equipo tiene una función de alimentación automática moviéndose a una velocidad máxima de 700mm/min (0-140rpm donde 1 revolución de manivela = 5mm) en sus 3 ejes. La cantidad de posicionamientos de la materia prima se aplica como un factor (n) en función de la longitud de los componentes a maquinar y el desplazamiento máximo en el eje x de la máquina (780mm) la secuencia de movimientos es la siguiente:

$$(A3 + B3 + G3 + A3 + P3 + A3) \times 10 \times 0.0036 \times 1.3 \times n$$

Cuadro 21. Características del proceso de maquinado de agujeros

Componente	Distancia de retorno en eje z (mm)	Número de agujeros	Profundidad de agujero (mm)
RT-01 (6mm)	8	14	3
RT-04 (6mm)	8	12	3
LM-01/02 (6mm)	8	19	3
LM-01/02 (11mm)	155	13	150
BA (11mm)	17.7	4	12.7

Nota. La distancia entre agujeros se asume de 110mm en base a la razón del perímetro total de la carcasa de 7,000mm y los 64 agujeros de 6mm de la bandeja superior y 150mm para los agujeros de 11mm en los laterales metálicos. En el caso de BA se toman la misma distancia ante la ausencia de información específica. Se asume también una distancia de 5mm sobre la superficie del componente como posición inicial en el eje Z; elaboración propia.

Para el caso de las placas BA es necesario maquinar una ranura, según los datos del proveedor de herramienta seleccionado (ver cuadro 14) es posible estimar el tiempo de esta operación con las siguientes fórmulas:

$$Tc = L + r \times V \times N \quad (5)$$

Donde Tc es el tiempo de corte en segundos, L es la longitud de desplazamiento de la herramienta, r es el desplazamiento radial de la herramienta por corte, V es la velocidad de avance de la mesa en mm/min y N es la cantidad de cortes a realizar, la profundidad axial de la ranura se asume de 30mm por lo que es necesario 6 cortes laterales. Con base en las recomendaciones del proveedor la profundidad máxima de corte radial debe ser menor a $0.2D$ y la profundidad máxima de corte axial menor a $1.5D$. De manera que el tiempo de corte es el siguiente:

$$Tc = 5 + 5700 \times 60 \times 6 = 5.14$$

Troquelado y estampado: las troqueladoras seleccionadas son capaces de realizar 80 ciclos por minuto, por otra parte, la prensa servo hidráulica comprende 3 etapas en un ciclo de estampado: la etapa de ralentí donde un servomotor moviliza la prensa a razón de 120mm/s por un total de 200mm, la etapa de estampado donde se realiza el estampado a 14mm/s por un total de 600mm y la etapa de retorno que moviliza la prensa a 90mm/s hasta la posición inicial. La secuencia de movimientos asociada al posicionamiento de las láminas previo al estampado es la siguiente:

$$A3 + B3 + G3 + A3 + P6 + A3 + M1 \times 10 \times 0.0036 \times 1.3$$

Doblado: dadas las dimensiones de RT-01, el proceso de doblado es factible a través de las prensas de estampado con un troquel adecuado a la geometría requerida. Por lo tanto, el tiempo del proceso es el mismo a las de estampado.

Soldadura manual: la estimación de los tiempos de soldadura manual es altamente variables y dependen principalmente de las longitudes de los cordones de soldadura, el tipo de soldadura, el tamaño del cordón y del rendimiento del operador. En base a la publicación del AWS (American

Welding Society) titulada “Economics of welding and cutting” el tiempo de operación para una soldadura MIG depende del tiempo de arco y la eficiencia del operador.

Cuadro 22. Rangos de espesores para operaciones de soldadura

Ensayos en placas									
Tipo de soldadura	Espesor nominal T de la placa de ensayo tal como se suelda	Inspección visual	Número de probetas requeridas					Espesor nominal de placa calificada	
			Ensayos de doblado			Fractura de soldadura de filete	Ensayo macrográfico		
			Cara	Raíz	Lado			Min	Max
Ranura	T<1/8	Sí	1	1	-	-	-	T	2T
Ranura	1/8 ≤ T ≤ 3/8	Sí	1	1	-	-	-	1/8	2T
Ranura	3/8 < T < 1	Sí	-	-	2	-	-	1/8	2T
Ranura	≥ 1	Sí	-	-	2	-	-	1/8	Ilimitado
Filete	≤ 1/8	Sí	-	-	-	1	1	T	> 2T o 3/16
	1/8 < T < 3/8	Sí	-	-	-	1	1	T/2	2T
	≥ 3/8	Sí	-	-	-	1	1	T/2	Ilimitado

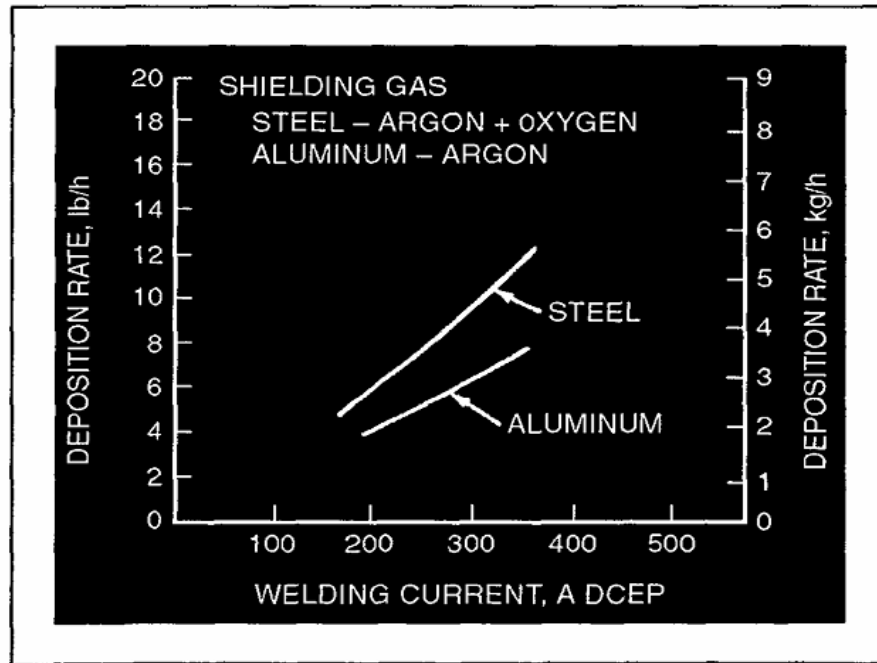
Nota. AWS, 2014; elaboración propia.

Cuadro 23. Características físicas de cordones de soldadura de tipo filete

Tamaño de soldadura de filete, S		Material depositado			
		Volumen		Peso	
in	mm	In3/ft	Mm3/mm	Lb/ft	Kg/m
3/16	5	0.34	18.2	0.10	0.15
¼	6	0.43	21.1	0.12	0.18
5/16	8	0.68	36.6	0.19	0.28
3/8	10	0.96	51.2	0.27	0.40
7/16	11	1.3	69.9	0.36	0.54
½	13	1.7	91.4	0.48	0.71
5/8	16	2.5	134.4	0.71	1.06
¾	19	3.6	193.6	1.0	1.5
7/8	22	5.0	268.8	1.4	2.1
1	25	6.4	344.1	1.8	2.9

Nota. AWS, 2014; elaboración propia.

Figura 22. Efectos de la corriente en la tasa de deposición para alambre de 1.6mm de soldadura MIG en acero y aluminio.



Nota. AWS, 2001.

El espesor de los componentes a soldar se asume de 3mm (0.1181 in < 0.125 in), con base en el Cuadro 22 el espesor recomendado para este proceso es 2 veces el espesor del componente a soldar, seguidamente en el Cuadro 23 se observa que para un cordón de 6mm se deposita 0.12lb de material de aporte por cada pie de longitud. La tasa de deposición varía según el amperaje, suponiendo 200A para la operación la tasa equivale aproximadamente a 4lb/h en base a la Figura 22. De manera que el tiempo de arco se vuelve directamente proporcional a la longitud del cordón de soldadura:

$$AT = 0.12lbft \times 3600 \times L4lbh \quad (5)$$

Donde AT es el tiempo de arco en segundos y L es la longitud del cordón de soldadura. El tiempo de operación se vuelve una razón entre AT y el factor del operador el cual representa ineficiencias del proceso, sin embargo, dado que los cordones de los elementos a soldar no son extensos, por simplicidad de cálculo se asume un 100% de eficiencia del operador.

Cuadro 24. Estimación de longitud de cordón de soldadura

Elemento	Longitud (mm)	Puntos de trabajo
Brackets de acople en RT-01	10	4
Subensamble BA	100	2
BA a LM	240	1

Nota. Elaboración propia.

Finalmente se agrega una secuencia de movimientos asociada al desplazamiento entre los puntos de trabajo de un mismo componente según sea necesario:

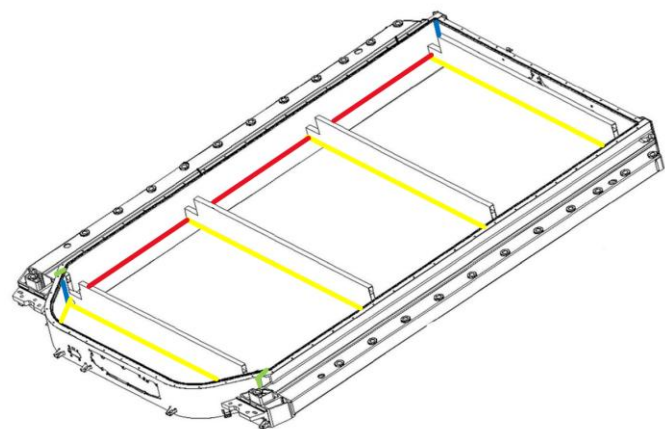
$$A3+B6\times10\times0.0036\times1.3$$

Instalación de conectores eléctricos y placas: la instalación de los conectores implica apretar con herramienta 4 pernos por cada uno de estos en la placa instalada en RT-01, esta placa se sostiene al perfil con 10 pernos y la de tubería se asume ocupa 4 pernos. La secuencia de movimientos es la siguiente:

$$\begin{aligned} &(A1+B3+G3+A1+P1+A1+G1+A1+P6+A1+G1+P6+F10\times4+A1 \\ &\quad +G1+A1+P6+A1+G1+P6+F10\times10+A1+G1+A1+P6\times4 \\ &\quad +(A1+G1+P6+F10))\times16\times10\times0.0036\times1.3 \end{aligned}$$

Soldadura automatizada: la cantidad, tipo y posición de los cordones de soldadura se desconocen; por ello, se asume una soldadura a tope laser de 6 mm de espesor con una velocidad de 53 mm/s, basada en las recomendaciones de automatización para soldadura de aluminio de la revista especializada en procesos de soldadura y fabricación metálica The Welder (Zoladz, 2024).

Figura 23. Posición de cordones para soldadura automatizada



Nota. Adaptado de “Un paquete de baterías y un vehículo que incluye dicho paquete de baterías”, por Ford Global Technologies Corporation, 2024, Patente No. CN118943554A. Copyright 2024 por Ford Global Technologies Corporation. Usado bajo uso legítimo.
Fuente: Adaptado de Ford Global Technologies Corporation, 2024, Patente No.CN118943554A, Fig. 8

Cuadro 25. Factores de operador para soldadura

Método de soldadura	Rango de factor del operador, %
Manual	5 a 30
Mecanizada	40 a 90
Semiautomatizada	10 a 60
Automatizada	50 a 1000

Nota. AWS, 2001; elaboración propia.

Con base en la Figura 23 se estima que la longitud total en base a las dimensiones generales de la carcasa es aproximadamente 16,900 mm, se aplica un factor promedio de operador del 75% para acomodar posibles ineficiencias del proceso.

Transportes: el movimiento de la materia prima alrededor de las instalaciones se realizará a través de montacargas retráctiles y carros de transporte manual, la velocidad máxima recomendada es de 6km/h y las distancias se basan en la distribución de planta que se presentará en la siguiente sección (UNO logística, 2023). Las siguientes secuencias de movimientos definen el movimiento de material entre bodega y entre estaciones en base a la distancia D (convertido a TMU con la velocidad) y el tamaño del componente que se traslada que para efectos prácticos se asume unitario.

Transporte de bodega a estación: $A3+M6+G1+M6+D+A1 \times 10 \times 0.0036 \times 1.3$

Transporte objeto ligero: $A3+B3+G1+A3+P3+A3+G1+D \times 10 \times 0.0036 \times 1.3$

Transporte objeto pesado: $A3+B3+G3+A3+P3+A3+G1+D \times 10 \times 0.0036 \times 1.3$

Inspecciones de calidad: dentro de los diferentes de procesos de manufactura se establecen diversos puntos de inspección, la secuencia de movimientos general se basa en la cantidad de puntos visuales (V) y los rasgos (R) que se deben inspeccionar por cada componente y es la siguiente:

$$(A3+B3+G1+A3+B3+P6+M32 \times R+A1+B3+P1+A1+V+A1+B3+R3 \times R) \times 10 \times 0.0036 \times 1.3$$

Corte y adhesión de aislante térmico: el material aislante se manipula en formato de rollos los cuales se cortan a medida y con un adhesivo industrial se fijan en una posición específica de la bandeja superior e inferior. La secuencia de movimientos propuesta para el proceso es la siguiente:

$$(A1+M6+A1+G1+P6+C1+A1+P1+A6+G1+M10+A1+P1+A6+B4+G1+A6+P6) \times 10 \times 0.0036 \times 1.3$$

Montajes a mesa de sujeción: este proceso es altamente incierto y variable debido a que cada uno de los componentes de la carcasa es distinto, sin embargo, con el objetivo de brindar una estimación del proceso se supone la siguiente secuencia de movimientos en función del número de componentes a sujetar:

$$A3+B3+G3+A3+P6+A1+G1+P6 \times 10 \times 0.0036 \times 1.3$$

Aplicación de masilla de aluminio: el proceso consiste en una limpieza inicial, un lijado para agregar rugosidad a la superficie y finalmente la aplicación de la masilla, la secuencia de movimientos es la siguiente:

$$(A1+G1+A1+M10+A1+P1+G1+A1+M10+A1+P1+G1+A1+P3+M10) \times 10 \times 0.0036 \times 1.3$$

Cuadro 26. Descripción de puntos visuales y rasgos para las inspecciones de proceso

Elemento	Puntos visuales	Rasgos
RT-01	24	6
RT-02	6	4
RT-03	6	4
RT-04	14	3
BE-01	-	-
BE-02	-	-
PE-01	3	2
PE-02	3	2
BA	7	2
LM	13	0
Carcasa	18	14

Nota. Para BE-01 y BE-02 se asume la utilización de plantillas; elaboración propia.

Instalación de soportes de montaje: Con base en la Figura 10 se observa que los soportes de montaje atraviesan perpendicularmente los laterales metálicos y tienen la función de alinear los agujeros del chasis y la carcasa para su respectivo montaje, se observa además que no hay cordones de soldadura presentes en el componente, de manera que el proceso de ensamble se realiza por un ajuste de interferencia (video). Se supone entonces que el ensamble de estos elementos implica una contracción térmica de los soportes, lo cual permita que la instalación pueda ser manual siguiendo la siguiente secuencia de movimientos propuesta:

$$A1+G1+A1\times 2+P6+M10\times 4+(A3\times 3)\times 10\times 0.0036\times 1.3$$

Bajo la separación descrita anteriormente entre agujeros de los soportes se supone que el operario será capaz de ensamblar 4 soportes de montaje antes de necesitar moverse físicamente cierta cantidad de pasos, de manera que cada lateral metálico posee 3 posiciones a las que el operario se desplaza para el ensamble de las piezas las cuales realiza con movimientos repetidos con un mazo.

Cuadro 27. Tiempos de operación

Operación	Tiempo (s)	Supuestos y datos adicionales
Ciclo de inyección	18	Apertura y cierre: 2s, mantenimiento: 5 s, enfriamiento: 10 s, inyección: 1 s
Corte perfiles tipo 1	15	-
Corte perfiles tipo 2	19	-
Corte perfiles tipo 3	19	-
Corte perfiles tipo 4	19	-

Operación	Tiempo (s)	Supuestos y datos adicionales
Corte perfiles tipo 5	17	-
Maquinado de agujeros RT-01	173	
Maquinado de agujeros RT-04	151	Según el avance lineal y la distancia de taladrado los tiempos de operación en segundos para agujeros de 11mm (155mm y 17.7 mm de profundidad) y 6 mm (8mm de profundidad) es de 13.28 ,1.51 y 0.55
Maquinado de agujeros LM	750	
Maquinado de agujeros BA	48	
Troquelado RT-01	11	-
Troquelado PE-01	3	La velocidad del sistema de alimentación de lámina es de 22m/min según el fabricante y se estima una sección de 300mm por troquelado
Troquelado PE-02	3	
Estampado BE-01	64	La velocidad del Sistema de alimentación de lámina es de 16m/min según el fabricante, se estima el tiempo total de corte en 15 seg previo al estampado
Estampado BE-02	64	
Doblado RT-01	64	-
Soldadura manual Brackets RT-01	135	Cada bracket de sujeción necesita 5mm de cordón en 2 caras opuestas.
Soldadura manual Brackets RT-04	135	
Soldadura manual subensamble BA	38	El cordón equivalente a la unión de la placa y lo soldadura de los perfiles extruidos es de 100mm
Soldadura manual LM	429	El cordón para los soportes de montaje se toma como un círculo con diámetro de 40mm. El operador repite la secuencia de movimientos cada 2 soportes de montaje soldados
Soldadura manual BA a LM	183	La unión hacia los laterales metálicos se da a través de dos cordones de soldadura en 2 caras opuestas de BA de 120mm cada uno
Instalación de conectores eléctricos	88	-

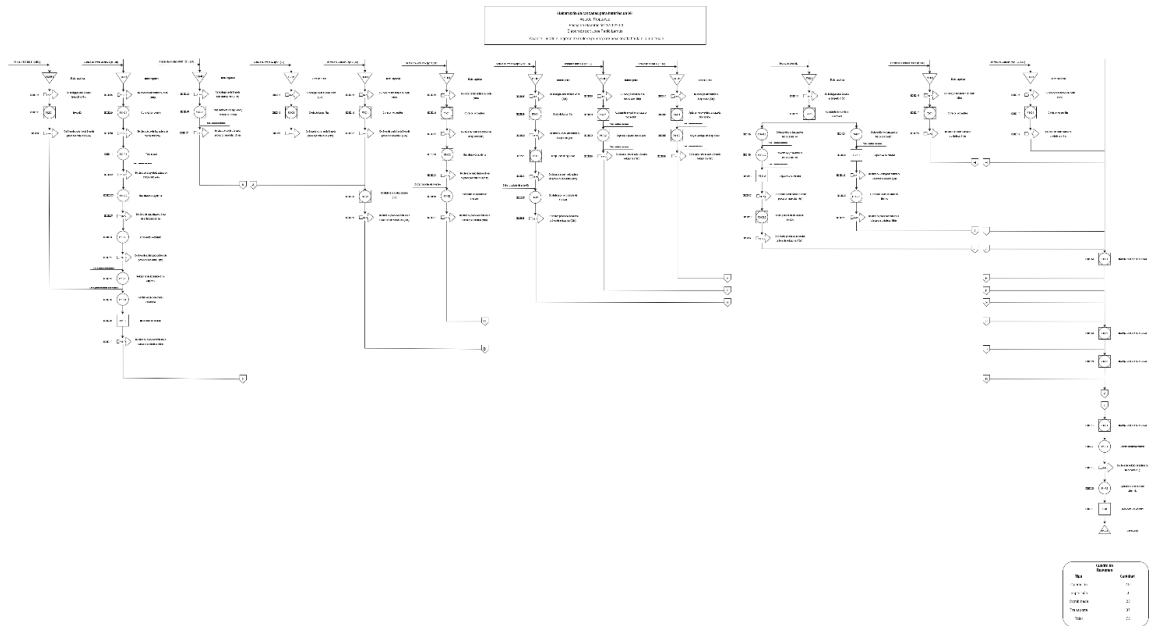
Operación	Tiempo (s)	Supuestos y datos adicionales
Soldadura automatizada	460	Cordón rojo, amarillo, azul y verde equivalen a longitudes de: 2000mm, 1200mm, 200mm y 50mm respectivamente
Transporte de bodega (10m)	16	-
Transporte de bodega (18m)	22	-
Transporte de inyección a procesos manuales (p)	11	-
Transporte de corte a troquelado (g)	10	-
Transporte de troquelado a maquinado (g)	12	-
Transporte de maquinado a estampado (g)	28	-
Transporte de maquinado a corte (g)	12	-
Transporte de maquinado a corte (p)	24	-
Transporte de maquinado a procesos manuales (g)	12	-
Transporte de estampado a procesos manuales (g)	17	-
Transporte de procesos manuales a soldadura (g)	11	-
Transporte de procesos manuales a soldadura (p)	16	-
Transporte de corte a procesos manuales (p)	27	-
Transporte de troquelado a soldadura (p)	19	-
Transporte de corte a soldadura (p)	19	-

Operación	Tiempo (s)	Supuestos y datos adicionales
Transporte de soldadura a inspecciones (p)	12	-
Corte y adhesión de aislante térmico	28	Se asume que esta capa se compone de secciones rectangulares con dimensiones cercanas a la de las bandejas
Montaje y sujeción del primer ensamble	61	Ver Figura 21 como referencia de los ensambles
Montaje y sujeción del segundo ensamble	61	
Montaje y sujeción del tercer ensamble	24	
Montaje y sujeción del cuarto ensamble	12	
Aplicación de masilla de aluminio	21	-
Ensamble de soportes de montaje	70	-

Nota. p y q simbolizan el manejo de objetos pequeños y grandes conocidos en el sistema MOST como ligeros y pesados o voluminosos; elaboración propia.

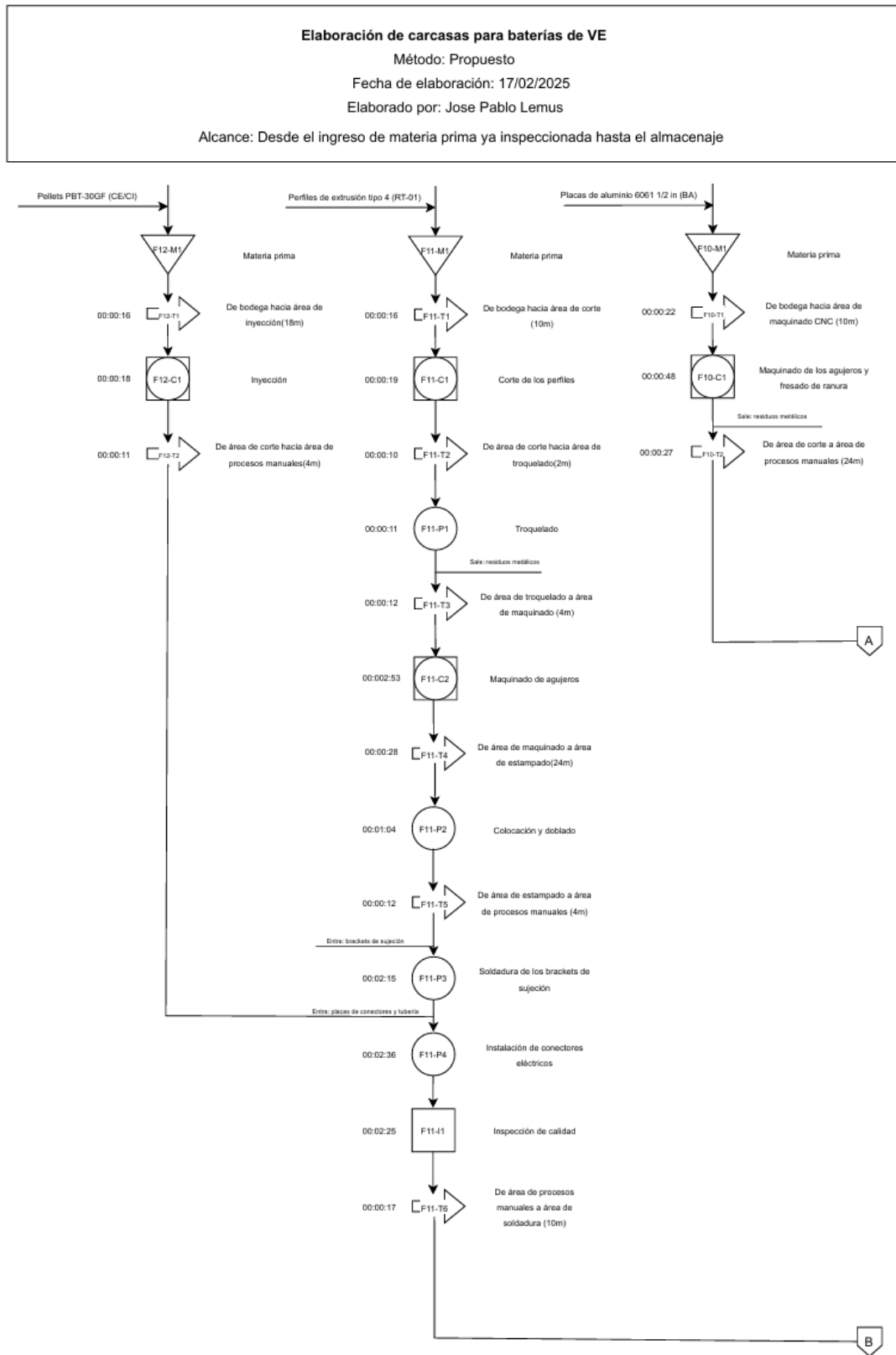
El diagrama de operaciones propuesto emplea una serie de conectores de página dada su extensión horizontal y vertical, los conectores están dispuestos en pares de manera que aquellos con la misma identificación muestran la continuación de las líneas del flujo del proceso. Como referencia se adjunta una versión completa del diagrama para facilitar la comprensión de la estructura general.

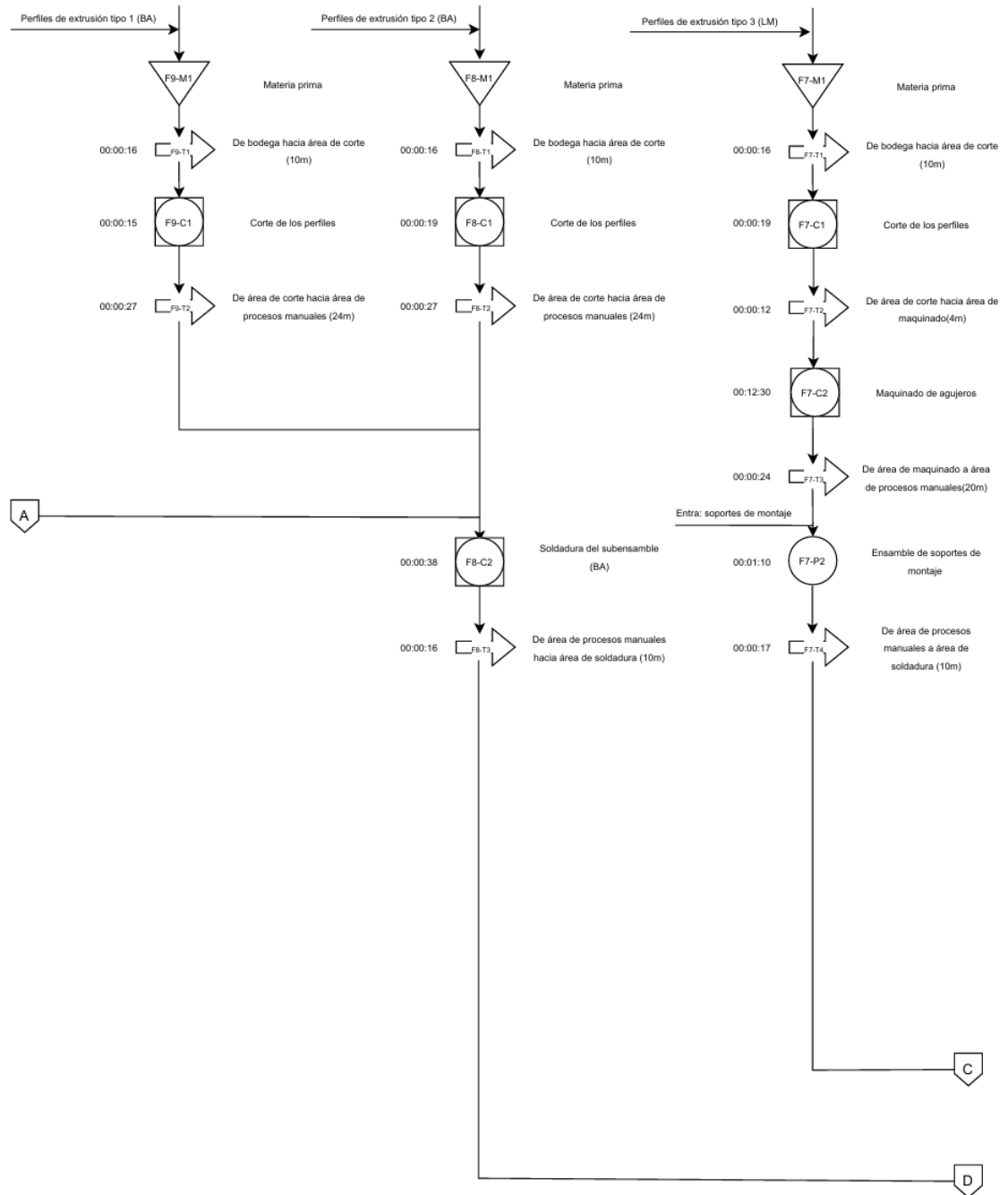
Figura 24. Diagrama de operaciones en vista general

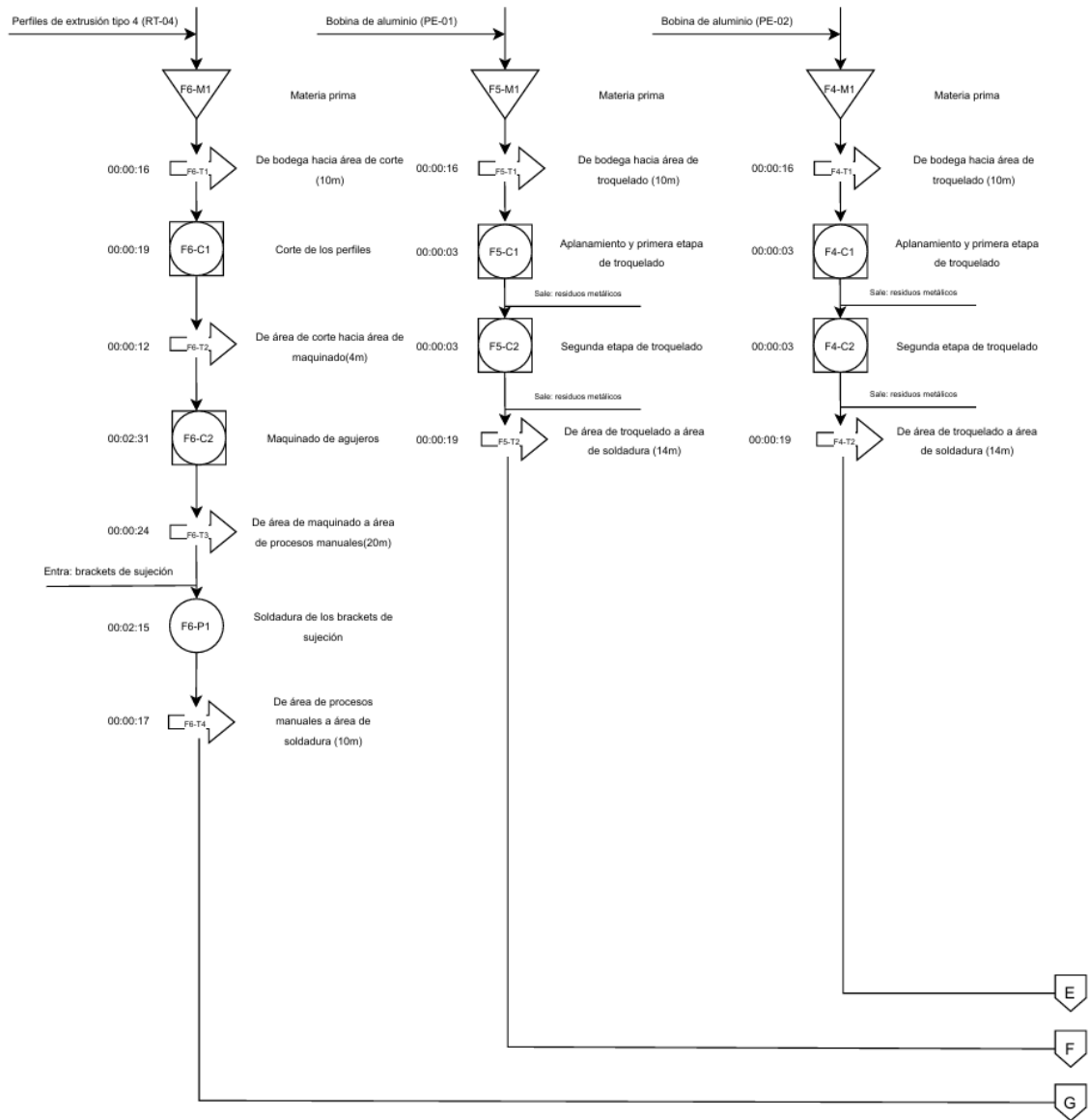


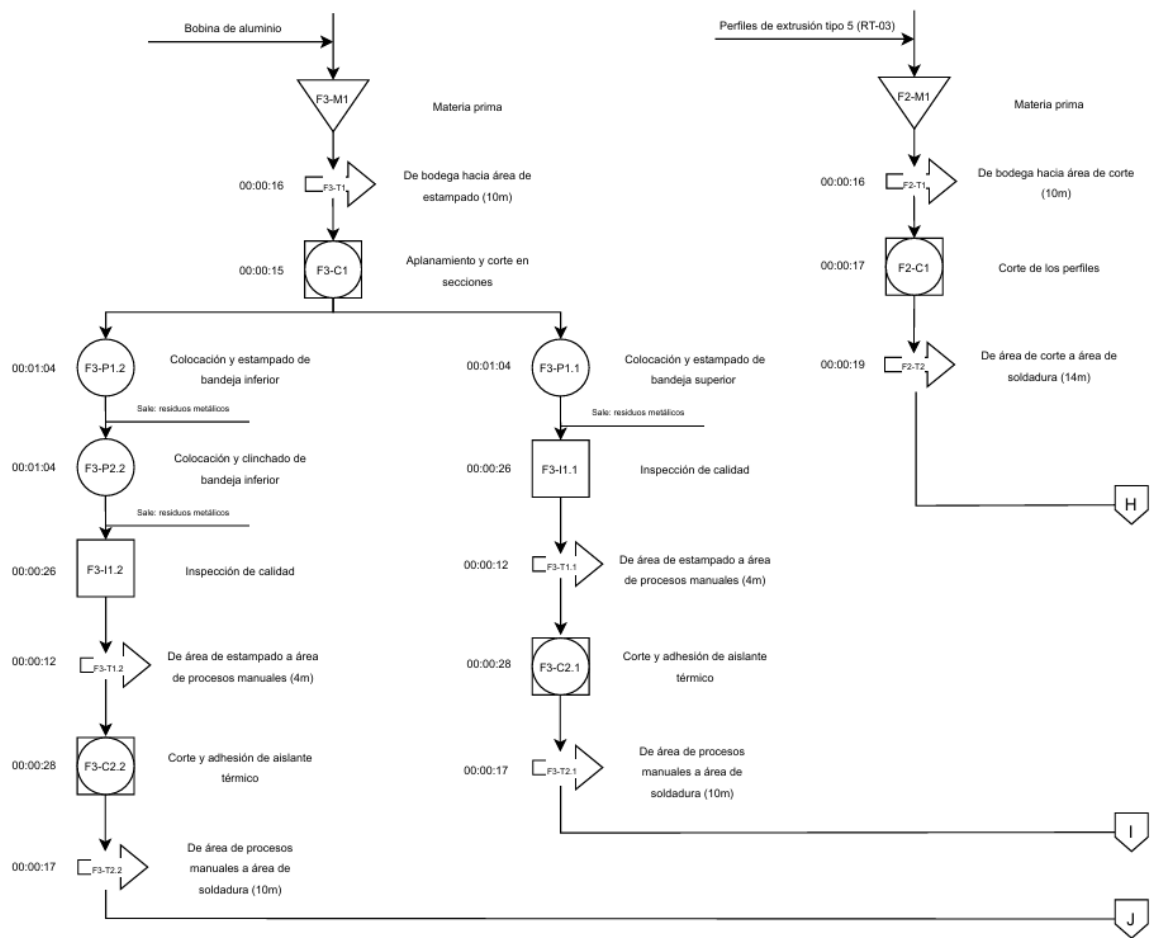
Nota. Elaboración propia.

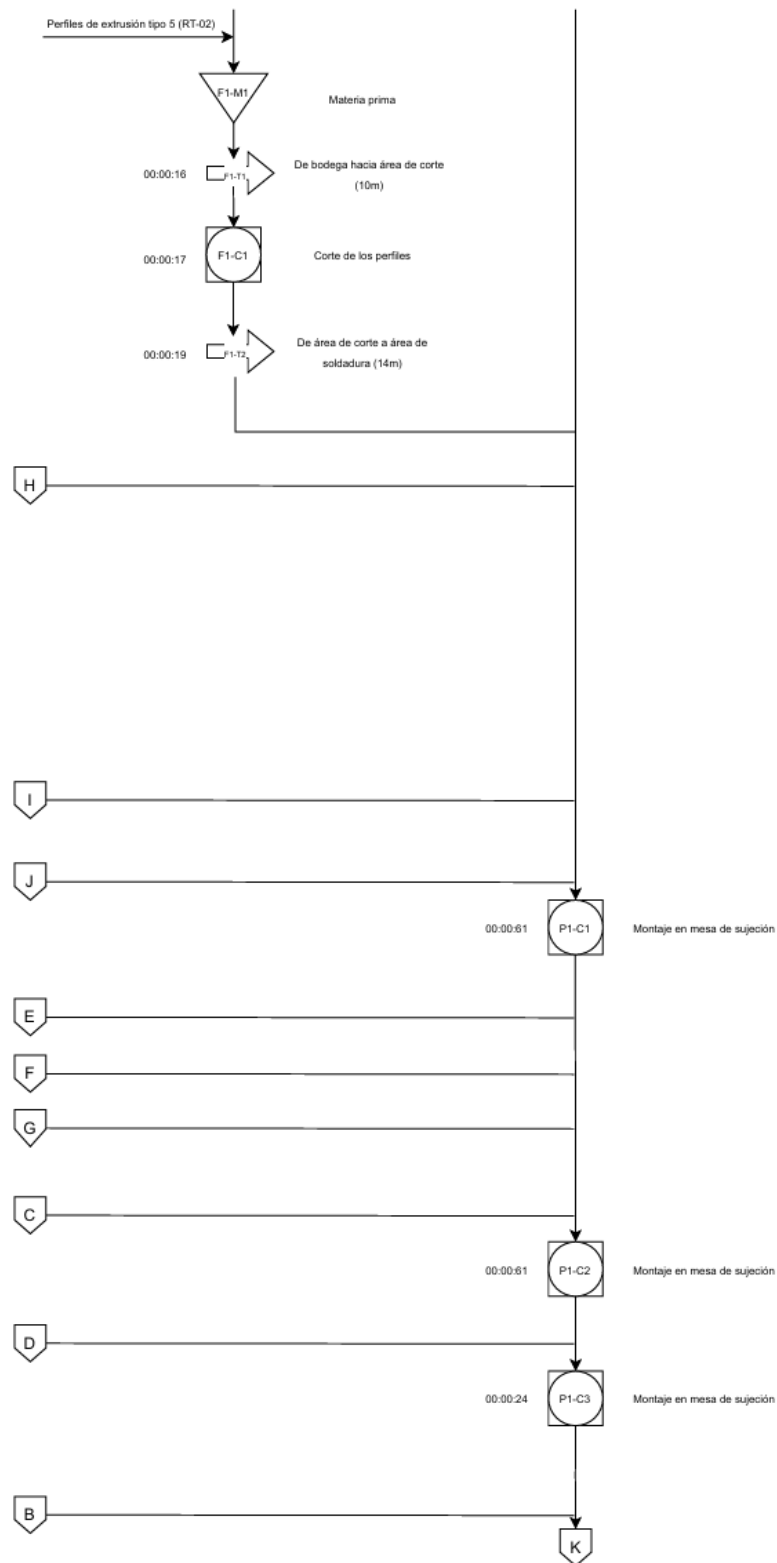
Figura 25. Diagrama de operaciones

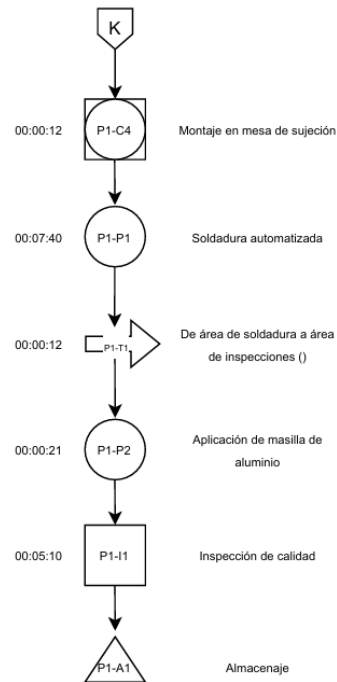












Cuadro de Resumen	
Tipo	Cantidad
Operación	11
Inspección	4
Combinada	22
Transporte	37
Total	73

Nota. Elaboración propia.

La Figura 25 tiene como objetivo principal mostrar el flujo de operaciones que se supondrá para realizar el diseño de la línea de producción, identificando las precedencias de cada uno de los procesos y su secuencia para la incorporación al flujo principal según se demuestra en la carta de ensamble.

El objetivo de producción se estableció inicialmente como un dimensionamiento preliminar del proceso de manufactura, con el propósito de evaluar la capacidad operativa del sistema bajo un escenario de referencia. Para ello, se utilizó como parámetro el 10 % de la producción anual estimada del modelo Ford Mustang Mach-E (Figura 9), valor que no representa una cuota real de mercado, sino una base técnica para definir los requerimientos de maquinaria y personal. Bajo este supuesto, y considerando 20 días hábiles por mes, se determinó una producción equivalente a 30 carcasas diarias, resultando en 600 unidades mensuales. Este volumen permitió establecer las condiciones iniciales para la simulación del proceso de manufactura, asumiendo tiempos de

procesamiento constantes y la disponibilidad inmediata de componentes y subensambles. Posteriormente, al actualizarse los datos de producción del modelo, la estimación de demanda fue corregida y se proyectaron variaciones de volumen para los años siguientes; sin embargo, el diseño de la línea se mantuvo con base en el dimensionamiento inicial, dado que este proporciona un margen operativo adecuado para la validación de la capacidad instalada

Figura 26. Diagrama de simulación

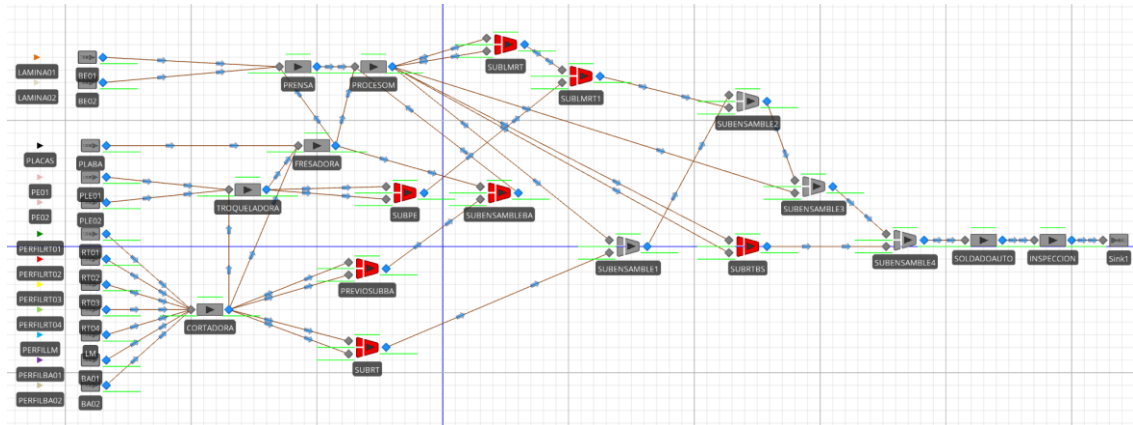


Imagen utilizada por cortesía de Simio, LLC.

Nota. Elaboración propia.

Las máquinas se modelan como servidores y aquellos procesos de subensamble se definen como *combiners*, dado que en algunos de estos más de dos componentes son ensamblados, se utilizaron algunos de ellos como pasos previos para combinarse en una sola entidad y por tal motivo se distinguen con un color rojo. Se excluye el proceso de inyección de plásticos debido a que la producción de los componentes que requiere una carcasa son muy pocos, el tiempo de procesamiento es muy corto y este proceso es completamente independiente del resto de maquinaria. Los conectores se necesitan al llegar los componentes RT-01 a procesos manuales lo cual toma 3 horas desde el inicio de operaciones, con un tiempo de ciclo equivalente de 38 segundos (al incluir 4 cambios de moldes de 10 minutos más los 18 segundos del ciclo de inyección por unidad) el tiempo total para producir 120 conectores es de 1.27 horas. Las conexiones del sistema son instantáneas ya que el tiempo de transporte se agregó al tiempo de procesamiento, también para aquellos componentes como los laterales metálicos de los cuales una carcasa utiliza más de dos unidades se modela en forma de una sola entidad, pero con un tiempo de proceso equivalente.

Para los procesos de prensado y troquelado es necesario el cambio de los troqueles para producir los distintos tipos de componentes debido a que se contempla la reutilización de la maquinaria. Para evitar cambios constantes se trabajará con lotes de 30 unidades, los tiempos de estas operaciones incluyen una compensación equivalente a la razón entre el tiempo de cambio de troquel (1200s para la prensa y 600s para la troqueladora) dentro de las unidades del lote, de manera que al terminar un lote la compensación se acumule y represente el setup de la maquinaria previo a procesar otro componente

Cuadro 28. Resultados de primera iteración de simulación

Maquinas/estaciones	F.U (%)	Cantidad de operarios	Cantidad de máquinas	Tiempo de espera promedio (h)
Troqueladora	4.52	N/A	1	0.1536
Soldadura automática	15.35	N/A	1	0.008
Procesos manuales	41.23	1	N/A	0.0871
Prensa	22.68	N/A	1	0.9586
Inspecciones	10.30	1	N/A	0
Fresadora	91.52	N/A	1	2.7582
Cortadora	16.05	N/A	1	0.6767
Producción de 30 unidades en 17.85 horas				

Nota. Elaboración propia.

Cuadro 29. Resultados de segunda iteración de simulación

Maquinas/estaciones	F.U (%)	Cantidad de operarios	Cantidad de máquinas	Tiempo de espera promedio (h)
Troqueladora	4.52	N/A	1	0.1536
Soldadura automática	15.35	N/A	1	0.008
Procesos manuales	41.23	1	N/A	0.0871
Prensa	22.68	N/A	1	0.9586
Inspecciones	10.30	1	N/A	0
Fresadora	91.52	N/A	2	2.7582
Cortadora	16.05	N/A	1	0.6767
Producción de 30 unidades en 11.70 horas				

Nota. Elaboración propia.

Cuadro 30. Resultados de tercera iteración de simulación

Maquinas/estaciones	F.U (%)	Cantidad de operarios	Cantidad de máquinas	Tiempo de espera promedio (h)
Troqueladora	4.52	N/A	1	0.1536
Soldadura automática	15.35	N/A	1	0.008
Procesos manuales	41.23	1	N/A	0.0871
Prensa	22.68	N/A	1	0.9586
Inspecciones	10.30	1	N/A	0
Fresadora	91.52	N/A	3	2.7582
Cortadora	16.05	N/A	1	0.6767
Producción de 30 unidades en 9.64 horas				

Nota. Elaboración propia.

Cuadro 31. Resultados de cuarta iteración de simulación

Maquinas/estaciones	F.U (%)	Cantidad de operarios	Cantidad de máquinas	Tiempo de espera promedio (h)
Troqueladora	4.52	N/A	1	0.1536
Soldadura automática	15.35	N/A	1	0.008
Procesos manuales	41.23	2	N/A	0.0871
Prensa	22.68	N/A	1	0.9586
Inspecciones	10.30	1	N/A	0
Fresadora	91.52	N/A	1	2.7582
Cortadora	16.05	N/A	1	0.6767
Producción de 30 unidades en 8.56 horas				

Nota. Elaboración propia.

El comportamiento del sistema tiende a concentrar tiempos de ocio en los subensambles de la carcasa al momento de procesar el fresado de agujeros de LM (cuello de botella), una vez se terminan estos componentes los tiempos de ocio se concentran en la primera etapa del sistema, esto es causado principalmente por el trabajo por lotes y el tiempo elevado de procesamiento anterior. Durante el proceso de experimentación en la segunda iteración se determinó que la mejor secuencia de corte de los perfiles contribuyó a la reducción del tiempo total de producción y es la siguiente: RT-04, RT-02, RT-03, LM, BA tipo 1, BA tipo 2 y RT-01. Otro de los factores que contribuyó a la drástica reducción del tiempo de producción para la segunda iteración fue el incremento de la cantidad de máquinas para las operaciones de fresado.

Continuando con este tipo de cambios en la tercera iteración se redujo a 9.64 horas el tiempo de producción, se observa que la reducción del tiempo empieza a cambiar en un menor ritmo y que el factor de utilización de los procesos manuales empieza elevarse significativamente.

En la cuarta iteración se agregó un operario más para los procesos manuales y se trabajó con lotes de 15 unidades para la cortadora de manera que se pueden integrar operaciones en paralelo una vez se alimenten los subensambles con diferentes tipos de perfiles, además en base a la secuencia que se definió anteriormente RT-01 podría entrar al sistema e iniciar su proceso con antelación sin retrasarlo al procesar 30 unidades en cada etapa de su proceso.

Lo destacable en este proceso iterativo es una reducción del 48% del tiempo total de producción requerido, una reducción significativa de los tiempos promedio de espera para la fresadora y un aumento de los factores de utilización de las diferentes máquinas. En los resultados se observa que las cortadoras, la troqueladora y las inspecciones tienen la utilización más baja, sin embargo, esto se debe a que sus procesos asociados son relativamente bajos al resto y como tal su aporte a la línea de producción ya fue realizado. En base a la creciente demanda y producción de VE en el sector automotriz mexicano se espera que sea necesaria la expansión de las operaciones, de manera que a excepción de los procesos manuales hay un rango de utilización disponible.

Plan de producción

En el caso del Mustang Mach-E ensamblado en Cuautitlán, México, la proveeduría de carcasas de batería recae actualmente en Nemark, quien en 2020 anunció la inversión de 25 millones de dólares para instalar una planta dedicada a la producción de estos componentes de aluminio, posicionándose como proveedor exclusivo de Ford para este modelo en la región. En 2023, la producción del Mach-E en México alcanzó las 94,436 unidades, todas equipadas con carcasas de

Nemak, mientras que las proyecciones de la empresa automotriz estiman un aumento de capacidad de aproximadamente 210,000 unidades anuales en los próximos años. Se muestra entonces una dependencia concentrada en un único proveedor; en la industria es común las prácticas como el “*dual sourcing*” para mitigar riesgos de abastecimiento, en 2024 el 73% de las compañías encuestadas por McKinsey reportaron avances en estrategias de doble abastecimiento para componentes críticos. La factibilidad de proveer carcasas de baterías a la industria automotriz mexicana depende de la adopción de esta estrategia en la cadena de suministro de Ford, se supone un esquema de reparto 90/10 en donde el proveedor principal abastece el 90% de la demanda y un segundo proveedor abastece el 10% restante. La capacidad de la planta de 7,200 carcasas anuales podría cubrir entre 7.6% de la producción actual (2023) y 3.4% de la producción proyectada a máxima capacidad, un rango de participación factible dentro de la estrategia de diversificación de riesgo de Ford y de la dinámica de crecimiento del mercado de vehículos eléctricos en México (Nemak, 2020; INEGI-AMIA, 2024; WardsAuto, 2023; McKinsey, 2024).

Con base en la simulación, se estableció una capacidad base de diseño de 7,200 unidades/año como punto de referencia técnico para determinar los recursos necesarios, la inversión en activos y la estructura de costos. Dada la evolución de la demanda y el objetivo de mantener una cuota de mercado del 10%, la meta de producción se ajusta a 9,762 unidades en el primer año. La capacidad de producción base se finaliza en una jornada laboral de 8.56 horas, para ajustarse a los nuevos valores de demanda es posible la extensión del horario de operación de la planta hasta un máximo de 24 horas, generando una capacidad máxima teórica de aproximadamente 21,000 unidades anuales.

Para proyectar la producción futura se calculó la tasa compuesta anual de crecimiento tomando como base el período comprendido entre 2021 y 2025. Dado que los registros disponibles para 2025 solo abarcan hasta el mes de junio, se asumió razonable que el valor de dicho mes se mantiene constante en los meses restantes del año completando así la serie histórica. Bajo este supuesto, el CAGR obtenido se utilizó para estimar los valores de producción en 2026 y 2030, lo cual permite extender la proyección en un horizonte de mediano plazo con base en un patrón de crecimiento consolidado.

Cuadro 32. Producción del Mustang Mach-E

Año	2021	2022	2023	2024	2025
Unidades	58,292	77,897	94,436	53,904	88,054

Nota. INEGI, 2025; elaboración propia.

Cuadro 33. Proyección de producción del Mustang Mach-E

Año	2026	2027	2028	2029	2030
Producción (Ford)	97,619	108,223	119,979	133,012	147,460
Producción prevista	9,762	10,822	12,000	13,301	14,746
Producción diaria	41	45	50	56	62
Tiempo requerido (h)	11.33	13.41	14.95	16.74	17.16

Nota. Tiempo requerido fue obtenido de la simulación de la producción con las unidades diarias; elaboración propia.

6.3.6 Distribución de planta de producción

Cálculo de espacios

La importación de la materia prima es a través de un transporte marítimo con un lead time máximo de 54 días, por lo que los espacios requeridos para el almacenamiento de estos se basarán en inventarios para 2 meses de producción.

Área de maniobras para descarga de materia prima y carga de producto terminado: El espacio mínimo de maniobra para camiones con contenedores de 40ft es de 120ft de profundidad si estos se encuentran espaciados entre ellos 12 ft respecto a la línea de centro del contenedor. Se asume que la planificación del recibimiento de materia prima y envío de producto terminado tendrá como máximo 3 contenedores ocupando el área de maniobras simultáneamente, de manera que añadiendo un margen de 6ft en los extremos de los contenedores el ancho sería de 44ft (Nova Technology, 2013).

Almacenamiento de las bobinas: El dimensionamiento de las bobinas de aluminio tiene como objetivo prevenir tiempos de setup recurrentes para el sistema de alimentación. El peso máximo para el sistema de alimentación de la prensa y la troqueladora son de 10 y 2 toneladas, de acuerdo con las especificaciones del fabricante, se tomarán 4 toneladas como el peso para el desarrollo del espacio de almacenamiento del aluminio 6061 y 2 toneladas para el aluminio 3003.

A continuación, se muestran los resultados de los cálculos para determinar las dimensiones de las bobinas a través de una calculadora en línea de Wieland Metal Services (empresa dedicada a la comercialización de metales en norte américa) y su rendimiento en términos de unidades producidas (Wieland, 2025).

Cuadro 34. Rendimientos para producción de 30 carcasas diarias de bobinas de aluminio 6061-O

Variable	Magnitud	Dimensional
Peso de la bobina	4.00	t
Diámetro exterior	1,295.40	mm
Ancho de bobina	1,200.00	mm
Espesor	3.00	mm
Longitud total	371.64	m
Secciones disponibles	185.00	u
Número de carcasas	61.00	u
Requerimiento mensual	10.00	bobinas

Nota. Diámetro interior de la bobina estándar de 508mm; elaboración propia.

Cuadro 35. Rendimientos para producción de 30 carcasas diarias de bobinas de aluminio

Variable	Magnitud	Dimensional
Peso de la bobina	2.00	t
Diámetro exterior	1,751.58	mm
Ancho de bobina	300.00	mm
Espesor	2.00	mm
Longitud total	1,103.65	m
Secciones disponibles	3,678.86	u
Número de carcasas	1,839.00	u
Requerimiento mensual	0.33	bobinas

Nota. Diámetro interior de la bobina estándar de 508mm; elaboración propia.

Las bobinas de aluminio 6061 son capaces de proveer el material suficiente para 61 carcasas, lo cual es equivalente a dos días de producción bajo las condiciones actuales e implicaría la necesidad de importe de 10 bobinas mensuales. Por otra parte, el aluminio 3003 es capaz de proveer 1,839 carcasas siendo necesario el importe de una de estas bobinas de forma trimestral.

El proveedor de las bobinas las envía en pallets especializados para soportar su peso, según la cotización (ver Figura 48) el espacio para las bobinas de 4 toneladas es de 150x150x150 cm y para las bobinas de 2 toneladas 130x130x130 cm. El espaciamiento entre bobinas debe ser suficiente para permitir su transporte interno sin ocasionar daños al resto de material almacenado, se utilizarán polipastos portátiles motorizados para su movilización los cuales ocupan poco espacio, son capaces de manejar cargas altas y su costo no es tan elevado en comparación a un montacargas con las mismas prestaciones o un sistema de grúa viajera que implica una inversión significativamente mayor, de manera que el espaciamiento entre bobinas se define de 300 mm y el espaciamiento entre filas de 1000 mm (Lampre, 2021).

La altura de la plataforma sobre las que se transportan las bobinas es de 1,219 mm, el diámetro exterior de la bobina de aluminio 3003 es de 1,751.58 mm, se asume además un margen del espacio que ocupa el polipasto completamente retraído de 300mm. El total de la altura necesaria del polipasto sería entonces de 3,270 mm, agregando una distancia de elevación de maniobra de 300mm y agregan un margen para permitir versatilidad de operación la altura se define de 4,000 mm. Respecto al ancho de la plataforma, esta equivale a 2,590 mm sumando a esto un margen de espacio por lado de 300mm el total sería de 3,200mm.

Por motivos de estabilidad el movimiento de las bobinas con el polipasto deberá ser lento y controlado para evitar cualquier tipo de accidente, por tal razón para aumentar la velocidad de cambio de bobina en los sistemas de alimentación para estampados y troquelados, se utilizará un carro de transferencia eléctrico capaz de elevar hidráulicamente la carga de 4 toneladas a 1,200mm lo cual se supone es la altura del carrete.

Figura 27. Polipasto portátil motorizado



Nota. Henan Tosta Machinery Co., Ltd, 2025.

Figura 28. Carro de transferencia de bobinas



Nota. Xinxiang Hundred Percent Electrical And Mechanical Co., LTD, 2025.

Almacenamiento de perfiles de extrusión: Se asume que el ancho de los pallets es de 1000 mm de acuerdo con las dimensiones de un pallet americano, que el largo de este se adecua al necesario de los perfiles para evitar un proceso de corte adicional y la altura se limita a 1200 mm para adecuarse a un almacenaje con estanterías paletizadoras y para apilar pallets dentro del contenedor. El espaciamiento entre pallets es de 130 mm de acuerdo con las recomendaciones del manual técnico para racks de almacenamiento publicado por industrias bono, empresa especializada en la fabricación de este tipo de estructuras para el almacenamiento de material paletizado (Revista Negocios Globales, 2013); (Industrias Bono S.R.L, 2019).

Dado que la importación en contenedores de estos perfiles requiere que los pallets estén apilados para aprovechar de mejor manera el espacio disponible, el manejo en bodega debe realizarse con montacargas, para dimensionar la capacidad necesaria del equipo, el espacio requerido para el almacenamiento y definir la cantidad de contenedores para el desarrollo de los costos de importación se realizará una estimación del peso de cada pallet, así como de la cantidad de perfiles que cada uno contiene.

Cuadro 36. Características de paletización para perfiles de extrusión

Descripción	LM	RT-02/03	RT-01	RT-04	BA-01	BA-02
Perfiles en el ancho del pallet	10	6	25	25	5	12
Perfiles en el alto del pallet	8	40	4	4	10	20
Perfiles totales por pallet	80	240	100	100	50	240
Longitud del perfil (mm)	2000	1200	1500	1200	1500	1500
Peso del pallet (kg)	954.99	987.03	1640.16	1312.13	1324.94	1908.28
CBM por pallet	2.4	1.44	1.8	1.44	1.8	1.8
Pallets por pedido	30	20	12	12	3	1

Nota. Se asume que BA-01 se debe cortar en secciones de 150 mm y BA-02 en secciones de 100 mm y área transversal de los perfiles observable en sección de anexos, densidad del aluminio de $2,720 \text{ kg/m}^3$; elaboración propia.

La información del Cuadro 36 es una aproximación de las dimensiones de los pallets que se manejarán para los perfiles de extrusión, en el caso de BA-01 es necesario agregar 10 perfiles a lo especificado dado que esta cantidad no es suficiente para solicitar un pallet adicional, por lo que se asume que dentro de los 3 pallets se compensa esta cantidad, sin exceder en sobremanera las dimensiones máximas de la carga que se estableció anteriormente.

Almacenamiento de pellets: cada carcasa necesita de 4 conectores cada uno pesa 22.27 gr, de manera que para almacenar la cantidad necesaria para 2 meses de producción son necesarios 106.89 kg, sin embargo, el pedido mínimo del proveedor es de 600kg, de manera que se realizarán pedidos de 641kg para suplir 12 meses de operación, el formato de la materia es de sacos de 25kg los cuales se envían en un pallet estándar americano.

Almacenamiento de aislante térmico: las capas de aislante térmico de acuerdo con la Figura 13 cubren la mayoría del área de las bandejas superior e inferior, se asume entonces que las secciones que se adhieren a estos componentes son de $1 \times 1.8 \text{ m}$ equivalente a 3.6 m^2 por carcasa. Para cubrir la producción de 2 meses es necesario almacenar $4,320 \text{ m}^2$ de rollos de aislante térmico con un espesor supuesto de 5mm.

Almacenamiento de producto terminado: el ensamble de la carcasa completa pesa aproximadamente 485kg, suponiendo que los componentes de interés representan un 30% del peso cada unidad de producto terminado supondría un peso de 145kg. Las carcasas serán embaladas en pallets personalizados de $2.2 \text{ m} \times 1.4 \text{ m}$ los cuales pueden alojar un total de 4 carcasas verticalmente (250mm de alto cada carcasa) para estar por debajo de los 1,200mm de altura, de manera que puedan ser apiladas en dos niveles para su acomodamiento en contenedores y en el espacio de almacenamiento de la planta de producción.

Almacenamiento de brackets de sujeción: se asume que el volumen requerido de un bracket es de $20,412 \text{ mm}^3$ de acuerdo con las dimensiones del componente ($27 \times 27 \times 28 \text{ mm}$). El volumen de un pallet americano estándar de 1200 mm de altura es de 1.44 m^3 , de manera que es posible almacenar un total de 70, 546 unidades, según lo observable en la Figura 12 cada carcasa necesita 10 unidades de manera que el total necesario para dos meses de producción es de 12,000 unidades, cada una con un peso de 0.022kg en base a las propiedades físicas del modelo CAD el pallet tendría un peso total de 267.27kg.

Figura 29. Modelo CAD de brackets de sujeción

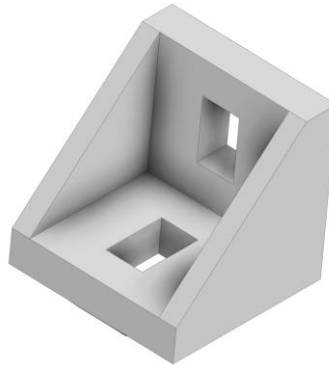


Imagen utilizada por cortesía de *Autodesk, Inc.*

Nota. *Traceparts*, 2025.

Almacenamiento de soportes de montaje: Los soportes de montaje se asume ocupan un volumen equivalente a $44,375 \text{ mm}^3$ de acuerdo con un diámetro de 25 mm en la cabeza del soporte y una longitud total de 71 mm. El volumen de un pallet americano estándar de 1200 mm de altura es de 1.44 m^3 , de manera que se supone posible almacenar un total de 32,450 soportes de montaje, cada carcasa necesita 24 unidades de manera que el total necesario para dos meses equivale a 28,800 unidades, cada una con un peso de 0.02 kg en base a las propiedades físicas del modelo CAD el pallet tendría un peso total de 576 kg.

Figura 30. Modelo CAD de soportes de montaje



Imagen utilizada por cortesía de *Autodesk, Inc.*

Nota. Elaboración propia.

Características de montacargas seleccionado: Para acceder a mayores alturas en los racks de almacenamiento y reducir el espacio de maniobra necesario para los pasillos, se seleccionó un montacargas retráctil eléctrico con desplazamiento lateral, sus características son las siguientes:

Cuadro 37. Características de selección del montacargas

Parámetro	Descripción	Dimensional
Capacidad de carga	2.5	T
Longitud con horquillas estándar	2,472	mm
Altura máxima del mástil	8	m
Ancho	1,258	mm
Peso	2,960	Kg

Nota. STMA Industrial (Xiamen) Co., Ltd; 2025; elaboración propia.

Pasillos y espaciamentos: dado que los pallets tienen una longitud de 2 metros es necesaria la extensión de las horquillas estándar de fábrica de 1,070 mm, de manera que la longitud estimada del equipo sería de 3,402 mm, por lo tanto, los pasillos para maniobra tendrán 4,000 mm y aquellos para circulación en doble sentido 3,000 mm y en un solo sentido 2,000 mm. El espaciamento entre los muros y la maquinaria/materia prima almacenada será de 1,000 mm para permitir la movilización de personal en estas zonas, este espaciamento también aplica para las distancias entre maquinaria adyacente.

Consideraciones adicionales: cada estación de trabajo tendrá un espacio definido para acomodar pallets del material necesario para la producción de las carcasas, para esto se considera que previo a una jornada de producción se tendrá un tiempo de preparación donde se movilizarán todos estos componentes hacia sus estaciones para evitar que durante la operación se congestionen los pasillos o se presenten tiempos ociosos adicionales debido a la falta de material. Se incluyeron también dentro del diseño espacios básicos además de los que están relacionados con el proceso de producción como lo serían: área de administración, descanso, enfermería, baño y vestidores.

La distribución de la planta propuesta (observable en la sección 13.2) cubre una extensión total de área de $1,502.42m^2$, de los cuales $567.24m^2$ corresponden al área de maniobras de transporte pesado y $935.18m^2$ corresponden a la estructura de la planta relacionado con el proceso de manufactura y el almacenamiento. El diseño de la planta contempla posibles expansiones en la capacidad de producción principalmente en el área de almacenamiento general, como se observó en los resultados de la simulación es posible aumentar la capacidad de unidades producidas al extender el horario laboral, sin embargo, esto implica un cambio de proveedores con tiempos de entrega menores o la implementación de un sistema de planificación de pedidos que se adecue a los objetivos de producción.

6.4 Evaluación del marco legal y regulatorio

6.4.1 Regulaciones de transporte internacional y bilateral Guatemala-México

El transporte ferroviario internacional no está limitado por el Memorando de Entendimiento de 2011 el cual exige un transbordo de frontera para el autotransporte terrestre, de manera que el traslado es directo desde la terminal de origen hasta las instalaciones del importador. Dado que las carcasas solo comprenden estructura metálica no se clasifican como mercancías peligrosas las cuales requieren de autorizaciones especiales para su transporte. El envío internacional debe estar respaldado por la documentación aduanera estándar que incluye la factura comercial, guía ferroviaria, lista de empaque y el pedimento de importación en México (SEMARNAT, s/f; SCT, 2011; SAT, s/f).

6.4.2 Regulaciones ambientales relevantes

En Guatemala una nueva planta industrial debe someterse a un proceso de estudio de impacto ambiental ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) con base en la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. Los proyectos se clasifican en categorías A, B1, B2 o C en función de su impacto potencial, con esta clasificación los requisitos para el otorgamiento de la licencia ambiental son distintos, al igual que los costos asociados para su obtención con un plazo de vigencia especificado, esta licencia tiene una vigencia máxima de 5 años por lo que también es necesaria su renovación (MARN, s/f).

6.4.3 Marco de comercio internacional

El tratado de Libre Comercio México-Centroamérica entró en vigor el 1 de septiembre de 2013, su efecto en la exportación de carcasas es que estas estén exentas de aranceles al ingresar a México si se consideran bajo la clasificación arancelaria HS 850790 “partes de acumuladores eléctricos”, permitiendo así mejorar en los márgenes brutos para establecer una ventaja competitiva en el mercado. Al pasar la frontera de México es necesario presentar el Formulario Aduanero Único Centroamericano (FAUCA), la factura comercial, lista de empaque y el certificado de origen para aplicar con los beneficios del TLC (COMEX, s/f; Secretaría de Economía, s/f; World Customs Organization, s/f).

6.4.4 Legislación laboral

En base al Código de Trabajo se establece que la jornada laboral ordinaria máxima es de 8 horas diarias y 44 horas semanales, las horas trabajadas fuera de la jornada se consideran como horas extraordinarias con un recargo del 50% sobre la hora ordinaria, las cuales son limitadas a 4 horas diarias. Se establece un salario mínimo en base al tipo de actividad el cual por ley incluye la bonificación incentivo y, además, el empleador debe pagar bono 14, aguinaldo, vacaciones y aportes al IGSS, INTECAP e IRTRA. La ley protege el derecho a sindicalizarse y obliga al pago de indemnización en caso de despido injustificado (Prensa Libre, 2020; Congreso de la República de Guatemala, 1989; Contraloría General de Cuentas, 1992).

6.5 Desarrollo del modelo financiero

6.5.1 Identificación de costos

Construcción de la panta y arrendamiento del terreno

La zona libre conocida como “Puerta del Istmo” opera bajo el régimen ZOLIC (Zona Libre de Industria y Comercio Santo Tomás de Castilla) el cual ofrece exenciones del impuesto al valor agregado (IVA), derechos arancelarios (DAI) y del ISR (Impuesto sobre la renta) durante los primeros diez años de operación. Además, se está desarrollando una terminal ferroviaria multimodal que facilitará el intercambio de carga con Centroamérica y México. Las actividades económicas autorizadas bajo este régimen son aquellas relacionadas con la producción, fabricación, transformación, ensamblaje, comercialización, distribución, almacenamiento, empaque, reempaque y clasificación de mercancías. Al ser posible la operación dentro del régimen para la manufactura de las carcasas, desde el punto de vista de factibilidad financiera, operar en esta zona ofrece ventajas considerables para la reducción de costos de inversión inicial y de operación (Zolicguate, 2021).

Cuadro 38. Costos asociados con la operación bajo el régimen ZOLIC

Tarifa	Descripción	Tarifa (\$)	Valor (\$)
Control y supervisión	Costo mensual por cada persona requerida para la operación de la ZDEEP y se diluye entre sus usuarios	1,000.00	400.00
Inventarios físicos	Costo con frecuencia no especificada de inventarios físicos realizados para verificar registros contables y administrativos	1,000.00	333.33
Licenciamiento y mantenimiento anual	Costo asociado a los sistemas informáticos que se diluye entre los usuarios de la ZDEEP	-	-
Habilitación ZDEEP	Costo único asociado al contrato de habilitación del usuario	2,500.00	2,500.00
Arrendamiento de espacios techados	Costo mensual de arrendamiento por el metro cuadrado de techado utilizado	4.00	3,740.72
Arrendamiento de espacios abiertos	Costo mensual de arrendamiento por el metro cuadrado abierto utilizado	2.00	1,134.48

Nota. Según la documentación dos personas son el mínimo requerido para el control y supervisión de la ZDEEP cuando se encuentran cinco usuarios instalados. Se asume frecuencia trimestral para inventarios físicos. No se dispone información suficiente para la estimación del licenciamiento y mantenimiento anual; (Zolicguate, 2021); elaboración propia.

La estimación de los costos de construcción son una simple aproximación debido a que el costo real se ve afectado por múltiples factores de los cuales se requiere una investigación más específica o una cotización por parte de una empresa especializada en este tipo de construcciones.

Según una publicación de Grupo inmobiliario basada en los datos de la Cámara de Corredores de Bienes Raíces de Guatemala, el costo por metro cuadrado de una bodega industrial para el año 2021 corresponde a un rango entre \$375 y \$425 (Con tipo de cambio de referencia \$1 = Q7.70, Q2,887.50 y Q3,272.50).

Promediando el costo y ajustándolo por los efectos de inflación en base a los cambios del Índice de Precios al Consumidor (IPC) siguiendo el enfoque descrito en “*Principles of Economics*” de N. Gregory Mankiw (2018, p.518), en donde el precio ajustado equivale al producto del precio de referencia para el año 2021 multiplicado por la razón entre el IPC del año 2023 y el IPC del año 2021. Los datos del IPC se extrajeron de la página oficial del Banco de Guatemala donde la base es la del año 2010 y se limita en extensión hasta el año 2023 (Grupoinmobiliario, 2021; Banguat, 2025).

$$\text{Precio ajustado} = \text{Precio de referencia 2021} \times \frac{\text{IPC 2023}}{\text{IPC 2021}}$$

$$\text{Precio ajustado} = Q3,080.00 \times 1.1379 = Q3,505.00$$

Con un costo de Q3,505.00 por cada metro cuadrado de construcción para la estructura de la planta y con base en el diseño y estimación del área requerida para la construcción de 935.18m², el costo total es de Q3,277,805.90. Finalmente, agregando un 12% de IVA el costo final de la planta de producción estimado es de: Q3,671,142.61.

Fletes marítimos

La distribución de maquinaria y materia prima en contenedores para su importación se basa en las limitaciones de espacio, peso y volumen de estos. Para un contenedor de 40 pies se toman como límites 29,000 kg de peso, 67.7 metros cúbicos de volumen y dimensiones internas de 12.025 metros de largo, 2.352 metros de ancho y 2.393 metros de alto. Por otra parte, para los contenedores de 20 pies se toman como límites 28,000 kg de peso, 32.6 metros cúbicos de volumen y dimensiones internas de 5.898 metros de largo, 2.352 metros de ancho y 2.393 metros de alto (icontainers, 2025).

El cálculo de costos de fletes marítimos se basa en base a las tarifas que ofrece *Freightos* una plataforma digital especializada en la comparación, reserva y gestión de envíos internacionales de carga. Cada uno de los fletes cotizados incluye tarifas de manejo de carga en el puerto de origen y de destino, así como el costo del seguro en función del valor total de la mercancía que se transporta hacia Puerto Quetzal, Guatemala.

Cuadro 39: Contenedores provenientes del puerto de Qingdao

Descripción	Peso bruto (kg)	CBM	Valor (\$)
Contenedor 1			
Sistema de alimentación 3mm	2,000.00	5.20	32,000.00
Sistema de alimentación 2mm	12,000.00	26.80	18,500.00
Sierra de corte	550.00	3.00	3,811.00
Troqueladora	9,500.00	11.30	18,200.00
Fresadora de torreta	3,900.00	17.40	13,500.00
Polipasto carcasas	500.00	1.00	1,200.00
TOTAL	28,450.00	64.70	87,211.00
COSTO DEL CONTENEDOR (\$)		4,608.58	
Contenedor 2			
Prensa servohidráulica	29,000.00	67.70	30,250.00
TOTAL	29,000.00	67.70	30,250.00
Descripción	Peso bruto (kg)	CBM	Valor (\$)
COSTO DEL CONTENEDOR (\$)		4,475.60	
Contenedor 3			
Prensa servohidráulica	29,000.00	67.70	30,250.00
TOTAL	29,000.00	67.70	30,250.00
COSTO DEL CONTENEDOR (\$)		4,475.60	
Contenedor parcial 1			
Polipasto exterior bobinas	2,000.00	3.00	4,280.00
Carro de transferencia	2,500.00	2.40	12,350.00
TOTAL	4,500.00	5.40	16,630.00
COSTO DEL CONTENEDOR (\$)		1,919.00	

Nota. *Ferightos*, 2025; *Searates*, 2025; elaboración propia.

Cuadro 40. Contenedores provenientes del puerto de Shanghai

Descripción	Pallets	Peso bruto (kg)	CBM	Valor (\$)
Contenedor 4				
Perfil LM	24	22,919.76	57.60	104,064.00
TOTAL	24	22,919.76	57.60	104,064.00
COSTO DEL CONTENEDOR (\$)			4,195.21	
Contenedor 5				
Perfil LM	6	5,729.94	14.40	26,016.00
Perfil RT02/03	20	19,740.60	28.80	101,952.00
Placas 6061	1	1,000.00	1.44	3,820.00
Brackets de sujeción	1	267.27	1.44	12,000.00
Brazo robótico	1	350.00	1.80	20,000.00
TOTAL	29	27,087.81	47.88	163,788.00
COSTO DEL CONTENEDOR (\$)			4,334.64	
Contenedor 6				
Perfil RT-01	12	19,681.92	21.60	50,580.00
Perfil RT-04	6	7,872.78	8.64	20,232.00
TOTAL	18	27,554.70	30.24	70,812.00
COSTO DEL CONTENEDOR (\$)			4,117.58	
Contenedor 7				
Bobina 6061	7	28,000.00	23.625	109,840.08
TOTAL	7	28,000.00	23.625	109,840.08
COSTO DEL CONTENEDOR (\$)			4,208.70	
Contenedor 8				
Bobina 6061	7	28,000.00	23.625	109,840.08
TOTAL	7	28,000.00	23.625	109,840.08
COSTO DEL CONTENEDOR (\$)			4,208.70	
Descripción	Pallets	Peso bruto (kg)	CBM	Valor (\$)
Contenedor 9				
Bobina 6061	6	24,000.00	20.25	94,148.64
Bobina 3003	1	2,000.00	2.20	6,788.58
TOTAL	7	26,000.00	22.45	100,937.22
COSTO DEL CONTENEDOR (\$)			4,187.91	
Contenedor parcial 2				
Perfil RT-04	6	7,872.78	8.64	20,232.00
Perfil BA-01	3	3,974.82	5.40	9,936.00
Perfil BA-02	1	1,908.28	1.80	21,840.00
TOTAL		13,755.88	15.84	52,008.00
COSTO DEL CONTENEDOR (\$)			4,668.83	

Nota. *Ferightos*, 2025; elaboración propia.

Cuadro 41. Contenedores provenientes del puerto de Hong Kong

Descripción	Peso bruto (kg)	CBM	Valor (\$)
Contenedor parcial 3			
Soportes de montaje	576.00	1.44	23,552.00
Inyectora de plásticos	1,000.00	4.90	4,425.00
Racks de almacenamiento	1,733.00	13.50	2,304.00
TOTAL	3,309.00	19.84	27,977.00
COSTO DEL CONTENEDOR (\$)		3,711.42	

Nota. Bajo nula cobertura desde Shenzhen, se supone despreciable la diferencia de tarifas FOB entre este y Hong Kong por su cercanía geográfica; *Searates*, 2025; Elaboración propia.

Cuadro 42. Contenedores provenientes del puerto de Xiamen

Descripción	Peso bruto (kg)	CBM	Valor (\$)
Contenedor 10			
Montacargas	5,920.00	28.86	17,145.00
TOTAL	5,920.00	28.86	17,145.00
COSTO DEL CONTENEDOR (\$)		4,587.43	

Nota. El contenedor proveniente de Xiamen será de 20 pies; *Ferightos*, 2025; Elaboración propia.

Cuadro 43. Contenedores provenientes del puerto de Xingang, Tianjin

Descripción	Peso bruto (kg)	CBM	Valor (\$)
Contenedor 11			
Lana cerámica	29,000.00	67.70	5,558.00
TOTAL	29,000.00	67.70	5,558.00
COSTO DEL CONTENEDOR (\$)		4,500.97	

Nota. *Ferightos*, 2025; elaboración propia.

Materia prima

Para la evaluación de distintos escenarios y cuantificar los beneficios en la operación bajo el régimen ZOLIC se procederá a realizar una clasificación arancelaria para la maquinaria y la materia prima, de manera que se apliquen los costos relacionados con los derechos arancelarios y el impuesto al valor agregado.

Cuadro 44. Clasificación arancelaria

Maquinaria/ materia prima	Partida arancelaria	DAI (%)
Prensa servohidráulica	8462.63.90.00	0
Sistema de alimentación 2mm	8462.29.00.00	0
Sistema de alimentación 3mm	8462.29.00.00	0
Troqueladora	8462.62.90.00	0
Sierra de corte	8461.50.00.00	0
Fresadora de torreta	8459.39.00.00	0
Brazo robótico	8479.50.00.00	0
Inyectora	8477.10.00.00	0
Polipasto exterior bobinas	8425.11.00.00	0
Carro de transferencia	8428.90.90.00	0
Montacarga	8427.10.00.00	0
Racks de almacenamiento	9403.20.00.00	15
Polipasto carcassas	8425.11.00.00	0
Perfiles de extrusión	7604.29.10.00	10
Lana cerámica	6806.10.00.00	0
Soportes de montaje	7616.99.90.00	10
Brackets de sujeción	7616.99.90.00	10
Pellets PBT-GF30	3907.99.00.00	5
Bobinas 3003	7606.12.92.00	0
Bobinas 6061	7606.12.99.00	10
Placas 6061	4606.12.99.00	10

Nota. Sistema Arancelario Centroamericano, 2022; elaboración propia.

Cuadro 45. Costos de los perfiles de extrusión

Descripción	LM	RT-02/03	RT-01	RT-04	BA-01	BA-02
Costo (\$/metro)	27.10	17.70	28.10	28.10	27.60	91.00
Perfiles requeridos	2400	4800	1200	1200	240	160
Longitud del perfil	2000	1200	1500	1200	1500	1500
Metros equivalentes	4,800	5,760	1,800	1440	360	240
Costo total (\$)	130,080.00	101,952.00	50,580.00	40,464.00	9,936.00	21,840.00
Valor aduanero (\$)	134,963.72	104,650.15	53,521.13	43,456.71	10,827.97	23,800.61
Costo final (\$)	166,275.31	128,928.99	65,938.03	53,538.66	13,340.06	29,322.35
Costo final (Q)	1,280,319.90	992,753.22	507,722.83	412,248.00	102,718.00	225,782.00

Nota. El valor aduanero se basa en un prorrateo del costo FOB del producto de interés, al costo final se le agrega el DAI al igual que el IVA del 12%, tipo de cambio de referencia 1\$ = Q7.70 (BANGUAT, abril 2025); elaboración propia.

Cuadro 46. Costos de materia prima general

Material	Costo por unidad (\$)	Unidades requeridas	Costo total (\$)	Valor aduanero (\$)	Costo final (\$)
Lana cerámica	7.94	700 u	5,558.00	10,058.97	11,266.05
Soportes de montaje	1.58	14,400 u	23,552.00	26,676.40	32,865.33
Brackets de sujeción	1.50	12,000 u	18,800.00	12,317.58	15,175.26
Pellets PBT-GF30	3.28	641 kg	2,102.48	2,102.48	2,472.52
Bobinas 3003	3,750.00	2 t	7,500.00	7,070.24	7,918.67
Bobinas 6061	3,922.86	80 t	313,828.80	326,152.45	401,819.82
Placas 6061	3,820.00	1 t	3,820.00	3,921.09	4,830.79
TOTAL (Q)	-	-	-	2,989,903.90	3,667,882.99

Nota. La lana cerámica se importará en un contenedor de 40 pies *high cube* según el proveedor, los pellets contienen el precio CIF a Puerto Quetzal, al costo final se le agrega el DAI al igual que el IVA del 12%. Tipo de cambio 1\$ = Q7.70 (BANGUAT, abril 2025); elaboración propia.

Maquinaria y equipo de manejo interno

Cuadro 47. Costos de maquinaria y equipo de manejo interno

Maquinaria/equipo	Costo (\$)	Valor aduanero (\$)	Costo final (\$)	Costo final (Q)
Prensa servohidráulica	60,500.00	68,459.30	77,785.34	598,947.00
Sistema de alimentación 2mm	18,500.00	19,368.55	21,814.93	167,975.00
Sistema de alimentación 3mm	32,000.00	33,502.36	37,733.93	290,551.00
Troqueladora	18,200.00	19,054.47	21,461.17	165,251.00
Sierra de corte	3,811.00	3,989.92	4,493.88	34,602.90
Fresadora de torreta	13,500.00	14,133.81	15,919.00	122,576.00
Brazo robótico	20,000.00	20,529.29	22,992.81	177,045.00
Injectora	4,325.00	4,900.81	5,488.91	42,264.60
Polipasto exterior bobinas	4,280.00	4,449.99	5,346.75	41,170.00
Carro de transferencia	12,350.00	12,840.51	14,212.79	109,438.00
Montacarga	17,145.00	21,732.43	24,340.32	187,420.00
Racks de almacenamiento	2,304.00	2610.74	3,362.64	25,892.30
Polipasto carcasas	1,200.00	1,256.34	1,415.02	10,895.70

Nota. Tipo de cambio de referencia 1\$ = Q7.70 (BANGUAT, abril 2025); elaboración propia.

Energía eléctrica

El cálculo del consumo de energía eléctrica se basará en el factor de utilización de la maquinaria del proceso de producción, a continuación, se detalla los datos de potencia para los equipos y los cálculos pertinentes para el consumo de las baterías de los montacargas y el carro de transferencia.

Según los datos del fabricante, el carro de transferencia posee una batería de 200 Ah a 48V (equivalente a 9.6kwh) la cual es capaz de alimentar de forma continua por 3 horas el equipo o un

rango de 3km. El rendimiento de las bobinas de aluminio 6061 es de 2 días de producción (30 carcasas diarias) de manera que mensualmente se realizan 15 ciclos de trabajo, en donde cada ciclo comprende el desplazamiento del área de almacenamiento (origen) hacia el sistema de alimentación y el regreso al origen, lo cual en base a los planos de la planta equivale aproximadamente a un total de 27 metros. En un mes de operación se consume el 9% de la capacidad de la batería, se considera únicamente esta operación ya que el cambio de bobina 3003 es muy poco recurrente.

Para el caso de lo montacargas, dado que es incierto el cálculo de los ciclos de trabajo y el consumo de energía será bajo respecto al resto de la maquinaria, se asume que en un día de producción se consume el 40% en las dos unidades. La batería según datos del fabricante tiene capacidad de 400 Ah a 48V lo que equivale a 19.2kWh, de manera que el consumo para las dos unidades de forma diaria es de 15.36kWh.

La facturación de servicios de energía eléctrica se asume bajo las tarifas publicadas en la resolución CNEE-67-2025 para usuarios de Baja Tensión Simple (BTS). De acuerdo con el consumo total de energía, la demanda máxima de potencia contratada y registrada, cargo fijo de distribución y una tarifa municipal del alumbrado público es posible estimar la facturación de los servicios de manera mensual. Se asume que la potencia máxima equivale a aquella en donde toda la maquinaria se utilice de manera simultánea.

El Cuadro 34 desglosa los costos asociados con el servicio de energía eléctrica en base a las tarifas del usuario que aplican para la planta de producción. El tipo de usuario está sujeto a cambios según los criterios de DEORSA para la evaluación de la infraestructura y la demanda de potencia, donde un cambio de usuario implica cambios de tarifas y otros cargos asociados. Adicionalmente, con una duración de 8.56 horas para la jornada laboral se planifica la producción de las 06 a las 15 horas, que corresponde a horas intermedias según el Reglamento del Mercado Mayorista, sin embargo, si se expande la capacidad productiva en términos del tiempo se aplicarán otras tarifas y los costos serán distintos (CNEE, 2025; AMM, 2007).

Cuadro 48. Consumo energético mensual de los equipos

Maquinaria	Potencia (kW)	FU (%)	Tiempo (h)	Energía (kWh)
Prensa servohidráulica	60.00	47.31	80.99	4,859.69
Sistema de alimentación 2mm	9.50	5.48	9.38	89.13
Sistema de alimentación 3mm	23.50	47.31	80.99	1,903.38
Troqueladora	11.00	9.44	16.16	177.77
Sierra de corte	3.00	33.49	57.33	172.00
Fresadora de torreta	2.20	64.22	109.94	241.88
Brazo robótico	2.00	45.76	78.34	156.68
Inyectora	3.75	7.00	11.99	44.94
Carro de transferencia	-	-	-	0.86
Montacarga	-	-	-	307.20
TOTAL	114.95	-	-	7,953.53

Nota. La energía representa el total en un mes de producción de 20 días hábiles, el FU de la inyectora se basa en el tiempo de ciclo de 18 segundos por las 120 unidades producidas. el tiempo por día de producción equivale a 8.56 horas; elaboración propia.

Cuadro 49. Costos del servicio de energía eléctrica

Concepto	Tarifa	Cantidad	Costo Estimado (Q)
Energía consumida	2.114773 Q/kWh	7,953.53 kWh	16,819.91
Cargo por consumidor	-	-	23.64
Alumbrado público	-	-	336.39
TOTAL + IVA 12%			19,241.53

Nota. Se asume que el alumbrado público equivale al 2% de la energía consumida; CNEE, 2025; elaboración propia.

Logística de exportación de producto terminado

Como se mencionó anteriormente el producto terminado será embalado en pallets personalizados de los cuales el costo puede variar entre \$50 y \$200, por lo que por efectos prácticos se supone que este costo es de \$80. Adicionalmente es necesaria la utilización de cartón corrugado, espuma de polietileno, envoltura plástica y correas de polipropileno para asegurar la caja en el pallet con el objetivo de proteger el producto terminado (FedEx, 2025; AAA Pallet & Lumber Co, 2025). El cálculo de la cantidad aproximada de material de embalaje necesaria por cada pallet se muestra a continuación:

$$\text{Cartón} = \text{paredes } 2.2m \times 2m \times 2 + 1.4m \times 2m \times 2 + \text{tapa } 2.2m \times 1.4m \times 2 = 25.6 \text{ m}^2$$

$$\text{Espuma} = \text{separadores } 2.2m \times 1.4m \times 5 = 15.4 \text{ m}^2$$

$$\text{Envoltura} = (2.2m \times 2 + 1.4m \times 2) \times 3 \text{ revoluciones} = 21.6m$$

$$\text{Correas} = 2.2m \times 2 + 1.4m \times 2 \times 2 \text{ correas} + 2.2m \times 2 + 2.2m \times 2 \times 2 \text{ correas} = 32m$$

El costo del metro cuadrado para el cartón corrugado se basa en la razón entre precio y metros cuadrados de la caja de triple pared (resistencia de 275lb en tapa superior) de mayor tamaño disponible correspondiente a 48 x 12 x 12 in. Por otra parte, el costo de los separadores de cartón corresponde al precio publicado para separadores con dimensiones de 60 x 72 in.

La producción mensual de carcasas es de 600 unidades, se plantea paletizar 8 carcasas de manera que la cantidad de cartón corrugado necesario equivale a 75 pallets de producto terminado lo cual corresponde también a 525 separadores de cartón. La espuma de polietileno se comprará en rollos de 1/4plg de espesor y 250 ft de longitud lo cual rinde para 34 separadores y con 8 separadores por pallet son necesarios 18 rollos. La envoltura plástica de calibre 80, 20 in de ancho y 6,000 ft de largo rinde para 84 pallets por lo que es necesario 1 rollo de manera mensual, sin embargo, por el tamaño de lote la compra equivale a 6 rollos.

Finalmente, para las correas de polietileno un rollo de 0.015 in de espesor con 9,000 ft de longitud rinde para 85 pallets, por lo que 1 unidad es suficiente para cubrir el gasto mensual (Uline, 2025).

Cuadro 50. Costos de material de embalaje

Material	Costo	Cantidad	Costo estimado (\$)	Costo estimado (Q)
Cartón corrugado	4.39 \$/m ²	1,920 m ²	8,428.80	64,901.76
Separadores de cartón	5.62 \$/10u	53	297.86	2,293.52
Separadores de espuma	247 \$/u	18	4,446.00	34,234.20
Envoltura plástica	98\$/u	6	588.00	4,527.60
Correas de polietileno	94\$/u	1	94.00	723.80
Pallets personalizados	80\$/u	75	6,000.00	46,200.00
TOTAL			19,854.66	152,880.90
TOTAL + Importación (10%)			21,840.13	168,168.99

Nota. Se asume envío = 10%, tipo de cambio de referencia 1\$ = Q7.70 (BANGUAT, abril 2025); Uline, 2025; elaboración propia.

La logística de exportación comprende la utilización del sistema ferroviario mexicano, en base a la información del cuadro 4 la distancia total entre estaciones es de 1,415km. Ferromex es una empresa ferroviaria mexicana que se dedica al transporte de carga, su cobertura incluye la zona sur de México a través de su subsidiaria Ferrosur. El siguiente cálculo de los costos se basa en las tarifas máximas de flete publicadas para contenedores de 40 pies para carga seca junto con otros servicios relacionados con el manejo de la carga en las instalaciones y a lo largo de la ruta planificada. Cada contenedor es capaz de acomodar 5 pallets de 8 carcasas, de manera que mensualmente son necesarios 15 contenedores para suplir el 10% de la demanda del mercado.

Cuadro 51. Costos de transporte en el sistema ferroviario mexicano

Concepto	Tarifa (\$MXN)	Cantidad	Costo Estimado (\$MXN)	Costo estimado (Q)
Cargo variable	26.0648 \$/km	1,415 km	36,881.69	14,015.04
Cargo fijo	-	-	7,723.36	2,934.87
Maniobra	-	-	10,956.95	4,163.64
Cruce fronterizo	-	-	608.00	231.04
Inspección en tránsito	-	-	4,326.00	1,643.88
Reconocimiento aduanal	-	-	980.00	372.40
Seguro	-	-	68,084.20	25,872.00
TOTAL			129,560.20	49,232.87
TOTAL + IVA 16%			150,289.83	57,110.13
TOTAL MENSUAL			2,254,347.50	856,651.94

Nota. Donde 1 MXN\$ $\approx$ Q0.38. Se asume que no hay cargos adicionales por demoras o inspecciones especiales; Ferromex, 2025; elaboración propia.

Según el artículo 51 de los términos y condiciones de Ferromex, el seguro tiene capacidad de cubrir un máximo de valor de carga declarada de USD\$250,000.00, cifras por debajo de este monto aplican a un cobro equivalente al 6% del valor de la carga para compensar pérdidas o daños a lo largo de la ruta. La responsabilidad limitada indica que la indemnización por pérdidas o daños queda limitada a 15 UMAS (Unidad de Medida y Actualización) por tonelada (Ferromex, 2025).

Salarios

La estimación de los costos por hora en el proceso de producción se basa en la determinación del salario base según datos mensuales promedio por tipo de trabajo, utilizando referencias salariales del mercado laboral local. A esto se le añaden la bonificación incentivo (Decreto 78-89 del Código de Trabajo), las cargas patronales (IGSS, INTECAP e IRTRA equivalentes al 12.67% del salario base) y las prestaciones anuales (aguinaldo y el bono 14 prorrateados de forma mensual). En base al diseño del proceso de manufactura de las carcasas, el sistema de trabajo por lotes y la propia secuencia de ensamble las estaciones de trabajo no operan uniformemente durante una jornada laboral.

En el Cuadro 52 se presentan los tiempos de inicio y finalización de operación para cada estación de trabajo dentro de la jornada productiva. Se destaca el hecho que la mayoría de las actividades presentan solapamientos, lo que limita la posibilidad de asignar múltiples tareas a un mismo colaborador. Sin embargo, el proceso de inyección de conectores es independiente y tiene una duración significativamente menor en comparación con las demás estaciones, por lo que uno de los auxiliares de bodega (una vez finalizada la etapa inicial de traslado de materia prima hacia las estaciones) puede asumir la operación de la inyectora de plásticos, siempre y cuando haya recibido la capacitación correspondiente. Durante este mismo intervalo, el segundo auxiliar de bodega estará disponible para atender cualquier necesidad de movilización interna adicional que surja en el proceso (Prensa Libre, 2020; Congreso de la República de Guatemala, 1989; Contraloría General de Cuentas, 1992).

El costo total de la mano de obra se fundamentó en el cálculo del valor por hora de cada plaza laboral, considerando como base los salarios mensuales estimados en el mercado nacional con la incorporación de cargas patronales y beneficios de ley. Se utilizó un denominador de 160 horas mensuales (correspondientes a 8 horas diarias por 20 días de trabajo al mes) en la jornada diurna, lo que permitió obtener la tarifa ordinaria por hora de cada puesto. A partir de este valor se definieron las tarifas para las horas extras, aplicando el recargo legal del 50% sobre la hora ordinaria, y para los turnos parciales o jornadas nocturnas se aplicaron los denominadores de 140 horas (7 horas $\times$ 20 días) y 120 horas (6 horas $\times$ 20 días), según lo establecido en el Código de Trabajo de Guatemala.

La metodología distingue entre mano de obra directa, compuesta por aquellos puestos cuya actividad se vincula de forma directa al proceso productivo (operarios, fresador, soldador e inspectores), y mano de obra indirecta, que incluye funciones de soporte y supervisión. Para cada año proyectado se tomó como referencia la duración de la jornada de acuerdo con los resultados de la simulación de procesos (ver Cuadro 31), de manera que cuando el tiempo requerido no excedió las 12 horas diarias, se costearon horas extra sobre el turno ordinario; mientras que al superar dicho límite se incorporó un segundo turno, parcial o completo, aplicando las tarifas correspondientes según el horario (diurno, mixto o nocturno).

Cuadro 52. Rangos de operación por estación en jornada laboral

Maquinas/estaciones	Inicio de operación (h)	Fin de operación (h)
Troqueladora	0	4.484
Soldadura automática	3.167	8.465
*Procesos manuales	0.07	7.399
Prensa	0	6.878
*Inspecciones	3.262	8.560
Fresadora	0	6.552
Cortadora	0	4.448
Soldador	0.3287	8.465
Inyectora	0	1.270

Nota. Datos obtenidos de observación en la simulación del proceso productivo; elaboración propia

Cuadro 53. Costos salariales

Plaza de trabajo	Sueldo Base (Q)	Bonificaciones (Q)	Sueldo final (Q)
Auxiliar de bodega (2 personas)	3,629.00	1,314.63	9,887.26
Fresador (3 personas)	4,167.00	1,472.46	16,918.40
Operario (6 personas)	3,303.00	1,218.99	27,131.90
Plaza de trabajo	Sueldo Base (Q)	Bonificaciones (Q)	Sueldo final (Q)
Inspector de calidad	3,727.00	1,343.38	5,070.38
Personal administrativo	4,210.00	1,485.07	11,390.10
Técnico de mantenimiento	4,294.00	1,509.72	5,803.72
Jefe de almacén	5,608.00	1,895.20	7,503.20
Supervisor de producción	6,879.00	2,268.07	9,147.07
Analista de calidad	6,048.00	2,024.28	8,072.28
Técnico informático	4,679.00	1,622.66	6,301.66
Ingeniero de procesos	5,466.00	1,853.54	7,319.54
Soldador	3,657.00	1,322.84	4,979.84
TOTAL (Q)			119,525.35

Nota. Computrabajo, 2025; elaboración propia.

Cuadro 54. Costos por hora

Plaza de trabajo	diurno	extra	nocturno	extra nocturno
Auxiliar de bodega	61.80	92.69	82.39	123.59
Fresador	105.74	158.61	140.99	211.48
Operario	169.57	254.36	226.10	339.15
Inspector de calidad	31.69	47.53	42.25	63.38
Supervisor de producción	57.17	85.75	76.23	114.34
Soldador	31.12	46.69	41.50	62.25

Nota. Cifras en Quetzales; elaboración propia.

Cuadro 55. Costos totales de mano de obra directa

Año	Fresador	Operarios	Inspector	Soldador	Total
1	355,286.40	569,769.90	106,477.98	104,579.64	1,136,110.92
2	389,123.20	624,033.70	116,618.74	114,536.32	1,244,311.96
3	422,960.00	678,297.50	126,759.50	124,496.00	1,352,513.00
4	507,552.00	813,957.00	152,111.40	149,395.20	1,623,015.60
5	558,307.20	895,352.70	167,322.54	164,334.72	1,785,317.16

Nota. Computrabajo, 2025; elaboración propia

Cuadro 56. Costos totales de mano de obra indirecta

Año	Auxiliar de bodega	Supervisor de producción	Total
1	207,632.46	192,088.47	399,720.93
2	227,406.98	210,382.61	437,789.59
3	247,181.50	228,676.75	475,858.25
4	296,617.80	274,412.10	571,029.90
5	326,279.58	301,853.31	628,132.89

Nota. Computrabajo, 2025; elaboración propia

Para el cálculo del costo salarial para los estados financieros se considera que el personal administrativo, el técnico de mantenimiento, jefe de almacén, analista de calidad, técnico informático e ingeniero de procesos; son personas que no necesitan estar presentes más de la jornada estándar de trabajo de 8 horas. De manera que adicionalmente al costo de mano de obra indirecta se suma un total anual de Q556,686.00 para los puestos anteriormente mencionados.

Troqueles y moldes

El costo de los troqueles depende principalmente de tres factores: El tamaño y espesor de la pieza a conformar, el número y tipo de operaciones y por último la vida útil exigida. Según lo descrito en los métodos de manufactura la prensa servohidráulica necesita cuatro troqueles para la producción de las bandejas superior, inferior y el doblado de los perfiles RT-01, por otra parte, la troqueladora necesita dos troqueles para la producción de las placas exteriores PE-01 y PE-02. Para la inyección de plásticos se necesitan cuatro moldes para los diferentes tipos de conectores eléctricos que componen las carcasas, donde un molde posee dos cavidades para el conector interno y externo. A continuación, se muestra una estimación de los costos de los troqueles de acuerdo con sus características:

Cuadro 57. Costos de troqueles y moldes

Troquel/molde	Función	Costo estimado (\$)	Costo final (Q)
BE-01	Corte, perforación de agujeros y embuticiones	100,000.00	770,000.00
BE-02	Corte y embuticiones	60,000.00	462,000.00
BE-02	Clinchado	35,000.00	269,500.00
RT-01	Doblado	50,000.00	385,000.00
PE-01	Perforación de agujeros y embuticiones	30,000.00	231,000.00
PE-02	Perforación de agujeros y embuticiones	30,000.00	231,000.00
CE-01/CI-01	Inyección de carcasa interior y exterior	20,000.00	154,000.00
TOTAL		345,000.00	2,502,500.00

Nota. Datos obtenidos en base a rangos de precios publicados por fabricantes, tipo de cambio de referencia 1\$ = Q7.70 (BANGUAT, mayo 2025); Triparinc, 2023; JV Manufacturing, 2024; Rex plastics, 2013; Elaboración propia.

Valor de salvamento de los activos

La estimación de los valores de salvamento dependen de la naturaleza y vida económica de cada activo: las bodegas conservan utilidad y mercado secundario por su baja obsolescencia y vidas útiles muy superiores, por lo que es razonable asignarles un residuo alto; en contraste, la maquinaria sufre desgaste acelerado y obsolescencia tecnológica; finalmente, los moldes y troqueles son herramientas especiales específicas a un producto, con nula adaptabilidad una vez cambia el diseño, su valor una vez termina su vida útil es muy bajo. Se supone entonces un valor de salvamento del 75 % para bodega, 15 % para maquinaria y 5 % para moldes/ troqueles.

Cuadro 58. Valor de salvamento de los activos

Activo	Valor inicial	Valor de salvamento	Depreciación
Maquinaria	1,974,029.67	296,104.45	335,585.04
Bodega	3,671,142.61	2,753,356.96	183,557.13
Moldes/troqueles	2,502,500.00	125,125.00	475,475.00

Nota. Elaboración propia.

Mantenimiento y depreciación

Para calcular los costos de mantenimiento de la maquinaria se utilizará el %RAV (porcentaje de valor de reemplazo de los activos), el cual se basa en un valor típicamente del 2 al 5% para poder presupuestarse de manera sencilla. El total del valor de la maquinaria es de Q1,974,029.067, tomando un porcentaje promedio de 3.5% el costo anual de mantenimiento equivaldría aproximadamente a Q69,091.01 (Upkeep, 2023).

La depreciación se basa en el método de la línea recta, en base al porcentaje anual máximo descrito en el decreto 10-2012 de la Ley de Actualización Tributaria, la maquinaria puede depreciarse a un máximo del 20%, las herramientas en un 25% y la estructura de la bodega un 5%. Considerando que el costo de depreciación de las herramientas necesarias como lo sería el equipo de soldadura de los procesos manuales o las herramientas utilizadas en las estaciones de

fresado sumarían un costo mucho su depreciación se considera poco relevante. De manera que, se presupuesta anualmente un total de Q394,805.81 para maquinaria Q625,625.00 para moldes y troqueles y Q183,577.13 bodega.

Efectos de inflación en costos

La estimación de los efectos de la inflación en el modelo financiero se realizó con el propósito de reflejar únicamente aquellas variaciones de precios que pueden tener un impacto significativo en la estructura de costos del proyecto. En este sentido, se decidió no aplicar inflación a la mano de obra, los insumos locales ni a la energía eléctrica, dado que estos rubros, además de representar una proporción menor del costo total, suelen mantenerse constantes por varios años salvo ajustes regulatorios puntuales en el salario mínimo.

Por lo tanto, se aplicó inflación al material de empaque, que será importado desde Estados Unidos, así como a la materia prima principal (aluminio procedente de China). Para el material de empaque se utilizaron las proyecciones del índice de precios al consumidor (IPC) de Estados Unidos publicadas por el *Bureau of Labor Statistics* (BLS) y la *Federal Reserve* (FED), que anticipan una inflación del 2.40 % en 2026, reduciéndose gradualmente hacia 2.00 % en 2030. En el caso de la materia prima de aluminio, se tomaron las proyecciones de inflación general de China reportadas por el *International Monetary Fund* (IMF) y el *People's Bank of China* (PBC), con un rango estimado de 2.5 % en 2026–2027, descendiendo ligeramente hasta 2.3 % en 2030 (BLS, 2025; Federal Reserve, 2025; IMF, 2025; PBC, 2025).

Cuadro 59. Inflación proyectada para material de empaque y materia prima

Costo	2026	2027	2028	2029	2030
Material de empaque	2.4%	2.3%	2.2%	2.1%	2.0%
Materia prima	2.5%	2.5%	2.4%	2.4%	2.3%

Nota. BLS, 2025; Federal Reserve, 2025; IMF, 2025; PBC, 2025; elaboración propia

6.5.2 Determinación del precio de venta

El modelo de carcasa utilizado tiene capacidad de 68kWh, según BloombergNEF (2024) el costo promedio de baterías de litio para vehículos eléctricos en el año 2024 es de \$115/kWh, con las celdas representando en promedio el 82% del costo del sistema. Por lo tanto, el costo de adquirir una carcasa desde la perspectiva del fabricante automotriz o el precio máximo al que se pueden vender desde la perspectiva de un proveedor de autopartes es el siguiente:

$$\text{Precio de venta} = 68kWh \times 115\$/kWh \times 18\% \approx \$1,400.00$$

Como se mencionó anteriormente, el alcance de la investigación excluye el proceso de recubrimiento superficial de las carcasas para su protección contra la corrosión, de manera que el precio máximo incluye esta característica y no se puede utilizar en el modelo financiero.

6.5.3 Metodología para determinar la factibilidad

La factibilidad se basará en la evaluación de los estados financieros (Estado de resultados, balance general y flujo de efectivo proyectado) con un horizonte de 5 años de operación donde el último de estos asume la liquidación de la empresa. Con base en el flujo de caja libre que genere

el proyecto se calculará la tasa interna de retorno buscando que esta sea mayor o igual a la tasa de retorno exigida por los socios ($K_e = 15.28\%$), además se calculará el Valor presente neto a esta misma tasa y se confirmará que el valor sea mayor a 0 para evaluar la creación de valor del negocio; ambas métricas se evaluarán desde la perspectiva del FCFF (*Free Cash Flow to the Firm*) y el FCFE (*Free cash Flow to Equity*). Con un análisis de sensibilidad se analizarán los efectos de los cambios en los supuestos del trabajo como modificaciones a los costos de mano de obra, materia prima, maquinaria y adquisición de moldes y troqueles.

Para concluir con los resultados de factibilidad, se incorporará una descripción detallada de los riesgos asociados al proyecto, los efectos derivados de las influencias geopolíticas y se propondrán estrategias de mitigación orientadas a reducir la exposición y fortalecer la capacidad de adaptación del proyecto.

Determinación de la estructura de financiamiento y la tasa de interés

Se define una estructura de financiamiento compuesta por 40% deuda y 60% capital propio, lo que permite aprovechar las ventajas del apalancamiento financiero sin comprometer la liquidez del proyecto. Los efectos de un endeudamiento moderado son: disminución del costo promedio ponderado del capital (WACC), deducibilidad fiscal de los intereses y distribución del riesgo entre acreedores y socios. Además, el capital propio brinda estabilidad financiera y aumenta la confianza de inversionistas al reducir exposición a las fluctuaciones de tasas de interés (CSIMarket, 2025).

La tasa líder de política monetaria del Banco de Guatemala actualmente es del 4.25% anual y proporciona una referencia básica, sin embargo, las entidades bancarias adicionan márgenes por riesgo y costos administrativos. Según datos de la Superintendencia de Bancos, los préstamos otorgados al sector manufacturero registran una tasa promedio del 8.23% anual, para efectos del modelo financiero se asume un valor puntual de 8.25% anual (SIB, 2025; Banguat, 2025).

Cuadro 60. Flujos exigidos por la deuda

Año	Saldo inicial	Interés (8.25%)	Abono a capital	Cuota total
1	7,245,393.70	597,744.98	1,228,883.38	1,826,628.36
2	6,016,510.32	496,362.10	1,330,266.26	1,826,628.36
3	4,686,244.05	386,615.13	1,440,013.23	1,826,628.36
4	3,246,230.82	267,814.04	1,558,814.32	1,826,628.36
5	1,687,416.50	139,211.86	1,687,416.50	1,826,628.36

Nota. BLS, 2025; Federal Reserve, 2025, IMF, 2025; PBC, 2025; elaboración propia.

Determinación del costo promedio ponderado del capital (WACC)

Para la determinación del WACC se estableció primero la estructura objetivo de financiamiento en 60 % capital propio y 40 % deuda, consistente con el perfil de riesgo del proyecto. El costo del patrimonio (K_e) se estimó utilizando la tasa libre de riesgo el rendimiento del bono del Tesoro de EE. UU. (mayo-2025), se incorporó la beta apalancada sectorial (Damodaran, 2025) y una prima adicional por riesgo de liquidez para reflejar el retorno exigido por inversionistas; con estos componentes se obtuvo $K_e = 15.28\%$. El costo de la deuda (K_d) se aproximó con la tasa activa bancaria de referencia publicada por el INE (12.74 %), al representar el costo financiero observable para créditos locales comparables. Dado que la operación se realizará en zona franca y no se paga impuesto sobre la renta, no se aplica escudo fiscal; por lo

tanto, el WACC se calcula ponderando K_e y K_d por sus participaciones en la estructura de capital. Este parámetro se adopta como tasa de descuento de los flujos del proyecto, garantizando coherencia entre riesgo, financiamiento y el marco regulatorio previsto.

Cuadro 61. Cálculo del WACC

Determinación del WACC	Riesgo
Tasa libre de riesgo	4.00%
Prima de liquidez	9.17%
Beta apalancada	1.23
Tasa exigida por el socio (K_e)	15.28%
Tasa de interés activa (K_d)	12.74%
Capital (E)	60.00%
Deuda (D)	40.00%
WACC	14.26%

Nota. Elaboración propia.

6.5.4 Evaluación, verificación y validación de resultados

La validación del modelo financiero se realizó mediante una combinación de verificación interna y evaluación externa. Primeramente, se verificó con el asesor del proyecto el diseño del proceso de producción y distribución de la planta, evaluando la validez del proceso de manufactura, el diseño propuesto y los supuestos asociados, asegurando solidez y coherencia para el fundamento del modelo financiero. Posteriormente, se llevará a cabo entrevistas con 5 expertos del sector financiero, manufacturero y logístico, en estas se busca recibir retroalimentación directa en forma de sugerencias y observaciones respecto a la estructuración de procesos, identificación de costos, evaluación de los resultados principales y su semejanza con proyectos reales relacionados con la industria de manufactura.

6.6 Análisis de riesgos

Para la gestión de riesgos es necesario identificar, analizar y clasificar las amenazas potenciales que podrían afectar la viabilidad. Se identifican los riesgos en función de su origen, distinguiéndose entre riesgos internos (aspectos operativos, técnicos, logísticos y financieros) y riesgos externos (entorno comercial, regulatorio, geopolítico, climático y de mercado). Posteriormente, cada riesgo se evalúa según su probabilidad de ocurrencia e impacto en el cumplimiento de los objetivos del proyecto, lo cual permite priorizar aquellos de mayor criticidad. Con base en esta clasificación se construye una matriz de riesgos que facilita la visualización de los escenarios más relevantes y se establecen estrategias de mitigación específicas para los riesgos más significativos, asegurando un enfoque preventivo y de respuesta frente a las condiciones de incertidumbre.

6.6.1 Riesgos internos

La escasez de mano de obra calificada en procesos como inyección de polímeros, troquelado y mecanizado de precisión incrementa la probabilidad de desviaciones de calidad (productos no conforme) y de incidentes operativos durante la curva de aprendizaje. Esto dificulta sostener estándares exigentes y afecta la continuidad productiva y la reputación de la empresa en el

mercado internacional. El riesgo se amplifica por posibles rotaciones en puestos técnicos y por la necesidad de estandarizar procedimientos, formación y disciplina operativa (Gaitán, 2024; Barrera, 2024).

La carencia de talleres locales para mantenimiento de moldes, troqueles y maquinaria especializada genera dependencia de proveedores externos para correcciones y ajustes críticos. Una falla en moldes o componentes clave puede traducirse en paros prolongados, incumplimiento de volúmenes de producción y la reputación de la empresa con sus clientes, especialmente si no existen repuestos o herramientas alternos (G. Kiehle, 2025).

Los costos de inversión están sujetos a variaciones por obra civil, importación e instalación de equipos, puesta en marcha y entrenamiento, así como posibles ajustes de alcance. En la operación hay una exposición hacia la variación del costo de materias primas (aluminio/polímeros), desperdicio y retrabajos, mantenimiento correctivo, logística interna y requerimientos adicionales de aseguramiento de calidad.

Otros riesgos internos son el incumplimiento de estándares de calidad y trazabilidad, dependencias de insumos críticos importados que afecten continuidad ante demoras o lotes no conformes, baja eficiencia inicial por curva de aprendizaje y baja eficiencia en el diseño del proceso productivo.

6.6.2 Riesgos externos

En el ámbito externo, el proyecto enfrenta riesgos vinculados principalmente con la dinámica del mercado automotriz mexicano y global, la logística de exportación y el marco regulatorio. La dependencia de un cliente principal y su estructuración en la cadena de suministro expone a la operación a variaciones en volúmenes de compra o cambios en proveedores, lo que podría comprometer la estabilidad de la planta. Asimismo, los riesgos logísticos en frontera (retrasos aduaneros, bloqueos de carreteras o incidentes de inseguridad) representan una amenaza directa al cumplimiento de los tiempos de entrega. En términos de mercado, la volatilidad en la demanda de vehículos eléctricos y la presión competitiva de proveedores establecidos en México y otros países generan incertidumbre sobre la continuidad de los volúmenes de producción proyectados. En el plano regulatorio, las posibles modificaciones en el régimen de zonas francas en Guatemala y los requisitos de contenido regional del T-MEC podrían afectar la competitividad del producto. A ello se suman factores geopolíticos y climáticos, como crisis internacionales que eleven los costos de fletes e insumos o fenómenos naturales que interrumpan la infraestructura de transporte, todos ellos con potencial de afectar la continuidad y rentabilidad del proyecto (AMIA, 2025; Interiano, 2016; Moreno, 2021; Morán, 2021).

6.6.3 Matriz de riesgos

Cuadro 62. Matriz de riesgos

Código	Riesgo	Probabilidad	Gravedad	Valor	Nivel de riesgo
R-01	Escasez de mano de obra calificada	4	4	16	Muy grave
R-02	Carencia de talleres locales para mantenimiento	3	4	12	Importante
R-03	Sobrecostos en inversión	3	4	12	Importante
R-04	Sobrecostos en operación	4	4	16	Muy grave
R-05	Incumplimiento de estándares de calidad	3	4	12	Importante
R-06	Dependencia de insumos críticos	3	3	9	Importante
R-07	Baja eficiencia inicial por curva de aprendizaje	3	3	9	Importante
R-08	Dependencia de un cliente principal	3	4	12	Importante
R-09	Riesgos logísticos en frontera	3	4	12	Importante
R-10	Volatilidad en la demanda de vehículos eléctricos	3	3	9	Importante
R-11	Modificaciones al régimen de zonas francas	2	4	8	Apreciable
R-12	Requisitos de contenido regional del T-MEC	3	3	9	Importante
R-13	Factores geopolíticos que eleven costos	3	3	9	Importante
R-14	Factores climáticos que interrumpan importaciones	3	4	12	Importante

Nota. Elaboración propia.

Figura 31. Matriz de riesgos

MUY ALTA	5					
ALTA	4				1,4	
MEDIA	3			6,7,10,12,13	2,3,5,8,9,14	
BAJA	2				11	
MUY BAJA	1					
PROBABILIDAD		MUY BAJO 1	BAJO 2	MEDIO 3	ALTO 4	MUY ALTO 5
GRAVEDAD						

Leyenda

	Riesgo marginal: no se necesitan medidas preventivas
	Riesgo considerable: si fuera posible implementar medidas preventivas
	Riesgo importante: implementar medidas preventivas
	Riesgo intolerable: implementar medidas preventivas de urgentes

Nota. Elaboración propia.

6.6.4 Estrategias de mitigación

1. Escasez de mano de obra calificada en procesos especializados

- Implementar programas intensivos de capacitación técnica interna y certificación en procesos clave.
- Establecer convenios con universidades y centros de formación técnica para desarrollar talento local.

- Contratar temporalmente a expertos internacionales para acelerar la curva de aprendizaje y transferir conocimiento.
2. Carencia de talleres locales para mantenimiento de moldes y maquinaria
 - Crear un inventario de repuestos críticos y herramientas de respaldo.
 - Firmar contratos de mantenimiento con proveedores extranjeros, con acuerdos de nivel de servicio que garanticen tiempos de respuesta definidos.
 - Capacitar a personal interno en mantenimiento preventivo básico para reducir dependencia externa.
 3. Sobrecostos en inversión (CAPEX)
 - Sobrestimar el presupuesto inicial entre un 10 al 15%.
 - Establecer contratos con cláusulas de fijación de precios y penalizaciones por retrasos.
 4. Sobrecostos en operación (OPEX)
 - Negociar contratos de suministro de materias primas con precios fijos.
 - Implementar sistemas de control de calidad en línea para reducir desperdicios y retrabajos.
 - Aplicar programas de mantenimiento preventivo y predictivo para minimizar costos de mantenimiento emergente.
 5. Incumplimiento de estándares de calidad y trazabilidad
 - Adoptar un sistema de gestión de calidad certificado (ISO 9001, IATF 16949).
 - Establecer auditorías internas frecuentes y simulacros de inspección de cliente.
 - Utilizar software de trazabilidad en producción.
 6. Dependencia de insumos críticos importados
 - Diversificar proveedores en diferentes regiones.
 - Establecer contratos con proveedores estratégicos que incluyan cláusulas de entrega garantizada.
 - Mantener stock de seguridad de materiales con tiempos de reposición largos.
 7. Baja eficiencia inicial por curva de aprendizaje y diseño del proceso productivo
 - Validar eficiencia del proceso producto con software de simulación.
 - Establecer un programa de mejora continua.
 - Definir indicadores clave y revisarlos semanalmente durante los primeros meses.
 8. Dependencia de un cliente principal
 - Diversificar la cartera atendiendo a múltiples OEMs o Tier 1.
 - Desarrollar productos complementarios para reducir concentración de ingresos.
 - Negociar contratos de suministro a largo plazo con volúmenes mínimos garantizados.
 9. Riesgos logísticos en frontera (aduanas, bloqueos, inseguridad)
 - Utilizar operadores logísticos certificados con experiencia en comercio entre México y Guatemala.

- Mantener inventarios de seguridad en almacenes cercanos a clientes en México.
 - Contratar seguros de transporte y monitoreo satelital para reducir impacto de robos.
10. Volatilidad en la demanda de vehículos eléctricos y competencia en México
- Mantener un sistema de inteligencia de mercado para anticipar tendencias.
 - Diversificar clientes en diferentes segmentos de EV y no depender solo del Mach-E.
 - Invertir en eficiencia operativa y certificaciones para competir en costo y calidad.
11. Modificaciones al régimen de zonas francas en Guatemala
- Participar en cámaras empresariales y gremiales para defender estabilidad jurídica.
 - Evaluar alternativas como ZDEEP o regímenes aduaneros especiales en caso de cambios.
12. Requisitos de contenido regional del T-MEC
- Colaborar con clientes para agregar valor en México (ej. procesos finales de ensamble).
 - Ajustar precios de exportación para compensar el arancel cuando aplique (2.5%).
13. Factores geopolíticos que eleven costos de fletes e insumos
- Establecer contratos de flete de largo plazo con tarifas aseguradas.
 - Diversificar fuentes de insumos entre Asia, México y EE. UU.
 - Usar coberturas cambiarias para mitigar fluctuaciones de divisa.
14. Factores climáticos que interrumpan procesos de importaciones y exportaciones
- Diseñar rutas logísticas alternativas.
 - Dimensionar los tamaños de pedido y la periodicidad según el efecto de estas condicione

CAPÍTULO 7

Resultados

En este capítulo se desarrolla la proyección financiera del proyecto, construida a partir de los estados financieros estimados para los primeros cinco años de operación, los cuales permiten anticipar su comportamiento económico y su capacidad de generar valor. Además, se incorpora un análisis de sensibilidad orientado a evaluar la incidencia de las principales variables del giro de negocio sobre los resultados, tanto en escenarios univariantes como bivariantes, con el fin de identificar los factores que pueden condicionar la rentabilidad y sostenibilidad de la inversión. Finalmente, se presenta la validación del grado de cumplimiento de los requisitos previamente definidos en la investigación, integrando de esta manera una base sólida para la posterior discusión y análisis crítico de los hallazgos.

7.1 Modelo financiero

Cuadro 63. Estado de resultados

Estado de resultados

Cifras en Q

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingresos						
Ingresos por ventas	-	72,373,427.74	80,232,046.20	88,965,492.00	98,610,834.09	109,323,762.09
Total ingresos	-	72,373,427.74	80,232,046.20	88,965,492.00	98,610,834.09	109,323,762.09
Costos						
Mano de obra directa	-	1,136,110.92	1,244,311.96	1,352,513.00	1,623,015.60	1,785,317.16
Energía eléctrica	-	313,059.69	347,053.06	384,830.60	426,552.65	472,892.67
Materia prima	-	48,765,285.16	55,378,976.90	62,810,699.04	71,176,189.36	80,561,573.77
Material de empaque	-	2,801,776.09	3,175,768.79	3,595,453.01	4,063,548.59	4,587,666.86
Insumos	-	325,400.00	360,733.33	400,000.00	443,366.67	491,533.33
Mano de obra indirecta	-	956,406.93	994,475.59	1,032,544.25	1,127,715.90	1,184,818.89
Depreciación de maquinaria	-	335,585.04	335,585.04	335,585.04	335,585.04	335,585.04
Depreciación de T/M	-	475,475.00	475,475.00	475,475.00	475,475.00	475,475.00
Depreciación de bodega	-	183,557.13	183,557.13	183,557.13	183,557.13	183,557.13
Mantto de maquinaria	-	69,091.01	69,091.01	69,091.01	69,091.01	69,091.01
Total de costos	-	55,361,746.98	62,565,027.82	70,639,748.08	79,924,096.95	90,147,510.87
Ganancia en operación	-	17,011,680.76	17,667,018.38	18,325,743.92	18,686,737.14	19,176,251.21
Margen bruto %	-	23.51%	22.02%	20.60%	18.95%	17.54%
Gastos						
Transporte (exportación)	-	12,891,396.21	14,291,199.52	15,846,830.00	17,564,890.49	19,473,112.93
Zolic	-	518,228.17	518,228.17	518,228.17	518,228.17	518,228.17
Total de gastos	-	13,409,624.38	14,809,427.69	16,365,058.17	18,083,118.66	19,991,341.10
Otros ingresos y gastos financieros						
Costo financiero	-	597,441.20	496,109.85	386,418.65	267,677.94	139,141.11
Utilidad neta	-	3,004,615.18	2,361,480.84	1,574,267.09	335,940.54	-954,231.00
Margen Neto %	-	4.15%	2.94%	1.77%	0.34%	-0.87%

Nota. Elaboración propia.

Cuadro 64. Flujo de efectivo proyectado

Flujo proyectado de efectivo

Cifras en Q

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Utilidad neta	-	3,004,615.18	2,361,480.84	1,574,267.09	335,940.54	-954,231.00
(Partidas no monetarias)						
Gastos por depreciación	-	994,617.17	994,617.17	994,617.17	994,617.17	994,617.17
Cambios en el capital de trabajo						
Cambios en las CXC (30 días)	-	-5,948,500.91	-645,913.85	-717,817.46	-792,767.84	-880,514.63
Cambios en las CXP (30 días)	-	4,008,105.63	543,591.10	610,826.48	687,574.55	771,401.46
Cambios en inventario	-	-8,016,211.26	-1,087,182.20	-1,221,652.95	-1,375,149.09	-1,542,802.92
Salvamento del capital de t	-	-	-	-	-	15,607,013.91
Gastos de Capital (inversiones)						
Maquinaria	-1,974,029.67	0.00	-	-	-	296,104.45
Construcción de bodega	-3,671,142.61	0.00	-	-	-	2,753,356.96
Moldes/troqueles	-2,502,500.00	0.00	-	-	-	125,125.00
Actividades de financiamiento						
Préstamo	7,241,711.53	-	-	-	-	-
Pago de capital	-	-1,228,258.85	-1,329,590.21	-1,439,281.40	-1,558,022.12	-1,686,558.94
FCFE	-905,960.75	-7,185,633.04	837,002.86	-199,041.07	-1,707,806.79	15,483,511.45
FCFF	-905,960.75	-5,359,932.98	2,662,702.91	1,626,658.98	117,893.27	17,309,211.51

Nota. Elaboración propia.

Cuadro 65. Evaluación de métricas de factibilidad

Condiciones numéricas	Riesgo
Precio de venta	\$962.83
TIR (FCFE)	15.28%
VPN (FCFE)	Q904,942.09
TIR (FCFF)	55.68%
VPN (FCFF)	Q7,394,801.50

Nota. Elaboración propia.

Cuadro 66. Balance general

Balance General

Cifras en Q

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
ACTIVOS						
Activos circulantes						
Efectivo	9,956,606.54	2,770,973.50	3,607,976.36	3,408,935.29	1,701,128.50	17,184,639.95
Cuentas por cobrar	-	5,948,500.91	6,594,414.76	7,312,232.22	8,105,000.06	-
Inventarios	-	8,016,211.26	9,103,393.46	10,325,046.42	11,700,195.51	-
Activo a largo plazo						
Maquinaria	1,974,029.67	1,974,029.67	1,974,029.67	1,974,029.67	1,974,029.67	0
Bodega	3,671,142.61	3,671,142.61	3,671,142.61	3,671,142.61	3,671,142.61	0
Moldes y troqueles	2,502,500.00	2,502,500.00	2,502,500.00	2,502,500.00	2,502,500.00	0
Dep acumulada de maquinaria	0.00	-335,585.04	-671,170.09	-1,006,755.13	-1,342,340.18	0
Dep acumulada de bodega	0.00	-183,557.13	-367,114.26	-550,671.39	-734,228.52	0
Dep acumulada T/M	0	-475,475.00	-950,950.00	-1,426,425.00	-1,901,900.00	0
TOTAL DE ACTIVOS	18,104,278.82	23,888,740.78	25,464,222.51	26,210,034.68	25,675,527.65	17,184,639.95
PASIVOS						
Pasivo corriente						
Cuentas por pagar	-	4,008,105.63	4,551,696.73	5,162,523.21	5,850,097.76	0.00
Pasivo no corriente						
Préstamo	7,241,711.53	6,013,452.67	4,683,862.46	3,244,581.06	1,686,558.94	0.00
CAPITAL						
Capital contable	10,862,567.29	10,862,567.29	10,862,567.29	10,862,567.29	10,862,567.29	10,862,567.29
Utilidades del periodo	-	3,004,615.18	2,361,480.84	1,574,267.09	335,940.54	-954,231.00
Utilidades	-	-	3,004,615.18	5,366,096.02	6,940,363.12	7,276,303.66
PASIVOS + CAPITAL	18,104,278.82	23,888,740.78	25,464,222.51	26,210,034.68	25,675,527.65	17,184,639.95

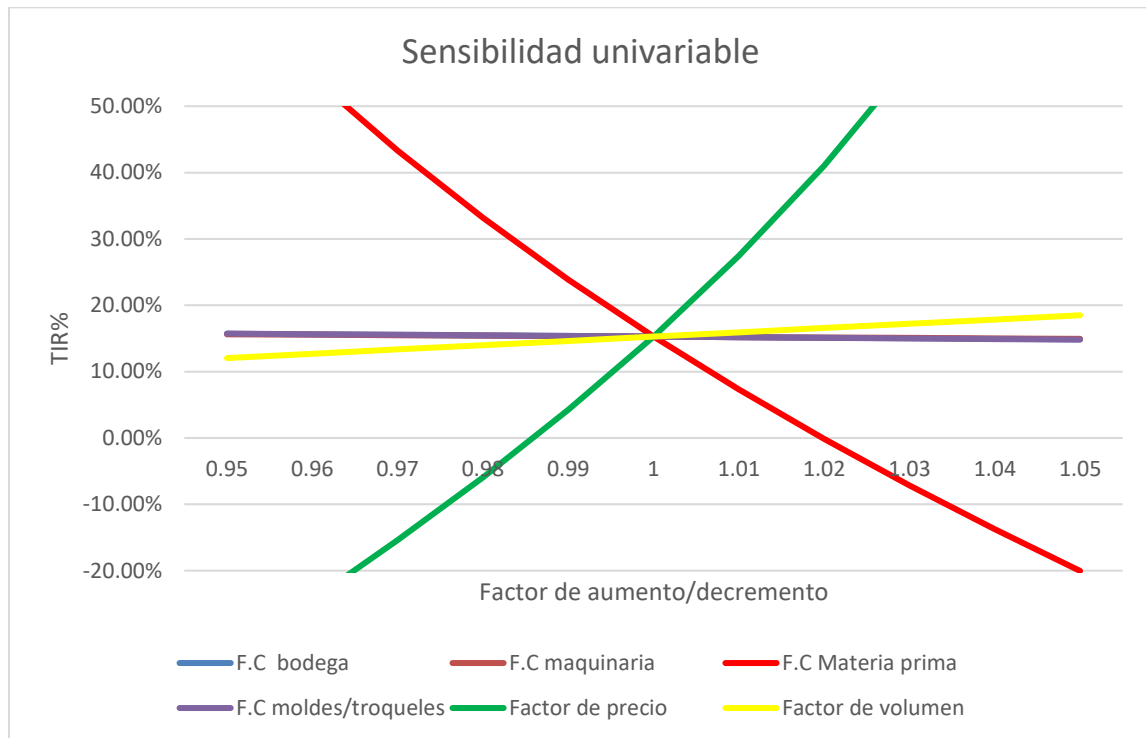
Nota. Elaboración propia.

Cuadro 67. Análisis de sensibilidad bivariado

Análisis bivariado		Volumen de producción							
		7600	7700	7800	7900	8000	8100	8200	8300
Precio de venta	930	-28.56%	-25.91%	-23.26%	-20.60%	-17.93%	-15.23%	-12.52%	-9.78%
	940	-20.69%	-17.87%	-15.02%	-12.15%	-9.25%	-6.32%	-3.35%	-0.33%
	950	-12.44%	-9.39%	-6.31%	-3.18%	-0.01%	3.22%	6.51%	9.86%
	960	-3.72%	-0.39%	2.99%	6.43%	9.94%	13.54%	17.21%	20.99%
	970	5.58%	9.24%	12.98%	16.81%	20.74%	24.78%	28.93%	33.22%
	980	15.58%	19.64%	23.81%	28.11%	32.54%	37.12%	41.86%	46.78%
	990	26.39%	30.94%	35.63%	40.49%	45.53%	50.76%	56.21%	61.90%
	1000	38.16%	43.28%	48.59%	54.12%	59.88%	65.90%	72.20%	78.80%

Nota. Elaboración propia.

Figura 32. Análisis de sensibilidad bivariado



Nota. Elaboración propia.

Cuadro 68. Verificación de cumplimiento de requisitos

Código	Criterio	Cumple
GR-NC-01	No validado, dado que la estimación del costo de certificación no puede ser justificado en la etapa de factibilidad del proyecto.	No
GR-NC-02	No validado, dado que la estimación del costo de certificación no puede ser justificado en la etapa de factibilidad del proyecto.	No
GR-NC-03	Se detallan los procedimientos y formatos por presentar en el proceso de exportación según las normas mexicanas.	Sí
GR-LG-01	Se incluye el pago de prestaciones, bonificaciones y se cumple con el pago mínimo establecido en el código de trabajo.	Sí
GR-LG-02	No validado, ya que los criterios de cumplimiento normativo en el diseño de la planta no representan un impacto financiero significativo entorno a la factibilidad del proyecto	No
GR-LG-03	Se especifica el cumplimiento de la legislación ambiental como parte del marco legal.	Sí
GR-LG-04	Se establece como requerimiento la obtención de la licencia de impacto ambiental.	Sí
GR-LG-05	Se opera bajo el régimen ZOLIC y se consideran los beneficios en el modelo financiero según las obligaciones fiscales y tributarias definidas por la SAT.	Sí

Código	Criterio	Cumple
GR-UB-01	La operación en las instalaciones de Puerta del Istmo suple del servicio de energía eléctrica confiable.	Sí
GR-UB-02	Puerta del Istmo cuenta con una terminal multimodal para el acceso a la red ferroviaria mexicana.	Sí
GR-PF-01	Se especifica el volumen de producción como un porcentaje de la demanda del mercado automotriz mexicano de enero 2023 a octubre 2024.	Sí
GR-PF-02	La producción de las carcasas de batería propuesta incluye procesos de estampado, troquelado, maquinado e inyección de plásticos.	Sí
GR-PF-03	Se planificaron las cantidades de materia prima por pedido con un margen de hasta 15 días los tiempos de entrega de los proveedores.	Sí
GR-PF-04	El proceso productivo es capaz de aumentar su capacidad en tiempo disponible para compensar atrasos por reparaciones.	Sí
GR-MP-01	Se considera en el tamaño de pedido la cantidad necesaria de materia prima para la operación según los tiempos de entrega establecidos y la demanda del mercado.	Sí
GR-MD-01	No validado debido a los altos costos que representa la inversión de un juego de troqueles para cada tipo de proceso.	No
IP-PF-01	El tamaño del pedido de la materia prima plástica es suficiente para el abastecimiento de 6 meses de producción.	Sí
IP-MO-01	La capacitación del personal se refleja como un requerimiento en el perfil profesional.	Sí
TE-MP-01	El costo de los sistemas de control de temperatura y humedad se aplican con el factor de aumento de costo de bodega y maquinaria.	Sí
TE-PF-01	Las fresadoras tienen un eje horizontal para proveer funciones de torneado adicionalmente.	Sí

Nota. Elaboración propia.

Análisis de resultados

La evidencia financiera y operativa obtenida indica que el proyecto es factible bajo el precio de venta actual de US\$962.83 por carcasa y los volúmenes de producción propuestos, representando así las mínimas condiciones para presentarse como una oportunidad atractiva para inversionistas. Al ubicarse el precio unitario por debajo del umbral de US\$1,400.00 establecido por las condiciones del mercado, se confirma la capacidad del proyecto para mantener su competitividad, por otra parte, los flujos proyectados permiten cumplir simultáneamente con los criterios de creación de valor ($VPN > 0$ descontado al $K_e = 15.28\%$) y de rentabilidad (TIR del flujo al patrimonio por encima del K_e) respaldando la factibilidad.

El análisis de sensibilidad aporta tres hallazgos clave para la toma de decisiones: (i) la materia prima es la variable más sensible del modelo; su alto peso relativo dentro de los costos directos hace que pequeñas variaciones en su factor de costo muevan de forma no lineal la TIR, por lo que cerrar contratos de suministro y coberturas debe ser una prioridad; (ii) la matriz bivariada Precio×Volumen traza una frontera de factibilidad donde combinaciones de precio cercanas al umbral de US\$960 requieren volúmenes mayores para mantener el VPN positivo, mientras que precios más altos reducen la exigencia de volumen; (iii) los costos de bodega, maquinaria y herramientas no tienen un efecto significativo frente a la materia prima, esto permite compensar subestimaciones de costos dados los supuestos establecidos.

Uno de los aspectos importantes de los que depende la factibilidad de proveeduría de carcasas de baterías para vehículos eléctricos en el mercado automotriz mexicano es la diversificación de la cadena de suministro de Ford, dado que existe un principal proveedor de carcasas consolidado, el riesgo de fluctuaciones de demanda se incrementa y consecuentemente se vuelve necesario abastecer otros fabricantes de la región, sugiriendo la expansión del alcance del proyecto para reestructurar los costos y evaluar factibilidad bajo la implementación de las estrategias de mitigación mencionadas.

Los resultados son positivos desde una perspectiva financiera, sin embargo, es importante reconocer las limitaciones de la investigación; principalmente la ausencia de especificaciones técnicas completas de los componentes (que obligó a seleccionar maquinaria “flexible” y a dimensionar por aproximaciones), además se realizaron estimaciones de costos de construcción, servicios, costo de moldes y troqueles, certificaciones, licencias ambientales, etc. Esto ocasiona incertidumbre al momento de determinar los costos asociados al proyecto que subestima los costos descritos anteriormente.

En conjunto, la interpretación es que el proyecto es viable y competitivo al precio actual, pero su éxito depende de asegurar materia prima, asegurar demanda bajo contratos de proveeduría, diversificación de portafolio de productos, cerrar brechas técnicas (CAD, herramientas), y blindar costos de inversión/operación; bajo esta información, los objetivos de inserción en la cadena de proveeduría de vehículos eléctricos para México quedan coherentemente respaldados por la evidencia económica del modelo.

De los 20 requisitos planteados, no se cumplieron con 4:

- GR-NC-01 y GR-NC-02: la estimación del costo de los procesos de certificación es un proceso dependiente de que el proyecto ya esté en operación, dependiendo del nivel de cumplimiento inicial con los diferentes estándares y procedimientos de la norma, junto con el tiempo de implementación es posible determinar el costo. Por lo tanto, una aproximación del costo sin estas condiciones no podría ser justificada lo suficiente como para que represente sus efectos en el rendimiento financiero de manera confiable.
- GR-LG-02: el alcance del proyecto no contempla el nivel de detalle necesario para la inclusión de los criterios a tomar en cuenta por parte de la Ley de salud y seguridad ocupacional en Guatemala. Por otra parte, el impacto financiero de los requisitos expuestos no es significativo en comparación con la cantidad de ingresos proyectada en el proyecto.
- GR-MD-01: dada la incertidumbre en la estimación de los costos de los moldes y troqueles y que estos representan un costo significativo, no se incluyeron herramientas de repuesto. Se asume entonces que esto representa uno de los riesgos evaluados en la factibilidad.

Conclusiones

1. Las carcasas de baterías para vehículos eléctricos forman parte de las autopartes que son viables producir en Guatemala y ser exportadas hacia México como parte de las tendencias del mercado y la capacidad industrial del país.
2. El marco vigente permite operar en régimen ZOLIC con exenciones de IVA, DAI e ISR, y exportar a México sin aranceles bajo HS 850790 (TLC México-CA), siempre que se cumpla con la documentación aduanera estándar; adicionalmente, la nueva planta debe tramitar licencia ambiental ante MARN (vigencia hasta 5 años, con renovación). Estas condiciones habilitan la factibilidad operativa-comercial del proyecto.
3. Las barreras principales provienen de infraestructura vial deficiente, tiempos fronterizos y trámites que elevan costos y plazos; a ello se suma la escasez de talleres locales para mantenimiento de troqueles (paradas largas ante fallas) y brechas de certificación, lo que obliga a planificar inventarios de seguridad y contratos de servicio externos mientras se desarrolla capacidad local.
4. La distribución propuesta (1,502.42 m²; 935.18 m² para proceso/almacenaje y 567.24 m² para maniobras) prevé expansión por capacidad y turnos; el manejo interno contempla montacargas retráctil y pasillos dimensionados, y la selección tecnológica incluye fresadora CNC, troqueladora/prensa y celdas de soldadura robótica de 6 ejes, coherentes con el conjunto de operaciones de corte, embutido, maquinado e inyección requeridas por la carcasa.
5. Con el precio operativo mínimo de referencia de \$962.83 por carcasa el proyecto crea valor a nivel de firma (FCFF: TIR 58.96% y VPN positivo), mientras que desde la perspectiva del accionista (FCFE) los retornos son positivos, pero más ajustados, lo que orienta a priorizar eficiencia y reducción de riesgos en CAPEX/OPEX para robustecer el rendimiento sobre el capital ($K_e=15.28\%$).

CAPÍTULO 10

Recomendaciones

1. Se recomienda tener a disposición información técnica precisa de las carcasas de baterías para vehículos eléctricos para el desarrollo de un modelo CAD preciso que refleje las características del producto final.
2. Se recomienda realizar cotizaciones con datos precisos de los moldes y troqueles necesarios para la producción, incluyendo unidades de repuesto en caso de fallos críticos para la mitigación el riesgo de un paro de producción.
3. Se recomienda diversificar los modelos de carcasas por ofrecer al mercado para reducir la exposición de cambios en la demanda que afecten directamente en el rendimiento financiero del proyecto.
4. Se recomienda diversificar los proveedores y priorizar cercanía para la reducción de los tiempos de entrega y el espacio de almacenamiento requerido para la materia prima.
5. Se recomienda refinar el diseño de la planta de producción tomando en cuenta sistemas auxiliares de control de temperatura, humedad y generación de energía eléctrica de respaldo.
6. Se recomienda establecer contratos de abastecimiento de las materias primas para reducir la exposición a los cambios de precio y las influencias geopolíticas que impacten directamente en el rendimiento financiero del proyecto.
7. Se recomienda establecer contratos de proveeduría con las fábricas automotrices en México para reducir la exposición a cambios en la demanda en base al mercado que impacten directamente al rendimiento financiero.
8. Se recomienda extender la investigación de costos para las tarifas de exportación en el sistema ferroviario mexicano para mejorar la exactitud de estos.

Bibliografía

- ¿Cuánto debo presupuestar para el mantenimiento de mi equipo? (s/f). Recuperado el 7 de mayo de 2025, de <https://upkeep.com/es/learning/budget-for-equipment-maintenance/>
- “No ha habido un momento más histórico y positivo para las Zonas Francas que este tiempo” | Agexport Hoy. (2021, abril 20). <https://agexporthoy.export.com.gt/agexport/no-habido-un-momento-mas-historico-y-positivo-para-las-zonas-francas-que-este-tiempo/>
- 8X8 Strapping in Stock - ULINE. (s/f). Recuperado el 16 de abril de 2025, de https://www.uline.com/BL_2753/Poly-Strapping
- A more compressive framework is needed for sustainability in the automotive industry. (2024, mayo 2). World Economic Forum. <https://www.weforum.org/stories/2024/05/how-to-navigate-sustainability-in-the-automotive-industry/>
- admin. (2025, enero 20). Cost Of Pallets 2024. AAA Pallet & Lumber Co. <https://aaapalletco.com/cost-of-pallets-2025/>
- AGS Technology, Inc. (2019). Clamp Tonnage Factor Table – Injectoblend. <https://agstechnology.com/wp-content/uploads/2019/06/Clamp-Tonnage-Factor-Table-Injectoblend.pdf>
- Aluminum 3003-H14. (s/f). Recuperado el 1 de marzo de 2025, de <https://matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=09c63ea8e10e4eea8398256801bb8514>
- Aluminum 6061-T6; 6061-T651. (s/f). Recuperado el 1 de marzo de 2025, de <https://matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=b8d536e0b9b54bd7b69e4124d8f1d20a>
- Aluminum Extruders Council (AEC). (s.f.). Electric vehicle battery box. <https://aec.org/page/electric-vehicle-battery-box>
- American Welding Society (AWS). (2014). AWS D1.2/D1.2M:2014 – Structural welding code – Aluminum. American Welding Society. <https://www.aws.org/>
- American Welding Society (AWS). (s.f.). Economics of welding and cutting. American Welding Society. <https://www.aws.org/>
- Association of American Railroads. (2024). Building a safer future: Advancing freight rail safety and efficiency. <https://www.aar.org/wp->

- content/uploads/2024/03/AAR-Building-A-Safer-Future-2024-White-Paper.pdf
- Ávila, S. (2023, noviembre 15). Clúster automotriz en Hidalgo: Sedeco busca consolidarlo en 2024. La Jornada Hidalgo. <https://lajornadahidalgo.com/cluster-automotriz-en-hidalgo-sedeco-busca-consolidarlo-en-2024/>
- Banco de Guatemala. (s.f.). Índice de Precios al Consumidor. Recuperado el 14 de abril de 2025, de [https://banguat.gob.gt/page/indice-de-precios-al-consumidor​;contentReference\[oaicite:5\]{index=5}](https://banguat.gob.gt/page/indice-de-precios-al-consumidor​;contentReference[oaicite:5]{index=5})
- Battery - 2021 Ford Mustang Mach-E. (s/f). Recuperado el 1 de marzo de 2025, de https://www.fordpartsgiant.com/parts-list/2021-ford-mustang_mach_e/battery.html?diagram=MT21185
- BloombergNEF. (2021, 30 de noviembre). Battery pack prices fall to an average of \$132/kWh, but rising commodity prices start to bite. <https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-fall-to-an-average-of-132-kwh-but-rising-commodity-prices-start-to-bite/>
- BMW Group Sustainability Goals. (s/f). Recuperado el 5 de noviembre de 2024, de <https://www.bmwgroup.com/en/sustainability/goals.html>
- Camacho, J. (2024, octubre 31). Seis empresas chinas buscan instalarse en San Luis Potosí. Líder Empresarial. <https://www.liderempresarial.com/seis-empresas-chinas-buscan-instalarse-en-san-luis-potosi/>
- Capgemini Research Institute. (2023). Automotive supply chain: Pursuing long-term resilience. Capgemini. <https://www.capgemini.com/research/automotive-supply-chain-resilience/>
- Carvalho, H., Naghshineh, B., Govindan, K., & Cruz-Machado, V. (2022). The resilience of on-time delivery to capacity and material shortages: An empirical investigation in the automotive supply chain. *Computers & Industrial Engineering*, 171, 108375. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108375>
- China Monetary Policy Report Q4 2024. (s/f). Recuperado el 14 de septiembre de 2025, de <http://www.pbc.gov.cn/en/3688229/3688353/3688356/5188141/5621959/2025051222522191967.pdf>
- Coffman, J., Iyer, R., & Robinson, R. (2023). 2023 Deloitte Automotive Supplier Study: Transforming business models amidst rising operational challenges. Deloitte Development LLC. <https://www2.deloitte.com/>
- COMEX. (s.f.). Formulario Aduanero Único Centroamericano – FAUCA (versión completa revisada 12 ago 13, Resolución 318-13). Recuperado el 17 de abril de 2025, de <https://www.comex.go.cr/media/5416/fauca-completo-rev-12-ago-13-resl-318-13.pdf>
- Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE). (2025, 27 de enero). Resolución CNEE-67-2025. <https://www.cnee.gob.gt/>
- Computrabajo. (2024). Salarios promedio en Guatemala por ocupación. Recuperado de <https://www.computrabajo.com.gt/>
- Congreso de la República de Guatemala. (1989). Ley que establece la bonificación incentivo para los trabajadores del sector privado (Decreto 78-89). Recuperado de <https://leyes.infile.com/index.php?id=185>
- Connector. (s/f). OEM Ford Parts Direct. Recuperado el 14 de marzo de 2025, de <https://www.oemfordpartsdirect.com/oem-parts/ford-connector-lj9z7g276c>
- Consejo de Ministros de Integración Económica (COMIECO). (2022). Sistema Arancelario Centroamericano (SAC) – VII Enmienda [Anexo 1 de la Resolución No. 450-2021 (COMIECO-EX)]. Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA). <https://www.sieca.int/>
- Contraloría General de Cuentas. (1992). Ley de Bonificación Anual para Trabajadores del Sector Privado y Público (Decreto 42-92). Recuperado de

- <https://leyes.infile.com/index.php?id=151>
- Crónica. (s/f). El riesgo de que migren las zonas francas del país. Crónica. Recuperado el 14 de septiembre de 2025, de <https://cronica.com.gt/el-riesgo-de-que-migren-las-zonas-francas-del-pais/>
- CSIMarket. (2025). Industry financial strength ratios: Miscellaneous manufacturing. Recuperado de https://csimarket.com/Industry/industry_Financial_Strength_Ratios.php?ind=206
- CSIMarket. (2025). Industry profitability ratios – Electric & Wiring Equipment Industry. https://csimarket.com/Industry/industry_Profitability_Ratios.php?ind=405
- Customer Price Index. (s/f). Bureau of Labor Statistics. Recuperado el 14 de septiembre de 2025, de <https://www.bls.gov/cpi/>
- Damodaran, A. (2025). Data: Current data for valuation. New York University, Stern School of Business. Recuperado de https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datacurrent.html
- Damodaran, A. (2025, enero 9). Country Default Spreads and Risk Premiums. NYU Stern School of Business. https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html
- Damodaran, A. (2025, enero). Betas by Sector (US). NYU Stern School of Business. https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html
- Dare Forward 2030 - A Bold Strategic Plan. (s/f). Stellantis.Com. Recuperado el 5 de noviembre de 2024, de <https://www.stellantis.com/en/company/dare-forward-2030>
- DCA, C. (2024, diciembre 26). El desafío que enfrenta Guatemala en el sector de autopartes. Diario de Centro América. <https://dca.gob.gt/noticias-guatemala-diario-centro-america/el-desafio-que-enfrenta-guatemala-en-el-sector-de-autopartes/>
- Economía, S. de. (s/f). Decreto Automotriz. gob.mx. Recuperado el 4 de noviembre de 2024, de <http://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/decreto-automotriz>
- Federal Reserve Economic Data | FRED | St. Louis Fed. (s/f). Recuperado el 14 de septiembre de 2025, de <https://fred.stlouisfed.org/>
- Ferromex, S.A. de C.V. (2024). Tarifa para transporte de contenedores 2024 FXE. Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/919907/TARIFA_PARA_TRANSORTE_CONTENEDORES_2024_FXE.pdf
- Fischer, J. (2022, abril 26). Electric Vehicle Sales and Market Share (US - Q1 2025 Updates). CarEdge. <https://caredge.com/guides/electric-vehicle-market-share-and-sales>
- Ford Boosting Production of 3 BEVs, 3 ICE Models. (s/f). Recuperado el 11 de septiembre de 2025, de <https://www.wardsauto.com/ford/ford-boosting-production-of-3-bevs-3-ice-models>
- Ford Global Technologies LLC. (2024). Battery pack and vehicle comprising the same (CN118943554A). Chinese National Intellectual Property Administration. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/086930926/publication/CN118943554A>
- Ford Global Technologies LLC. (2024). Battery pack including a vent tube assembly (U.S. Patent No. 12,115,847 B2). United States Patent and Trademark Office. <https://patents.google.com/patent/US12115847B2>
- Freightos. (s.f.). Calculadora de envíos LCL. Recuperado el 14 de abril de 2025, de <https://www.freightos.com/es/freight-resources/lcl-calculadora/Freightos>
- Gachúz, J. C., & Montes, M. P. (2019). La industria automotriz en México y China: Oportunidades de complementariedad. In La industria automotriz en México y China: Oportunidades de complementariedad. <https://doi.org/10.5354/0719-9368.2020.57168>

- GANTER-Normteile. (s.f.). GN 30b – Soportes angulares de aluminio para perfiles de aluminio (sistema modular B). TraceParts. <https://www.traceparts.com/es/product/ganternormteile-gn-30b-soportes-angulares-aluminio-para-perfiles-de-aluminio-sistema-modular-b?CatalogPath=TRACEPARTS%3ATP02007002009&Product=90-22012024-050139>
- General Catalog - Download. (s/f). MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION. Recuperado el 10 de marzo de 2025, de <https://www.mmc-carbide.com/us/download/catalog>
- GM Releases 2023 Sustainable Finance Report | General Motors Company. (s/f). Recuperado el 5 de noviembre de 2024, de <https://investor.gm.com/news-releases/news-release-details/gm-releases-2023-sustainable-finance-report/>
- Gobierno del Estado de México genera plan para sector automotriz. (2021, junio 15). El Economista. <https://www.eleconomista.com.mx/estados/Gobierno-del-Estado-de-Mexico-genera-plan-para-sector-automotriz-20210614-0120.html>
- Grupo Inmobiliario Guatemala. (2021, 8 de noviembre). Data importante del sector inmobiliario en Guatemala. <https://giguate.com/data-importante-del-sector-inmobiliario-en-guatemala/>
- Henan Tosta Machinery Co., Ltd. (s.f.). Grúa pequeña de alta calidad para camioneta, capacidad de 500 kg. Alibaba. https://www.alibaba.com/product-detail/High-Quality-Small-Pickup-Crane-500kg_1601046091531.html
- Hidalgo, G. V. / E. S. de. (s/f). Hidalgo se sumaría al Clúster Automotriz Metropolitano. El Sol de Hidalgo | Noticias Locales, Policiacas, sobre México, Hidalgo y el Mundo. Recuperado el 11 de noviembre de 2024, de <https://www.elsoldehidalgo.com.mx/local/hidalgo-se-sumaria-al-cluster-automotriz-metropolitano-11501507.html>
- Horas, 24. (2022, octubre 5). Establece Gobierno de Puebla condiciones para atraer inversiones de industria automotriz. Diario 24 Horas Puebla. <https://24horaspuebla.com/2022/10/establece-gobierno-de-puebla-condiciones-para-atraer-inversiones-de-industria-automotriz/>
- How to Estimate Injection Molding Cost? (s/f). Formlabs. Recuperado el 5 de mayo de 2025, de <https://formlabs.com/blog/injection-molding-cost/>
- How to Ship Automotive Parts. (s/f). FedEx. Recuperado el 16 de abril de 2025, de <https://www.fedex.com/en-us/shipping/how-to-ship-automotive.html>
- iContainers. (s.f.). Contenedor de 20 pies: Peso, medidas, dimensiones y capacidad. Recuperado el 14 de abril de 2025, de <https://www.icontainers.com/es/ayuda/contenedor-20-pies/>
- iContainers. (s.f.). Contenedor de 40 pies: Peso, medidas, dimensiones y capacidad. Recuperado el 14 de abril de 2025, de <https://www.icontainers.com/es/ayuda/contenedor-40-pies/>
- Industria Nacional de Autopartes, A. C. (INA). (2023, enero 9). Comprometidos con el futuro de la movilidad: Conferencia de prensa. <https://www.ina.com.mx/>
- Industrias Bono S.R.L. (2019, diciembre). Manual técnico: Racks de almacenamiento industriales selectivos. <https://industriasbono.com.ar/wp-content/uploads/2020/11/MANUAL-TECNICO-RACKS-SELECTIVOS-I-566-MD-ME-01.pdf>
- INFRAESTRUCTURA VIAL EN GUATEMALA – CUTRIGUA. (2021, octubre 13). <https://cutrigua.org.gt/2021/10/13/infraestructura-vial-en-guatemala/>
- Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS). (2020). Manual de afiliación y aportes para empleadores. Recuperado de <https://www.igssgt.org/manuales/manual-de-afiliacion-y-aportes-para-empleadores/>

- Instituto Nacional de Estadística de Guatemala. (2025, febrero 17). Índice de Precios al Consumidor – Enero 2025. <https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2025/02/17/20250217134535ulH0ZxgvNe7JAdGEk3G7GzRiFrDmXFWf.pdf>
- International Energy Agency. (2023). Global EV Outlook 2023: Catching up with climate ambitions. IEA. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>
- International Transport Forum. (2019). Efficiency in railway operations and infrastructure management (ITF Roundtable Report No. 177). OECD Publishing. <https://www.itf-oecd.org/efficiency-railway-operations-and-infrastructure-management>
- La industria automotriz en Puebla, un punto importante de desarrollo. (s/f). El Sol de Puebla | Noticias Locales, Policiacas, sobre México, Puebla y el Mundo. Recuperado el 11 de noviembre de 2024, de <https://www.elsoldepuebla.com.mx/analisis/la-industria-automotriz-en-puebla-un-punto-importante-de-desarrollo-12533019.html>
- Lampre S.r.l. (2021, octubre). Storage guidelines for precoated metal [Directrices de almacenamiento para metal prelacado]. <https://www.lampre.com/wp-content/uploads/2024/12/Storage-Guidelines-A4-1.pdf>
- Large Cardboard Sheets, Large Corrugated Pads in Stock - ULINE. (s/f). Recuperado el 16 de abril de 2025, de https://www.uline.com/BL_1851/Large-Corrugated-Pads
- Lithium-Ion Battery Pack Prices See Largest Drop Since 2017, Falling to \$115 per Kilowatt-Hour: BloombergNEF. (2024, diciembre 10). BloombergNEF. <https://about.bnef.com/blog/lithium-ion-battery-pack-prices-see-largest-drop-since-2017-falling-to-115-per-kilowatt-hour-bloombergnef/>
- MARN / Dirección de Gestión Ambiental y Recursos Naturales. (s.f.). Manual de Clasificación Ambiental de Proyectos. <https://www.marn.gob.gt/viceministro-de-ambiente/digarn/licencias-ambientales-formularios/solicitud-de-licencia-ambiental/>
- Material de aluminio de la batería de energía del vehículo New Energy | Chalco Aluminum. (s/f). Recuperado el 1 de marzo de 2025, de <https://www.chalcoaluminum.com/es/knowledge/power-battery-aluminum/>
- McKinsey Global Supply Chain Leader Survey 2024 | McKinsey. (s/f). Recuperado el 11 de septiembre de 2025, de https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/supply-chain-risk-survey?utm_
- MexicoIndustry. (s/f-a). Coahuila consolida su liderazgo en la industria automotriz mexicana. MexicoIndustry. Recuperado el 11 de noviembre de 2024, de <https://mexicoindustry.com/noticia/coahuila-consolida-su-liderazgo-en-la-industria-automotriz-mexicana>
- MexicoIndustry. (s/f-b). Edomex contribuye con el crecimiento industrial. MexicoIndustry. Recuperado el 11 de noviembre de 2024, de <https://mexicoindustry.com/noticia/edomex-contribuye-con-el-crecimiento-industrial>
- MexicoIndustry. (s/f-c). Industria automotriz, pilar del crecimiento en San Luis Potosí. MexicoIndustry. Recuperado el 11 de noviembre de 2024, de <https://mexicoindustry.com/noticia/industria-automotriz-pilar-del-crecimiento-en-san-luis-potosi>
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (s.f.). Acuerdo Gubernativo 137-2016: Reglamento para la evaluación, control y seguimiento ambiental.
- Ministerio de Energía y Minas de Guatemala. (2007). Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista (Incluye reformas según Acuerdo Gubernativo No. 69-2007). <https://www.mem.gob.gt/>
- NACHI-FUJIKOSHI Corp. (s.f.). Catálogo de brocas HSS: Alta velocidad para taladrado de precisión [Catálogo técnico]. NACHI-FUJIKOSHI Corp. <https://www.nachi-fujikoshi.co.jp/>
- Negocios Globales. (2013, marzo). Recomendaciones generales en el uso de pallets. Grupo

- <https://www.emb.cl/negociosglobales/articulo.mvc?ni=recomendaciones-generales-en-el-uso-de-pallets&xid=1698>
- Nemak to supply battery housings for the Mustang Mach-E . (s/f). Nemak. Recuperado el 11 de septiembre de 2025, de <https://www.nemak.com/blog/posts/2020/january/nemak-to-supply-battery-housings-for-the-mustang-mach-e/>
- Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2009). Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo (12ª ed., C. R. Cordero Pedraza & J. E. Murrieta Murrieta, Trans.). McGraw-Hill/Interamericana Editores. (Obra original publicada en 2009)
- Nova Technology International. (2013). Dock planning standards guide. Nova Technology International. <https://www.novalocks.com>
- Omar, M. A. (2011). The automotive body manufacturing systems and processes. John Wiley & Sons Ltd.
- Perfil automotriz de aluminio 6061 T4/T5/T6 | Chalco Aluminum. (s/f). Recuperado el 1 de marzo de 2025, de <https://www.chalcoaluminum.com/es/application/aluminum-automotive/6061-auto-profile/>
- Perforated Foam Rolls in Stock - ULINE. (s/f). Recuperado el 16 de abril de 2025, de https://www.uline.com/BL_869/Uline-Perforated-Foam-Rolls
- Plastics, R. (2013, julio 15). How Much Does Injection Molding Cost? | Rex Plastics Mold Manufacturer. Rex Plastics. <https://rexplastics.com/plastic-injection-molds/how-much-do-plastic-injection-molds-cost>
- Polyplastics Co., Ltd. (s.f.). DURANEX® PBT SF3300: Super High Flow, HB [Ficha técnica]. https://www.polyplastics.com/Gidb/GradeInfoDownloadAction.do?gradeId=2323&fileNo=1&langId=1&_LOCALE=ENGLISH
- ProMéxico & Industria Nacional de Autopartes (INA). (s.f.). Industria de autopartes y automotriz en México: Análisis e identificación de oportunidades para Guatemala [Presentación de PowerPoint]. Fuentes secundarias: OICA, INEGI, AMIA, SE, ANPACT, AMPIP, CBRE Research, El Financiero, El CEO.
- Registro Administrativo de la Industria Automotriz de Vehículos Ligeros (RAIAVL). (2024). Recuperado el 11 de noviembre de 2024, de <https://www.inegi.org.mx/datosprimarios/iavl/>
- REGLAMENTO para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. (s/f). Recuperado el 17 de abril de 2025, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/403658/REGLAMENTO_PARA_EL_TRANSPORTE_TERRESTRE_DE_MATERIALES_Y_RESIDUOS_PELIGROSOS.pdf
- Requisitos para importar. (s/f). Recuperado el 17 de abril de 2025, de http://omawww.sat.gob.mx/aduanas/importando_exportando/regimenes/Paginas/requisitos_para_importar.aspx
- Resource Center. (2025, febrero 8). U.S. Department of the Treasury. <https://home.treasury.gov/resource-center/data-chart-center/interest-rates/TextView>
- RJC. (2023, abril 24). Una breve introducción a la conexión y aplicación del molde de inserción y el conector - Molde RJC. RJC Mold. <https://www.rjemold.com/es/una-breve-introducci%C3%B3n-a-la-conexi%C3%B3n-y-aplicaci%C3%B3n-del-molde-de-inserci%C3%B3n-y-el-conector/>
- RS Group - Free CAD models - TE Connectivity HVA Series, Electric vehicle connector Socket, 40A - TraceParts. (s/f). Recuperado el 14 de abril de 2025, de <https://www.traceparts.com/en/product/rs-group-te-connectivity-hva-series-electric-vehicle-connector-socket->

- 40a?CatalogPath=RS_COMPONENTS%3APSF_576421&Product=10-26082019-087117
- Saldaña, J. (2025, marzo 10). Mexican vehicles and auto parts do not comply with USMCA rules. MEXICONOW. <https://mexico-now.com/mexican-vehicles-and-auto-parts-do-not-comply-with-usmca-rules/>
- SeaRates. (s.f.). International container shipping | Online freight marketplace. Recuperado el 14 de abril de 2025, de <https://www.searates.com/>
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes: Autotransporte Transfronterizo México - Guatemala. (s/f). Recuperado el 17 de abril de 2025, de <https://sct.gob.mx/transporte-y-medicina-preventiva/autotransporte-federal/temas-internacionales/autotransporte-transfronterizo-mexico-guatemala/>
- Secretaría de Economía - Subsecretaría de Comercio Exterior. (s.f.). TLC Único México - Centroamérica: Ficha informativa. Recuperado el 17 de abril de 2025, de https://www.economia.gob.mx/files/TLC_Unico_ficha_informativa.pdf
- Seguro de carga. (s/f). Ferromex. Recuperado el 14 de abril de 2025, de <https://ferromex.mx/seguros-de-carga/>
- Shanghai Common Metal Products Co., Ltd. (s.f.). Soporte interior de aluminio de alta resistencia para perfil de aluminio. Alibaba. https://www.alibaba.com/product-detail/Strength-Aluminum-Interior-Bracket-Aluminum-Profile_1600552594019.html
- Single Wall Cardboard Boxes, Single Wall Shipping Boxes in Stock - ULINE. (s/f). Recuperado el 16 de abril de 2025, de https://www.uline.com/BL_417/275-Lb-Test-Single-Wall-Boxes
- Soluciones ideales para el futuro de la movilidad. (s/f). Recuperado el 14 de abril de 2025, de <https://www.basf.com/basf/www/es/es/media/news-releases/2019/soluciones-ideales-para-el-futuro-de-la-movilidad>
- Sostenibilidad e impacto medioambiental | Ford ES. (s/f). Recuperado el 5 de noviembre de 2024, de <https://www.ford.es/experiencia-ford/sostenibilidad>
- State of Tech: The best packaging presses in stock. (s/f). Recuperado el 2 de marzo de 2025, de <https://www.plasticstoday.com/packaging/state-of-the-tech-the-best-packaging-presses-in-stock>
- Superintendencia de Bancos de Guatemala. (2025). Tasas de interés aplicadas por tipo de crédito. Recuperado de <https://www.sib.gob.gt/ConsultaDinamica/?cons=491>
- Sustainability | SDGs | ESG | JAC Group. (s/f). Recuperado el 5 de noviembre de 2024, de <https://www.jacgroup.com/en/about/sustainability>
- TE Connectivity, HVA280 EV Connector Socket, 40A | TE Connectivity. (s/f). RS International. Recuperado el 14 de abril de 2025, de <https://int.rsdelivers.com/product/te-connectivity/hva280/hvil/term/te-connectivity-hva280-ev-connector-socket-40a/8086728>
- Tenza, A. (2023, diciembre 13). Progressive Dies 101: How Much Does It Cost? Tripar Inc. <https://www.triparinc.com/investing-in-progressive-dies-what-you-need-to-know/>
- Tenza, A. (2023, diciembre 13). Progressive Dies 101: How Much Does It Cost? Tripar Inc. <https://www.triparinc.com/investing-in-progressive-dies-what-you-need-to-know/>
- Tipo de Cambio - Banco de Guatemala. (s/f). Recuperado el 16 de abril de 2025, de https://banguat.gob.gt/tipo_cambio/
- Ugueto, L. (2024, septiembre 4). Coahuila: El Motor de la Producción Automotriz en México. AmericaRetail & Malls. <https://america-retail.com/paises/mexico/coahuila-el-motor-de-la-produccion-automotriz-en-mexico/>
- Uline Clear Stretch Film Casts in Stock - ULINE. (s/f). Recuperado el 16 de abril de 2025, de https://www.uline.com/BL_2960/Uline-Machine-Length-Stretch-Film-Cast

- Valladolid, M. (2023, octubre 12). Los nuevos incentivos fiscales impulsarán los autos eléctricos en México: Tesla. Forbes México. <https://forbes.com.mx/los-nuevos-incentivos-fiscales-impulsaran-los-autos-electricos-en-mexico-tesla/>
- Venta al público y producción de vehículos ligeros por marca, modelo, segmento y país origen. (s/f). Recuperado el 11 de septiembre de 2025, de https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?bd=RAIAVL&px=RAIAVL_8_9
- Way to Zero, así cuidamos el medio ambiente | Volkswagen. (s/f). Recuperado el 5 de noviembre de 2024, de <https://www.vw.com.mx/es/experiencia/way-to-zero.html>
- Welding aluminum? Consider automation. (s/f). Recuperado el 2 de marzo de 2025, de <https://www.thefabricator.com/thewelder/article/aluminumwelding/welding-aluminum-consider-automation>
- Wieland Metal Services. (s.f.). Coil calculator. Recuperado el 14 de abril de 2025, de <https://wieland-metalservices.com/coil-calculator/>
- World Customs Organization. (s.f.). HS Nomenclature 2022 Edition. Recuperado el 17 de abril de 2025, de <https://www.wcoomd.org/en/topics/nomenclature/instrument-and-tools/hs-nomenclature-2022-edition/hs-nomenclature-2022-edition.aspx>
- World Economic Outlook - All Issues. (s/f). IMF. Recuperado el 14 de septiembre de 2025, de <https://www.imf.org/en/Publications/WEO>
- Zona Libre de Industria y Comercio “Santo Tomás de Castilla” (ZOLIC). (2022). Reglamento de tarifas para las Zonas de Desarrollo Económico Especial Públicas – ZDEEP (Reformado por el Acuerdo Ministerial 398-2022). <https://www.zolicguate.com/>
- Zona Libre de Industria y Comercio “Santo Tomás de Castilla” (ZOLIC). (2021). Reglamento para la autorización, habilitación y funcionamiento de Zonas de Desarrollo Económico Especial Públicas – ZDEEP (Aprobado por Resolución de Junta Directiva No. 58/EO-03/2021). <https://www.zolicguate.com/>
- Zona Libre de Industria y Comercio “Santo Tomás de Castilla” (ZOLIC). (2021). Requisitos para calificarse como Zona de Desarrollo Económico Especial Pública (ZDEEP). <https://www.zolicguate.com/>
- Zona Libre de Industria y Comercio “Santo Tomás de Castilla” (ZOLIC). (s.f.). Tarifas. Recuperado el 14 de abril de 2025, de <https://zolicguate.com/tarifas/>

13.1 Cotizaciones

Figura 33. Cotización de prensa servohidráulica



Shandong Woda heavy machinery Co.,LTD
NO.789 Guohe Road, Economic Development Zone,
Tengzhou, Zaozhuang, Shandong Province
Contact:Kylee Cai Mob/whatsapp:+8615318073799

Quotation Sheet

1. Price

Name	Quantity	Price FOB Qingdao, China
YQ32-1000T hydraulic press machine	1 set	At USD 60500

2. Payment terms:

1. Payment term: 40% TT in advance, 60% TT before shipment
2. Validity: The quotation will be valid for 30 days.
3. Warranty: one year
4. Delivery time: 50-60 days after receive the advance payment

Parameters:

specification	YQ32-1000T
Normal Force (KN)	10000
Slider stroke(mm)	600
max opening height (mm)	1000
table size (mm)	1500x2000
Descend speed (mm/s)	150
working speed (mm/s)	12-25

Nota. Shandong Woda Heavy Machinery Co., LTD. (s.f.). *Quotation Sheet: YQ32-1000T hydraulic press machine.*

Figura 34. Cotización de sistema de alimentación de 2mm

BESCO MACHINE TOOL LIMITED

Main factory address: No. 50, Huzhou Road,

Dongcheng Development Zone, Dongying City, Shandong Province

Branch factory address: No. 34, Jiacun Industrial Park, Zibo City, Shandong Province



QUOTATION DOCUMENTS

Date: Mar.18, 2025

**NLF1-400 decoiler, straightener & feeder 3 in 1 Machine
for aluminum coil width 350mm, thickness 2mm**



Item No.	Item Description	Model	Quantity	FOB Price (USD)
1	NLF1-400 decoiler, straightener & feeder 3 in 1 Machine (with material loading cart) (Leveling capacity: aluminum coil with max. 350mm width, 2.0mm thickness)	NLF1-400	1	\$18500
Total				\$18500

★ Price term: FOB Qingdao

★ Payment: 30% deposit by T/T and the balance 70% should be paid before shipment.

★ Delivery date: 40 days since the receipt of advance payment

★ Warranty: 14 months since the B/L date

★ Gross weight: 2 ton, CBM: 5.2

Tel: 0546-7268096 Fax: 0546-7268097 Website: www.bescomt.com

Email: summer.xue@bescomt.com Mobilephone: +86-13181986270

ADDRESS: 50 Huzhou Road, Economic Development Area, Dongying City, Shandong Province, China

Nota. Besco Machine Tool., LTD. (2025). *Quotation Document: NLF1-400 decoiler, straightener & feeder 3 in 1 Machine for aluminum coil width 350mm, thickness 2mm.*

Figura 35. Cotización de troqueladora y sistema de alimentación de 3mm



Web:www.ntjugao.com Whatsup:+861322211178 Email:info@ntjugao.com

Add.:Haian Industry Park Haian County Jiangsu China

南通久高智能装备科技有限公司

PROFORMA INVOICE

Proforma Invoice N°: Jugao 20250411GU Fecha (Date) : 11 de abril, 2025

Vendedor: Luis Narcis

Comprador: Jose Lemus

Tel/Whatsapp:008617696758899

Direccion:

Email: luis@ntjugao.com

Tel/Whatsapp: jlemus357@gmail.com

País: China

País:Gutemala

Nombre	Modelo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso	Precio Unitario	Precio Total
Prensa 220V trifasico	JH21-110	1 SET	3200x1600x2200	9,500KG	USD18,200	USD18,200
Unwinding hidraulico 220V trifasico	2x1300 CTL	1 SET	7500x2100x1700	12,000KG	USD32,000	USD32,000
Total F.O.B.Shanghai						USD50,200
Términos de Pago	Deposito :30% 70% pago una vez termine la produccion					
Plazo de fabricacion	39 dias laborales apartir del dia de recibir dinero					
Validez de P	15 días					
Información Bancaria del Vendedor	Remittance Information BENEFICIARY' S BANK: CHANGSHU RURAL COMMERCIAL BANK BANK ADD: NO.58 XINSHIJI DADAO, CHANGSHU, JIANGSU, CHINA SWIFT CODE: CSCBCNSHXXX BENEFICIARY' S NAME: JUGAO CNC MACHINE JIANGSU CO LTD ACCOUNT NO: 101217114023978882 ADDRESS: NO.161 HUANGHAI ROAD HAIAN COUNTY NANTONG CITY JIANGSU PROVINCE CHINA					



Nota. Jugao CNC Machine Jiangsu CO., LTD. (2025). Proforma Invoice: Prensa 220V trifásico, Unwinding hidráulico 220V trifásico.

Figura 36. Cotización de cortadora de perfiles

 JINAN SAINT-FECO INTELLIGENT MACHINERY CO.,LTD Office Add: 2103-1, No.6 Building, Shuntai Square, Jinan City, China Tel: +86 166 7889 3183; Fax: 0086-531 8256 2320 Web:www.saintfeco-chn.cn; Email: david@saintfeco-chn.cn;						
Aluminum Single Head Cutting Machine QUOTATION						
No.:SFLHD20250317					Date:Mar 17, 2024	
TO: Mr.Jose Lemus						
No.	Machine Name	Model No.	Pictures	Q'ty	Unit Price (USD)	Total Price (USD)
1	Aluminum Single Head Cutting Saw	SFDJ-650		1	\$3,661.00	\$3,661.00
2	wooden box package	/		1	\$150.00	\$150.00
Total				2		\$3,811.00
Note: 1. Payment Terms: T/T. 30% as deposit, 70% balance before the delivery. 2. Voltage: Machine standard is 380V 50HZ 3PH, can be customized. 3. Terms of Shipment: FOB Qingdao port, China. 4. Lead Time: Above machine(s) could be delivery within 15 working days after receive deposit. 5. Warranty: 1 year for all machines, but do not include wearing parts, if parts broken during warranty time, we will replace for free, and buyers should afford freight. 6. Online service: 24 hours online technical support.If necessary, engineer will come to buyer's factory and give solutions 7. Bank Information: Beneficiary Name: Jinan Saint-Feco Intelligent Machinery Co., Ltd. Beneficiary Account Number: 3996000179044 Swift Code: CITIHKHX or CITIHKHXXXX Country/Region: HongKong Beneficiary Address: 26/F., TOWER ONE, TIME SQUARE 1 MATHESON STREET CAUSEWAY BAY HK Beneficiary Bank: CITIBANK, N.A., HONG KONG BRANCH Beneficiary Bank Address: Champion Tower, Three Garden Road, Central, Hong Kong Bank Code: 006 Branch Code: 391						



Nota. Jinan Saint-Feco Intelligent Machinery Co., LTD. (2025). *Aluminum Single Head Cutting Machine Quotation.*

Figura 37. Cotización de fresadora de torreta



Shandong Luzhong Machine Tool Co.,Ltd.
Email: steven@lzcncmachine.com
Tel: 0086 15166323306

Official Quotation

TO: Jose Lemus

No:LZ20250303002

Date:3.MAR.2025

Price valid time:One month

Delivery time:30 work days after getting the deposit

Payment term :TT ,30% when order,70% balance payment before shipment .

Picture	Goods description	Configuration	FOB Qingdao Port(USD)	Qty (set)	Amount (USD)
	Turret Milling Machine 5H	Milling chuck, Machine Vise, vertical draw bar, vertical tool carrier, horizontal cutter bar, horizontal tool carrier, adjusting iron pads, foot bolts, wrench, screwdriver, cooling, lighting, lubrication, Z axis electric lift, 220V 60HZ 3phase	4500	1	4500
	Optional	3 axis DRO	400	1	400
		X/Y axis auto feed	300	1	300
		Combination plate	30	1	30
		Electronic oil pump	50	1	50
		Spindle protection	80	1	80
		Worktable protection	160	1	160
		Pneumatic draw bar	500	1	500
		Variable speed milling head	800	1	800
CIF Puerto Quetzal Guatemala(USD)			4800		

Packing dimension: 1700x1550x2200mm

Net/Gross weight: 1100/1300kg

Nota. Shandong Luzhong Machine Tool Co., LTD. (2025). *Official Quotation: Turret Milling Machine 5H.*

Figura 38. Cotización de brazo robótico de soldadura

Jose Lemus <jlemus357@gmail.com>
Para: <bella@sh-jsr.com>

mar, 18 mar, 10:03 p. m.

I'm a student at the University of the Valley of Guatemala. This project is being developed as an investigation regarding factibility of production in such components, the image is used only as a reference from an existing model in Market. Therefore i'm interested on getting an estimation of cost in the system that would probably work.
[Se ocultó el texto citado]

<bella@sh-jsr.com>
Para: <jlemus357@gmail.com>

mar, 18 mar, 11:15 p. m.

hi Jose!

we have delivered several projects for welding battery trays, and robot automated welding is feasible.

Different workpieces have different configurations and different quotes. We need to have specific workpiece details to select the appropriate robot model, positioner type, and welding machine or other configurations for your workpiece.

AR2010 robot price is 20000usd, The price will vary depending on your configuration, such as cable length, whether other configurations are added, etc. Due to incomplete information, we cannot to give you a complete price for an automation solution.

Best regards!

Nota. Comunicación personal con Bella Bella, representante de Shanghai Jiesheng Robot Co., Ltd, recibida por correo electrónico el 18 de marzo de 2025.

Figura 39. Cotización de inyectora de plásticos



HUIZHOU ADP OPTICAL COMMUNICATIONS CO.,LTD

Proforma invoice

PI NO:ADP250411M				Date: 20250411		
Buyer Company Information				Seller Company Information		
Contact person: Jose Lemus				Contact person: Ms.Maria		
Company :				Company name: HUIZHOU ADP OPTICAL COMMUNICATIONS CO.,LTD		
Address:Guatemala				Address: Xinwu Village groups Dongfeng Village, Xinxu Town Huiyang District, Huizhou City, Guangdong,China.		
Mobile :				Mobile phone: +86-13421463170		
Tel:				Tel: +86-0755-83980229		Fax: +86-0755-83981221
E-mail: jlemus357@gmail.com				E-mail: sales14@adpcable.cn		
Whatsapp:				WeChat : +86-13421463170 (personal)		
Skype:				Skype: +86-13421463170		
The undersigned seller and buyer have agreed to the following transactions bellows						
No.	Description	Unit	Qty(pcs)	Unit Price (USD)	Amount(USD)	CBM
1	15T New Injection Molding machine	1set	1	\$4,050.00	\$4,050.00	4.88
Fob local fee					\$275.00	
Deposit					\$1,297.50	
Balance					\$3,027.50	
TOTAL					\$4,325.00	4.88

1.FOB shenzhen term

2 .Shipping Term : 2-3weeks after deposite money and production detail.

● Port of loading: shenzhen, China

3.Payment term: 30% TT deposit to start production, 70% balance paid before shipment.

4.Package: Standard packing

5. The Goods will be produced and shipped from below factory:

HUIZHOU ADP OPTICAL COMMUNICATIONS CO.,LTD

Xinwu Village groups Dongfeng Village, Xinxu Town Huiyang District, Huizhou City, Guangdong,China.

6: Beneficiary Bank Information

USD BANK 1:

1)BANK NAME: CITIBANK N.A. SINGAPORE BRANCH

2)BANK ADDRESS:08 Marina View#16-01 Asia Square Tower 1 Singapore 018960

3)SWIFT CODE:CITISGSGXXX

4)BENEFICIARY NAME: HUIZHOU ADP OPTICAL COMMUNICATIONS CO.,LTD

5)BENEFICIARY Address: 10 COLLYER QUAY # 10-01 OCEAN FINANCIAL CENTRE SINGAPORE

6)BENEFICIARY ACCOUNT NUMBER:1030551173879

7)CURRENCY: USD

Nota. Huizhou ADP Optical Communications CO., LTD. (2025). *Proforma invoice: 15T New injection Molding Machine.*

Figura 40. Cotización de polipasto portátil



Henan Zhonggong Group
Henan Tosta Machinery Co., Ltd.

To be a World-Class Provider of Crane Solutions

Portable Gantry Crane Quotation

Quotation No: ZGTOSTA20250320-v.02

Date: 20th Mar, 2025

Validity: 20th Apr, 2025

Client	Supplier
Contact: Jose Lemus	Company Name: Henan Zhonggong Group Henan Tosta Machinery Co., Ltd (Subsidiary) No. 6, Crane Industrial Park, Changyuan Town, Xinxiang City, Henan Province, China Contact Person: Poppy Peng Tel: +86 150 9019 5843 Email: poppy@henantosta.com

2	Portable Gantry Crane Capacity: 5 ton Span: 3.2 m Total Height: 4 m Working duty: A3 Power Supply: 380V 60HZ 3Phase Lifting: Electric Chain Hoist Running: Electric Crane Movement: Electric, 360degree rotate Wireless control Including packaging	\$4,280.00	1 set	\$4,280.00
Transportation Cost				\$400.00

Nota. Henan Tosta Machinery Co., LTD. (2025). *Portable Gantry Crane Quotation.*

Figura 41. Cotización de carro de transferencia



Xinxiang Hundred Percent Electrical and Mechanical Co., Ltd
 Add: Yulin Town, Yanjin County, Xinxiang City, Henan, China, P.O 453000
 Tel:86-373-5289556 Fax:86-373-7720077 www.bfbtransfercar.com

Company:

Attn: Jose Lemus

Email: jlemus357@gmail.com

Phone:

Website:

Offer No.: BFB20250322-1

From: Laura

E-mail: sale05@bfbhandling.com

Validity: 30 days

Date: March 22, 2025

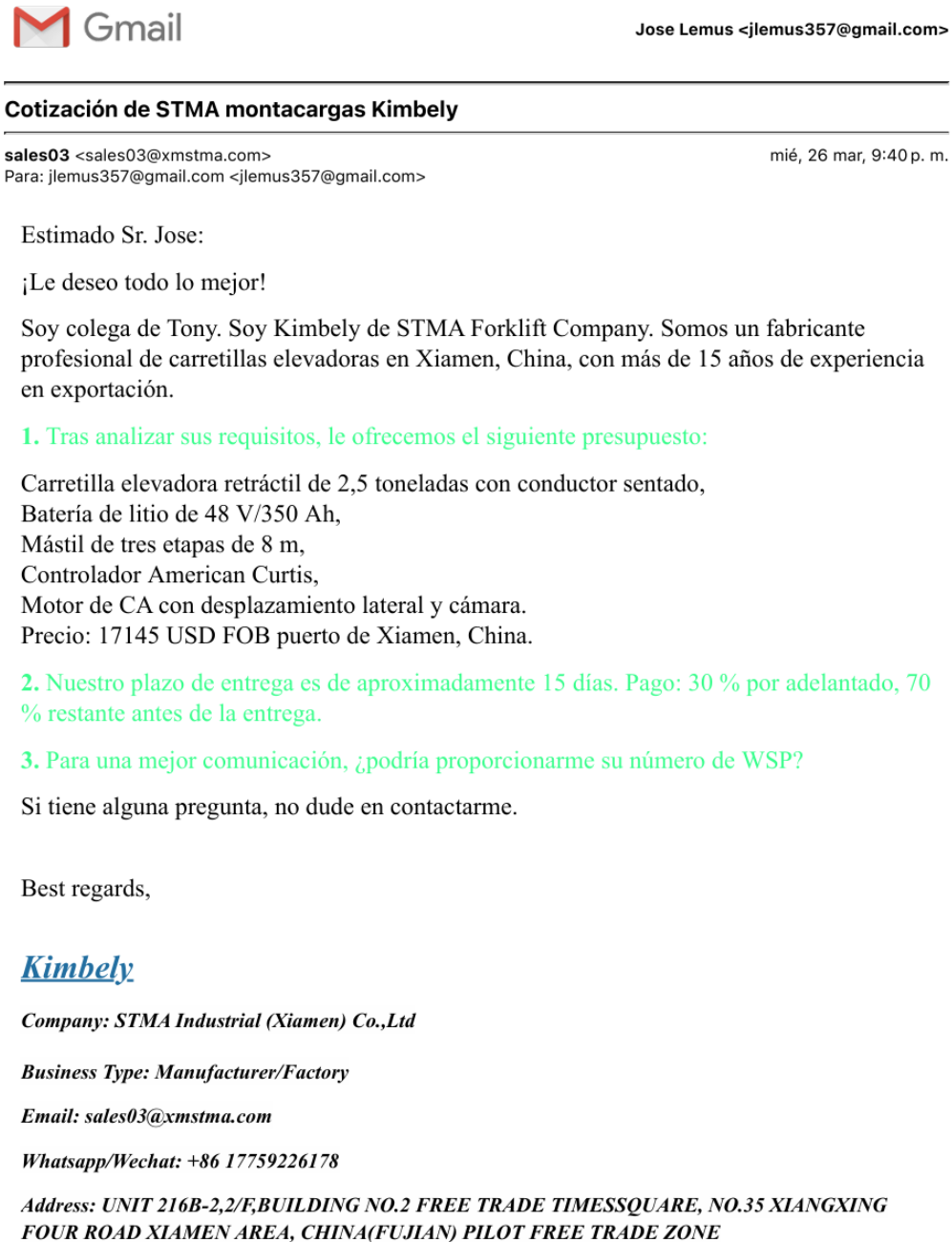
Coil Trackless Transfer Cart Quotation

Item	Spec	Unit Price(US\$)	Quantity	Total (US\$)
4T Coil Trackless Transfer Cart	2000*1500*800 mm	12350	1 PCS	12350 (FOB)

Remark: Above price will fluctuate along the raw material and exchange rate change.

Nota. Xinxiang Hundred Percent Electrical and Mechanical Co., LTD. (2025). *Coil Trackless Transfer Cart Quotation: 4T Coil Trackless Transfer Cart.*

Figura 42. Cotización de montacargas retráctil



Nota. Comunicación personal con Kimbely, representante de STMA Industrial (Xiamen) Co., Ltd, recibida por correo electrónico el 26 de marzo de 2025.

Figura 43. Cotización de racks de almacenamiento



Guangdong Xinmiao Storage Equipment Co.,Ltd.

Tel : +86 - 769-83034697

Mobile number: +86-17812335177

Fax: +86 - 769-83034797

Website: www.chinastoragerack.com

E-mail: elowen@chinastoragerack.com

Contact person: Elowen

Quotation (Starter Bay)

Customer:	Jose						
Receptior:							
Telephone:							
Email Address:							
Item No.	Specification(mm)	Material		EXW Unit Price (USD)	Unit/ Set	Total USD	Note
Description							
	H8025*D1000*L2300*4	Main Bay	Upright: 90*65*2.0MM Beam:100*45*1.5MM Without steel plate	254.00	1	254	/
	H8025*D1000*L2300*4	Add on Bay	Upright: 90*65*2.0MM Beam:100*45*1.5MM Without steel plate	167.50	5	838	/
	H8025*D1000*L2700*4	Add on Bay	Upright: 90*65*2.0MM Beam:140*45*1.5MM Without steel plate	203.50	3	611	
	H8025*D1000*L1700*4	Add on Bay	Upright: 90*65*2.0MM Beam:100*45*1.5MM Without steel plate	150.50	4	602	
	Accessories(Screws, nuts, anchoring, safety pins)			/	PCS		/
Total Price						2304	
Remarks: 1. The above price quote as EXW 2.The expire period of this quotation is 7 days. 3. The above price will be changed according to the current exchange rate of USD:RMB(1:7.2).							
◆ Commercial terms:							
1. Delivery Terms							
2. Delivery date : 30 workdays since the order effective.							
3.Payment terms :After signing PI, pay 30% be the deposit, pay 70% balance before delivery.							
4. Production after getting the deposit, the contract be established officially.							
5. Package way : Foam film							
6. Transport way : Ocean							
7. Material : Q235 Cold Rolled Steel							
8. MOQ : 10 set							
9.Terms of warranty:warranty period:for rack is 3 years.							
◆ Superficial treatment							
Storage rack surface adopt epoxy resin static paint finishing treatment, the thickness of the coat is 60-80 microns.							
Spray process: remove exterior oil→washing→acid cleaning to remove the rust→washing→parkerising→washing by high pressure→parch→static paint finishing→solidify under high temperature.							
◆ Features							
1. The beam allowable flexivity length is 1/200,upright max. allowable flexivity height is 1/1000.							
2. Upright hole distance is 75mm/50mm,the beams can be adjusted height arbitrarily, particular rhombus hole design,can be used convertly. There have safety bolt on the beam to prevent moving the beams when the fork truck is raising and dropping.							
3. Superficial process:epoxide resin static paint finishing treatment , test the hardness by 2H pencil without scratch, racking superficial is acid and alkali resistant , the thickness of the coat is about 100-80 microns.							
4. Colors: upright frames & Separator—BlueRAL5002 ; beams—Orange/RAL2004 (various colors is available)							
Guangdong Xinmiao Storage Equipment CO.,LTD							
3/14/2025							

Nota. Guangdong Xinmiao Storage Equipment Co., LTD. (2025). *Quotation (Starter Bay)*.

Figura 44. Cotización de perfiles de extrusión



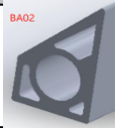
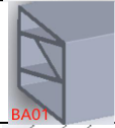
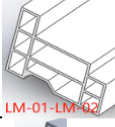
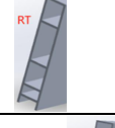
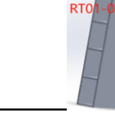
SHANGHAI COMMON METAL PRODUCTS Co.,Ltd

Contact:Miss.Lui Mali Whatsapp/Wechat:+8619916730978 Email:rachel.zhong@shcommon.com

Website: shkaomeng.en.alibaba.com/www.shcommon.com

Address: CN,Shanghai,Shanghai,Building 6 -1, No. 558 Fengjin Road

QUOTATION

TO:Mr Jose Lemus				Date:	11th,April.2025	
Name	SPECFACTION TYPE	UNIT(MM)	QTY(PCS)	UNIT PRICE(USD)	TOTAL AMOUNT(USD)	REMARK
Aluminum Profile(6053 T5	BA02 	1000		US\$27.60		
	BA01 	1000		US\$91.00		
	LM-01-LM-02 	1000		US\$27.10		
	RT 	1000		US\$17.70		
	RT01-04 	1000		US\$28.10		
Mold Fee		5		US\$2,000.00	US\$10,000.00	
TOTAL						
Remarks:						
1. Packing: bubble film or wooden box packaging.						
2. Payment terms: 100% Payment						
3.Delivery conditions:EXW COMMON						
						
				Seller:SHANGHAI COMMON METAL PRODUCTS CO.,LTD		

Nota. Shanghai Common Metal Products Co., LTD. (2025). *Quotation: Aluminum Profile (6061-T6).*

Figura 45. Cotización de lana cerámica



CHINA IKING INDUSTRIAL GROUP CO., LTD.



From: Sherry
Email: sherry@iking-glasswool.com
Address: 8th Floor, Hongxing Building, Linke West Road,
Hedong District, Tianjin City, China
Tel: 0086-22-60767280 Fax: 0086-22-58823477

To: Jose Lemus
Attn: Jose Lemus

Date: March 27th, 2025

OFFER FOR ISOKING Yellow Glass Wool Blanket (w/foil facing)							
Width	Length	Thickness	Density	Quantity	Weight	FOB Tianjin, China	
mm	mm	mm	kg/m3	Rolls	KG/Roll	USD/ Roll	USD/ Amount
1200	5000	50	32	700	9.60	\$7.94	\$5,558.00
Ship via 1x40HQ				Total Amount:		\$5,558.00	

Business Trade Term:

- 1.Delivery port: XINGANG,TIANJIN,CHINA.
- 2.Quality: CE&ISO&ASNZ&ASTM Certificate
3. Producing capacity: 10000Tons/Month
- 4.Payment: 40% TT in advance after contract, the balance is paid before shipment
- 5.Packing: PE and PP (woven bag) Vacuum packing bags
- 6.Deliver time:normally around 10 days after getting your payment
- 7.Grade of combustibility : Non-combustible Grade A
- 8.Thermal conductivity: 0.032-0.043 w/m.k
9. HS CODE:701990
- 10.The offer is valid for you within 14 days











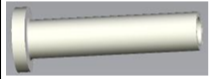

Nota. China Iking Industrial Group Co., LTD. (2025). Offer for ISOKING Yellow Glass Wool Blanket (w/foil facing).

Figura 46. Cotización de soportes de montaje

Quotation

From: Chandler
Company: Best Precision Industrial Limited
Email: chandler@bestprecision.cn
Tell: +86 19978060810

To: Jose Lemus
Company:
Quote Number: 25031318
Quote Date: 2025-03-13

No.	Product Picture	Item Name	Material	Finish	Quantity (pcs)	Unit price (USD)	Subtotal (USD)
1		Bushings	6061-T6	Black anodized	14400	\$1.58	\$22,752
2	FOB Fee						\$800

- 1)The Quotation is based on US dollar EXW price.
- 2) Price is valid for 30 days.
- 3)Payment terms: TT, Prepay
- 4)Lead time 30 working days.
- 5)Packaging: Plstic bag/Blister box+carton box

Nota. Best Precision Industrial, LTD. (2025). *Quotation: Bushings 6061-T6 black anodized.*

Figura 47. Cotización de pellets de PBT-GF30

发件人: coco@juyuans.com
发送时间: 2025-03-28 17:02
收件人: jlemus357
主题: PBT-GF30 in orange color (Pantone 165C) with fireproof per your requested from Alibaba

Dear Mr. Jose Lemus,

Good day!
Thank you very much for your kind inquiry about our **PBT material with 30%GF in orange color.**

This is Coco from Juyuan which is a professional manufacturer of raw plastic material and modified material with more than 10 years' experience.

As per your inquiry I know that you are going to purchase 641 KGS of our PBT+30%GF material in orange color with firproof grade.
The best price I can offer to you is **\$2.98/kg.**
The shipping cost by sea to Guatemala City port is **\$0.3/KG, The lead time is 30-35 days ship by sea**
So the total cost including shipping is: $\$2.98 + \$0.3 = \$3.28/\text{KG}$. If the order qty is 650KGS. So, the total cost is $\$3.28/\text{kg} * 250\text{KGS} = \text{US\$2132}$

As long as you confirm the order then I will arrange the delivery in 7-10 days and offer you the Tracking Number.
We can accept the payment through Alibaba Trade Assurance (2% extra Ali Cost), T/T (\$25 extra for each payment).

Once you confirm the order and payment methods then I will draft a PI with order details for your reference. (It would be best you should share me your address and phone number so that I can write them in the PI)

Looking forward to your kind reply.

Nota. Comunicación personal con Coco Zhang, representante de Ningbo Juyuan Hongtong Plastic Co., Ltd, recibida por correo electrónico el 28 de marzo de 2025.

Figura 48. Cotización de bobinas de aluminio

Company		Shanghai Walmay Metal Group Co., Ltd.				Contact Person		Vivian Yao (008619952720171)			Total Carton (PCS)				4					
Factory Address		No. 88 Nangshi road, Kishan district, Wuxi city, Jiangsu province, China				Mobile/WeChat:		\$68,507.14												
Alibaba Page		https://walmaymetal.en.alibaba.com/				Payment Terms		30% DEPOSIT + 70% BALANCE			Total Gross Weight (kg)				18200					
Incoterm		FOB				Delivery Time		10 days												
Quote Date		09-Jan-25				Currency		USD			Total CBM				11.14					
ITEM NO	PRODUCT NAME	MATERIAL GRADE FINISH	THK (MM)	WIDTH (MM)	LENGTH (MM)	UNIT WEIGHT (KG/ROLL)	QUANTITY (PCS)	WEIGHT (TONS)	UNIT PRICE (USD/PCS)	TOTAL	Carton Gross Weight (kgs)	Carton Dimensions (cm)				Total Carton (PCS)	Total Gross Weight (kg)	Total CBM		
1	Aluminum Coil	3003-H14	3.0	1200	C	3000.0	~	3	\$3,394.29	\$10,182.86	50	130	130	130	1	3050.00	2.20			
2	Aluminum Coil	6061-O	3.0	1200	C	3000.0		12	\$3,922.86	\$47,074.29	50	150	150	150	2	12100.00	6.75			
3	Aluminum Coil	3003-H14	2.0	300	C	3000.0	~	3	\$3,750.00	\$11,250.00	50	130	130	130	1	3050.00	2.20			
FOB SHANGHAI INTOTAL:										\$68,507.14					4				18200.00	11.14



ITEM NO	PRODUCT NAME	MATERIAL GRADE FINISH	THK (MM)	WIDTH (MM)	LENGTH (MM)	UNIT WEIGHT (KG/ROLL)	QUANTITY (PCS)	WEIGHT (TONS)	UNIT PRICE (USD/PCS)	TOTAL	Carton Gross Weight (kgs)	Carton Dimensions (cm)				Total Carton (PCS)	Total Gross Weight (kg)	Total CBM		
1	Aluminum Coil	3003-H14	3.0	1200	C	3000.0	~	3	\$3,394.29	\$10,182.86	50	130	130	130	1	3050.00	2.20			
2	Aluminum Coil	6061-T6	3.0	1200	C	3000.0		3	\$3,922.86	\$11,768.57	50	130	130	130	1	3050.00	2.20			
3	Aluminum Coil	3003-H14	2.0	300	C	3000.0	~	3	\$3,750.00	\$11,250.00	50	130	130	130	1	3050.00	2.20			
FOB SHANGHAI INTOTAL:										\$33,201.43					3				9150.00	6.59

Nota. Shanghai Walmay Metal Group., LTD. (2025). *Quotation: Aluminum Coil 6061-O, 3003-H14.*

Figura 49. Cotización de Placas de aluminio 6061



Jose Lemus <jlemus357@gmail.com>

Quote from Jiangsu Sushang

Shelley <shelley@jsgoodsteel.com>
Respuesta para: Shelley <shelley@jsgoodsteel.com>
Para: jlemus357 <jlemus357@gmail.com>

jue, 10 abr, 7:43 p. m.

Dear Jose Lemus,

Thanks a lot for your inquiry.

According to the product you inquired (**6061-T6 aluminum plates**), our quotation is as follows:

FOB USD PRICE: \$3820 PER TON

Loading Port: Shanghai

Delivery Time: 7 Days

Payment Term: 50% TT in advance and 50% TT before shipping

Looking forward to your reply.

Sincerely,

Shelley Xie | Sales

Mobile: +86 15358073537 | **Email:** shelley@jsgoodsteel.com

Company: JIANGSU SUSHANG STEEL GROUP CO.,LTD

Address: No. 7 NONGSHI Road Wuxi China

Website: <https://www.jsgoodsteel.com/>

Nota. Comunicación personal con Shelley Xie, representante de Jiangsu Sushang Steel Group Co., Ltd, recibida por correo electrónico el 10 de abril de 2025.

Figura 50. Cotización de contenedor 1

1

Search

2

Recommended Services

3

Results

4

Booking

Verification

Booking Summary

CNTAO

FCL

Port to port

Est. transit time from pickup: 46-54 days (port to port 40-45 days)

Goods Ready: More than 2 weeks

Load

1 × Container 40'

Seller: Seabay International Freight Forwardin...



Insurance: xcover.com



Price details

Seller's Quote\$4,049.00

Customs brokerage\$250.00

Duties and taxesⓘ Not Included

Insurance\$241.47

Based on value of \$87,211.00

Add a promo code

Platform fee ⓘ\$68.11

Total:\$4,608.58

This rate is valid until Apr 14, 2025. If your goods are gated in after this date, or if your container exceeds the standard weight permitted, the rate may be subject to an adjustment in line with the marketplace rate.

☒

I confirm that this is a commercial shipment and that all details entered in the search are correct to the best of my knowledge. I accept the terms of the Quote and all Freightos.com policies regarding Shipments, including the Master Services Agreement, Terms and Conditions for Shippers and Privacy Policy.

☐

I confirm that the commodity being shipped is not on Freightos Marketplace's List of Excluded Goods, or that it's being booked as a Custom Quote and the Seller is aware of the commodity details.

☐

I understand that I will be responsible for additional charges if my Shipment does not depart by the rate expiration date, if the load or other details of the Shipment differs from the search criteria I entered, and I am responsible for any other additional charges that are applied within the framework of the SOP.

About Seabay International Freight Forwarding Ltd

"The team at Seabay are by far the most professional I have ever dealt with. They went above and beyond to make sure every detail was covered off and to make sure the delivery went as smooth and as on time as possible. If you want you're goods delivered on time, hassle free - choose Seabay!"

Ben S Murtagh, Australia

★★★★★

Based on over 1600 reviews

Confirm & Book Shipment

Nota. *Freighthos*, (2025). *Cotización contenedor de 40 pies*.

Figura 51. Cotización de contenedor 2 y 3

Booking Summary







FCL
Port to port

🕒 Est. transit time from pickup: **46-54 days** (port to port 40-45 days)

📅 Goods Ready: **More than 2 weeks**

Load 

1 × 

Container
40'

Seller: Seabay International Freight Forwardin...

Insurance: xcover.com




Price details

Seller's Quote	\$4,049.00
Customs brokerage	\$250.00
Duties and taxes	🕒 Not Included
Insurance	\$110.46 Based on value of \$30,250.00
Add a promo code	
Platform fee 🕒	\$66.14
Total:	\$4,475.60

About Seabay International Freight Forwarding Ltd

"The team at Seabay are by far the most professional I have ever dealt with. They went above and beyond to make sure every detail was covered off and to make sure the delivery went as smooth and as on time as possible. If you want you're goods delivered on time, hassle free - choose Seabay!"

Ben S Murtagh, Australia

★★★★★

Based on over 1500 reviews

This rate is valid until Apr 14, 2025. If your goods are gated in after this date, or if your container exceeds the standard weight permitted, the rate may be subject to an adjustment in line with the marketplace rate.

☒ I confirm that this is a commercial shipment and that all details entered in the search are correct to the best of my knowledge. I accept the terms of the Quote and all [Freightos.com](#) policies regarding Shipments, including the [Master Services Agreement](#), [Terms and Conditions for Shippers](#) and [Privacy Policy](#).

I confirm that the commodity being shipped is not on Freightos Marketplace's [List of Excluded Goods](#), or that it's being booked as a Custom Quote and the Seller is aware of the commodity details.

I understand that I will be responsible for additional charges if my Shipment does not depart by the rate expiration date, if the load or other details of the Shipment differs from the search criteria I entered, and I am responsible for any other additional charges that are applied within the framework of the SOP.

Confirm & Book Shipment

Nota. Freightos, (2025). Cotización contenedor de 40 pies.



Carrier TBN

ID: 16153031

Indicative

4.5 mt / 5.4 m³

25 days



 Qingdao, CN

 Puerto Quetzal, GT

USD 1919

SHIPPING TYPE

READY TO LOAD

 LCL, 4.5 mt / 5.4 m³

11 Apr, 2025

Details

Order summary

Departure

Qingdao, CN

Arrival

Puerto Quetzal, GT

Transport Mode

Sea, LCL

Ready To Load

11 Apr, 2025

Rate Validity

25 Apr, 2025

Carrier

Carrier TBN

Size

4.5 mt / 5.4 m³

Price details

Ocean Freight

USD 1919

Promocode

Apply

TOTAL PRICE

~ USD 1919

By clicking "Book now", you agree to our [Terms & conditions](#).

Terms / Additional charges

Port-To-Port rate (FIOS/FIFO excluding local fees).

Subject to:

- Local fees in POL and POD

- Any other unforeseen or additional charges

Standard freetime in origin and destination on storage/demurrage/detention and electricity plugging (for reefers).

All rates are subject to general [Terms & Conditions](#)

Figura 53. Cotización de contenedor parcial 3

HKHKG, Hong Kong
 GTPRQ, Puerto Quetzal
USD **3,711.42**

	Valid Until ⓘ 14 Apr 2025	Estd.Transit Time 51 Days
--	-------------------------------------	-------------------------------------

FCL
Fastest
Direct

[Download Price](#)
[Show Details & Charges](#)

Please Note: The sailing schedule is subject to carrier confirmation and may change. The final schedule will be confirmed by our team once the booking is placed.

ADDITIONAL SERVICES

Please select the additional services you would like to add.

Import Customs Clearance - USD 150
RECOMMENDED

Added

All goods for import require documented, formal authorization to pass into a country.

[Remove](#)

Insurance - USD 95.92
RECOMMENDED

Added

Cargo insurance will cover the cost of damaged goods should unforeseen events occur during transportation. New cargo is subject to a deductible of EUR 500 and used cargo is subject to deductible of EUR 1200. [Terms of Insurance](#)

[Remove](#)

Enter cargo value*
 USD **27977**

CALCULATE

CHARGE SUMMARY (USD)	
Freight	3,075.50 ↓
Destination	390.00 ↓
Additional Services	245.92 ↓
TOTAL	USD 3,711.42

Please Note

These rates are exclusive of duties, VAT and other taxes (if any). The final price will be confirmed by our operations team after you place the booking.

126

Figura 54. Cotización de contenedor 4

Booking Summary

 CNSHA
 
 GTPRQ

 FCL
Port to port

 Est. transit time from pickup: **44-52 days** (port to port 38-43 days)

 Goods Ready: **More than 2 weeks**

 Load

 1 × Container
40'

Seller: Seabay International Freight Forwardin...

Insurance: xcover.com





Price details

Seller's Quote	\$3,604.00
Customs brokerage	\$250.00
Duties and taxes	⌚ Not Included
Insurance	\$279.21
Based on value of \$104,064.00	
Add a promo code	
Platform fee ⌚	\$62.00
Total:	\$4,195.21

About Seabay International Freight Forwarding Ltd

"The team at Seabay are by far the most professional I have ever dealt with. They went above and beyond to make sure every detail was covered off and to make sure the delivery went as smooth and as on time as possible. If you want you're goods delivered on time, hassle free - choose Seabay!"

Ben S Murtagh, Australia

★★★★★

Based on over 1600 reviews

This rate is valid until Apr 14, 2025. If your goods are gated in after this date, or if your container exceeds the standard weight permitted, the rate may be subject to an adjustment in line with the marketplace rate.

☒ I confirm that this is a commercial shipment and that all details entered in the search are correct to the best of my knowledge. I accept the terms of the Quote and all [Freightos.com](#) policies regarding Shipments, including the [Master Services Agreement](#), [Terms and Conditions for Shippers](#) and [Privacy Policy](#).

I confirm that the commodity being shipped is not on Freightos Marketplace's [List of Excluded Goods](#), or that it's being booked as a Custom Quote and the Seller is aware of the commodity details.

I understand that I will be responsible for additional charges if my Shipment does not depart by the rate expiration date, if the load or other details of the Shipment differs from the search criteria I entered, and I am responsible for any other additional charges that are applied within the framework of the SOP.

Confirm & Book Shipment

Nota. Freightos, (2025). Cotización contenedor de 40 pies.

Figura 55. Cotización de contenedor 5

Booking Summary





CNSHA

GTTPRQ



FCL

Port to port

🕒

Est. transit time from pickup: **44-52 days** (port to port 38-43 days)

📅

Goods Ready: **More than 2 weeks**

Load

1 ×



Container

40'

Seller: Seabay International Freight Forwardin...

Insurance: xcover.com




This rate is valid until Apr 14, 2025. If your goods are gated in after this date, or if your container exceeds the standard weight permitted, the rate may be subject to an adjustment in line with the marketplace rate.

☒

I confirm that this is a commercial shipment and that all details entered in the search are correct to the best of my knowledge. I accept the terms of the Quote and all [Freightos.com](#) policies regarding Shipments, including the [Master Services Agreement](#), [Terms and Conditions for Shippers](#) and [Privacy Policy](#).

I confirm that the commodity being shipped is not on Freightos Marketplace's [List of Excluded Goods](#), or that it's being booked as a Custom Quote and the Seller is aware of the commodity details.

I understand that I will be responsible for additional charges if my Shipment does not depart by the rate expiration date, if the load or other details of the Shipment differs from the search criteria I entered, and I am responsible for any other additional charges that are applied within the framework of the SOP.

Confirm & Book Shipment

Price details

Seller's Quote	\$3,604.00
Customs brokerage	\$250.00
Duties and taxes	🕒 Not Included
Insurance	\$416.58
Based on value of \$163,788.00	
Add a promo code	
Platform fee 🕒	\$64.06
Total:	\$4,334.64

About Seabay International Freight Forwarding Ltd

"The team at Seabay are by far the most professional I have ever dealt with. They went above and beyond to make sure every detail was covered off and to make sure the delivery went as smooth and as on time as possible. If you want you're goods delivered on time, hassle free - choose Seabay!"

Ben S Murtagh, Australia

★★★★★

Based on over 1600 reviews

Nota. Freightos, (2025). Cotización contenedor de 40 pies.

Figura 56. Cotización de contenedor 6

1

Search

2

Recommended Services

3

Results

4

Booking

5

Verification

Booking Summary

CNSHA

GTPRQ

FCL
Port to port

🕒 Est. transit time from pickup: 44-52 days (port to port 38-43 days)

📅 Goods Ready: More than 2 weeks

Load

1 × Container 40'

Seller: Seabay International Freight Forwardin...

Insurance: xcover.com

This rate is valid until Apr 14, 2025. If your goods are gated in after this date, or if your container exceeds the standard weight permitted, the rate may be subject to an adjustment in line with the marketplace rate.

☒ I confirm that this is a commercial shipment and that all details entered in the search are correct to the best of my knowledge. I accept the terms of the Quote and all [Freightos.com](#) policies regarding Shipments, including the [Master Services Agreement](#), [Terms and Conditions for Shippers](#) and [Privacy Policy](#).

I confirm that the commodity being shipped is not on Freightos Marketplace's [List of Excluded Goods](#), or that it's being booked as a Custom Quote and the Seller is aware of the commodity details.

I understand that I will be responsible for additional charges if my Shipment does not depart by the rate expiration date, if the load or other details of the Shipment differs from the search criteria I entered, and I am responsible for any other additional charges that are applied within the framework of the SOP.

Confirm & Book Shipment

Price details

Seller's Quote	\$3,604.00
Customs brokerage	\$250.00
Duties and taxes	🔒 Not Included
Insurance	\$202.73 Based on value of \$70,812.00
Add a promo code	
Platform fee 🔒	\$60.85
Total:	\$4,117.58

About Seabay International Freight Forwarding Ltd

"The team at Seabay are by far the most professional I have ever dealt with. They went above and beyond to make sure every detail was covered off and to make sure the delivery went as smooth and as on time as possible. If you want you're goods delivered on time, hassle free - choose Seabay!"

Ben S Murtagh, Australia

★★★★★

Based on over 1600 reviews

Nota. Freightos, (2025). Cotización contenedor de 40 pies.

Figura 57. Cotización de contenedor 7 y 8

1

Search

2

Recommended Services

3

Results

4

Booking

Verification

Booking Summary


CNSHA


GTPRQ


FCL
Port to port

 Est. transit time from pickup: **44-52 days** (port to port 38-43 days)

 Goods Ready: **More than 2 weeks**

Load 

1 × 
Container
40'

Seller: Seabay International Freight Forwardin...


Insurance: xcover.com


This rate is valid until Apr 14, 2025. If your goods are gated in after this date, or if your container exceeds the standard weight permitted, the rate may be subject to an adjustment in line with the marketplace rate.

☒

I confirm that this is a commercial shipment and that all details entered in the search are correct to the best of my knowledge. I accept the terms of the Quote and all [Freightos.com](#) policies regarding Shipments, including the [Master Services Agreement](#), [Terms and Conditions for Shippers](#) and [Privacy Policy](#).

I confirm that the commodity being shipped is not on Freightos Marketplace's [List of Excluded Goods](#), or that it's being booked as a Custom Quote and the Seller is aware of the commodity details.

I understand that I will be responsible for additional charges if my Shipment does not depart by the rate expiration date, if the load or other details of the Shipment differs from the search criteria I entered, and I am responsible for any other additional charges that are applied within the framework of the SOP.

Price details

Seller's Quote	\$3,604.00
Customs brokerage	\$250.00
Duties and taxes	⌚ Not Included
Insurance	\$292.50 Based on value of \$109,840.00
Add a promo code	
Platform fee ⌚	\$62.20
Total:	\$4,208.70

About Seabay International Freight Forwarding Ltd

"The team at Seabay are by far the most professional I have ever dealt with. They went above and beyond to make sure every detail was covered off and to make sure the delivery went as smooth and as on time as possible. If you want you're goods delivered on time, hassle free - choose Seabay!"

Ben S Murtagh, Australia



Based on over 1600 reviews

Nota. *Freighthos*, (2025). *Cotización contenedor de 40 pies*.

Figura 58. Cotización de contenedor 9

Booking Summary





CNSHA
GTPRQ


FCL
Port to port

 Est. transit time from pickup: **44-52 days** (port to port 38-43 days)
 Goods Ready: **More than 2 weeks**

Load

1 ×  Container
40'

Seller: Seabay International Freight Forwardin...


Insurance: xcover.com


This rate is valid until Apr 14, 2025. If your goods are gated in after this date, or if your container exceeds the standard weight permitted, the rate may be subject to an adjustment in line with the marketplace rate.

☒ I confirm that this is a commercial shipment and that all details entered in the search are correct to the best of my knowledge. I accept the terms of the Quote and all [Freightos.com](#) policies regarding Shipments, including the [Master Services Agreement](#), [Terms and Conditions for Shippers](#) and [Privacy Policy](#).

I confirm that the commodity being shipped is not on Freightos Marketplace's [List of Excluded Goods](#), or that it's being booked as a Custom Quote and the Seller is aware of the commodity details.

I understand that I will be responsible for additional charges if my Shipment does not depart by the rate expiration date, if the load or other details of the Shipment differs from the search criteria I entered, and I am responsible for any other additional charges that are applied within the framework of the SOP.

Confirm & Book Shipment

Price details

Seller's Quote	\$3,604.00
Customs brokerage	\$250.00
Duties and taxes	ⓘ Not Included
Insurance	\$272.02 Based on value of \$100,937.00
Add a promo code	
Platform fee ⓘ	\$61.89
Total:	\$4,187.91

About Seabay International Freight Forwarding Ltd

"The team at Seabay are by far the most professional I have ever dealt with. They went above and beyond to make sure every detail was covered off and to make sure the delivery went as smooth and as on time as possible. If you want you're goods delivered on time, hassle free - choose Seabay!"

Ben S Murtagh, Australia

★★★★★

Based on over 1600 reviews

Nota. Freightos, (2025). Cotización contenedor de 40 pies.

Figura 59. Cotización de contenedor parcial 2

Booking Summary

CNSHA

GTNRQ

FCL
Port to port

🕒 Est. transit time from pickup: **44-52 days** (port to port 38-43 days)

📅 Goods Ready: **More than 2 weeks**

Total weight/volume

📦

13755.00 KG
15.84 CBM

Seller: Seabay International Freight Forwardin...

Insurance: xcover.com





This rate is valid until Apr 14, 2025. If your goods are gated in after this date, or if your container exceeds the standard weight permitted, the rate may be subject to an adjustment in line with the marketplace rate.

☒ I confirm that this is a commercial shipment and that all details entered in the search are correct to the best of my knowledge. I accept the terms of the Quote and all [Freightos.com](#) policies regarding Shipments, including the [Master Services Agreement](#), [Terms and Conditions for Shippers](#) and [Privacy Policy](#).

I confirm that the commodity being shipped is not on Freightos Marketplace's [List of Excluded Goods](#), or that it's being booked as a Custom Quote and the Seller is aware of the commodity details.

I understand that I will be responsible for additional charges if my Shipment does not depart by the rate expiration date, if the load or other details of the Shipment differs from the search criteria I entered, and I am responsible for any other additional charges that are applied within the framework of the SOP.

Price details

Seller's Quote	\$4,189.00
Customs brokerage	\$250.00
Duties and taxes	🔒 Not Included
Insurance	\$160.83 Based on value of \$52,008.00
Add a promo code	
Platform fee 🔒	\$69.00
Total:	\$4,668.83

About Seabay International Freight Forwarding Ltd

"The team at Seabay are by far the most professional I have ever dealt with. They went above and beyond to make sure every detail was covered off and to make sure the delivery went as smooth and as on time as possible. If you want you're goods delivered on time, hassle free - choose Seabay!"

Ben S Murtagh, Australia

★★★★★

Based on over 1600 reviews

Confirm & Book Shipment

Nota. Freightos, (2025). Cotización contenedor de 40 pies.

132

Figura 60. Cotización de contenedor 10

Booking Summary

CNXMN

GTPRQ

FCL

Port to port

🕒

Est. transit time from pickup: **44-52 days** (port to port 38-43 days)

📅

Goods Ready: **More than 2 weeks**

Load ⓘ

1 ×

Container

20'

Seller: Seabay International Freight Forwardin...

Insurance: xcover.com

This rate is valid until Apr 14, 2025. If your goods are gated in after this date, or if your container exceeds the standard weight permitted, the rate may be subject to an adjustment in line with the marketplace rate.

☒ I confirm that this is a commercial shipment and that all details entered in the search are correct to the best of my knowledge. I accept the terms of the Quote and all [Freightos.com](#) policies regarding Shipments, including the [Master Services Agreement](#), [Terms and Conditions for Shippers](#) and [Privacy Policy](#).

I confirm that the commodity being shipped is not on Freightos Marketplace's [List of Excluded Goods](#), or that it's being booked as a Custom Quote and the Seller is aware of the commodity details.

I understand that I will be responsible for additional charges if my Shipment does not depart by the rate expiration date, if the load or other details of the Shipment differs from the search criteria I entered, and I am responsible for any other additional charges that are applied within the framework of the SOP.

Confirm & Book Shipment

Price details

Seller's Quote	\$4,189.00
Customs brokerage	\$250.00
Duties and taxes	🕒 Not Included
Insurance	\$80.64
Based on value of \$17,145.00	
Add a promo code	
Platform fee ⓘ	\$67.79
Total:	\$4,587.43

About Seabay International Freight Forwarding Ltd

"The team at Seabay are by far the most professional I have ever dealt with. They went above and beyond to make sure every detail was covered off and to make sure the delivery went as smooth and as on time as possible. If you want you're goods delivered on time, hassle free - choose Seabay!"

Ben S Murtagh, Australia

★★★★★

Based on over 1600 reviews

Nota. Freightos, (2025). Cotización contenedor de 40 pies.

Figura 61. Cotización de contenedor 11

Booking Summary

CNTXG

GTPRQ

FCL

Port to port

Est. transit time from pickup: 46-54 days (port to port 40-45 days)

Goods Ready: More than 2 weeks

Load

1 × Container

40'HC

Seller: Seabay International Freight Forwardin...

Insurance: xcover.com

This rate is valid until Apr 14, 2025. If your goods are gated in after this date, or if your container exceeds the standard weight permitted, the rate may be subject to an adjustment in line with the marketplace rate.

☒ I confirm that this is a commercial shipment and that all details entered in the search are correct to the best of my knowledge. I accept the terms of the Quote and all [Freightos.com](#) policies regarding Shipments, including the [Master Services Agreement](#), [Terms and Conditions for Shippers](#) and [Privacy Policy](#).

I confirm that the commodity being shipped is not on Freightos Marketplace's [List of Excluded Goods](#), or that it's being booked as a Custom Quote and the Seller is aware of the commodity details.

I understand that I will be responsible for additional charges if my Shipment does not depart by the rate expiration date, if the load or other details of the Shipment differs from the search criteria I entered, and I am responsible for any other additional charges that are applied within the framework of the SOP.

Price details

Seller's Quote	\$4,104.00
Customs brokerage	\$250.00
Duties and taxes	Ⓢ Not Included
Insurance	\$80.45
Based on value of \$17,145.00	
Add a promo code	
Platform fee Ⓢ	\$66.52
Total:	\$4,500.97

About Seabay International Freight Forwarding Ltd

"The team at Seabay are by far the most professional I have ever dealt with. They went above and beyond to make sure every detail was covered off and to make sure the delivery went as smooth and as on time as possible. If you want you're goods delivered on time, hassle free - choose Seabay!"

Ben S Murtagh, Australia

★★★★★

Based on over 1600 reviews

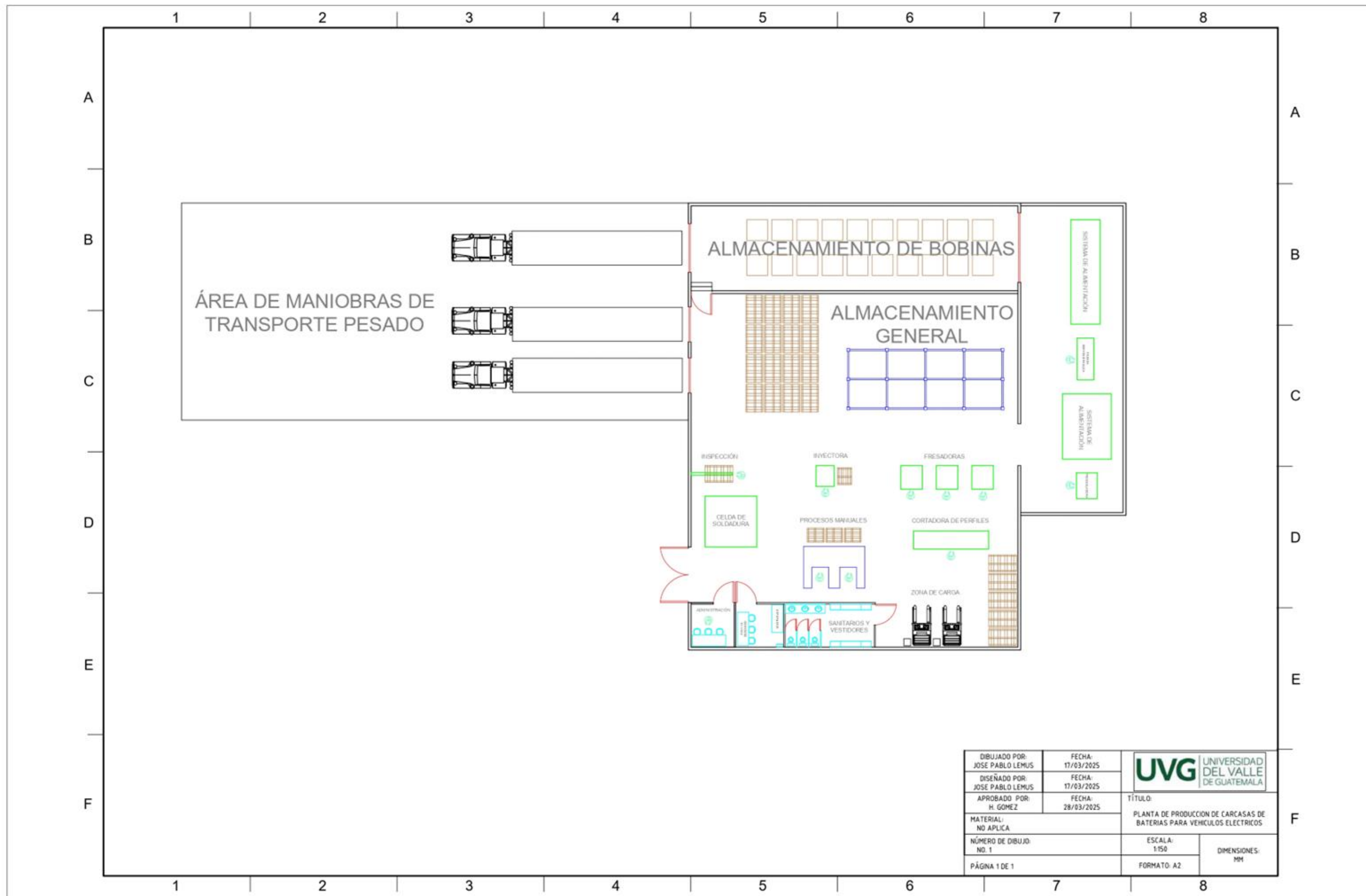
Confirm & Book Shipment

Nota. Freightos, (2025). Cotización contenedor de 40 pies.

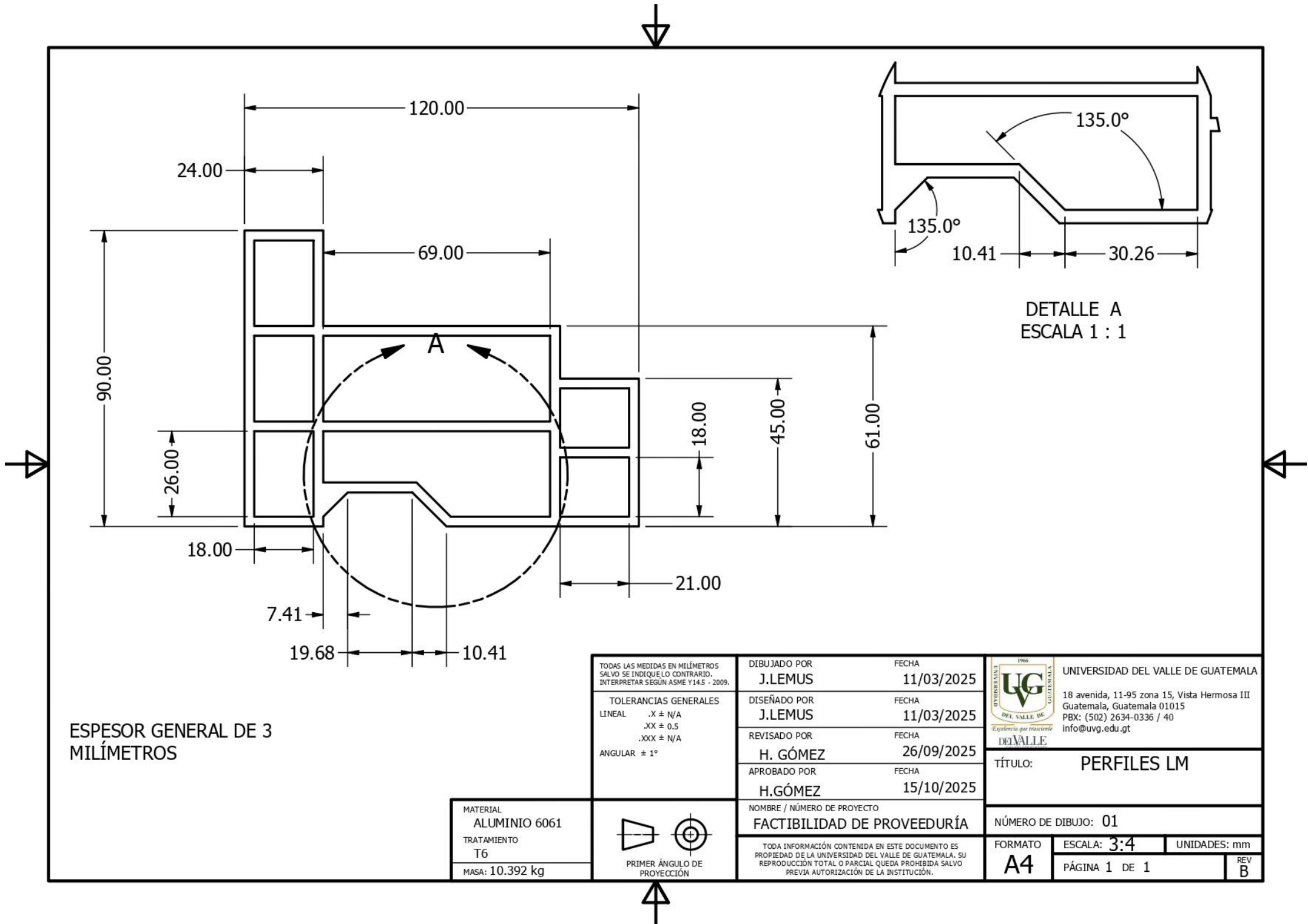
134

13.2 Planos representativos de bodega

Los planos elaborados para la bodega corresponden a un nivel conceptual, con el propósito de estimar los costos de construcción dentro del modelo financiero del proyecto. El alcance se limita a representar la distribución de áreas, dimensiones generales y requerimientos básicos, sin constituir un diseño definitivo que incluya detalles estructurales o de ingeniería civil.



13.3 Planos de materia prima de aluminio



TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS
SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO.
INTERPRETAR SEGUN ASME Y14.5 - 2009.

TOLERANCIAS GENERALES
LINEAL .X ± N/A
.XX ± 0.5
.XXX ± N/A
ANGULAR ± 1°

MATERIAL
ALUMINIO 6061
TRATAMIENTO
T6
MASA: 10.392 kg



DIBUJADO POR	FECHA
J.LEMUS	11/03/2025
DISEÑADO POR	FECHA
J.LEMUS	11/03/2025
REVISADO POR	FECHA
H. GÓMEZ	26/09/2025
APROBADO POR	FECHA
H.GÓMEZ	15/10/2025

NOMBRE / NÚMERO DE PROYECTO
FACTIBILIDAD DE PROVEEDURÍA

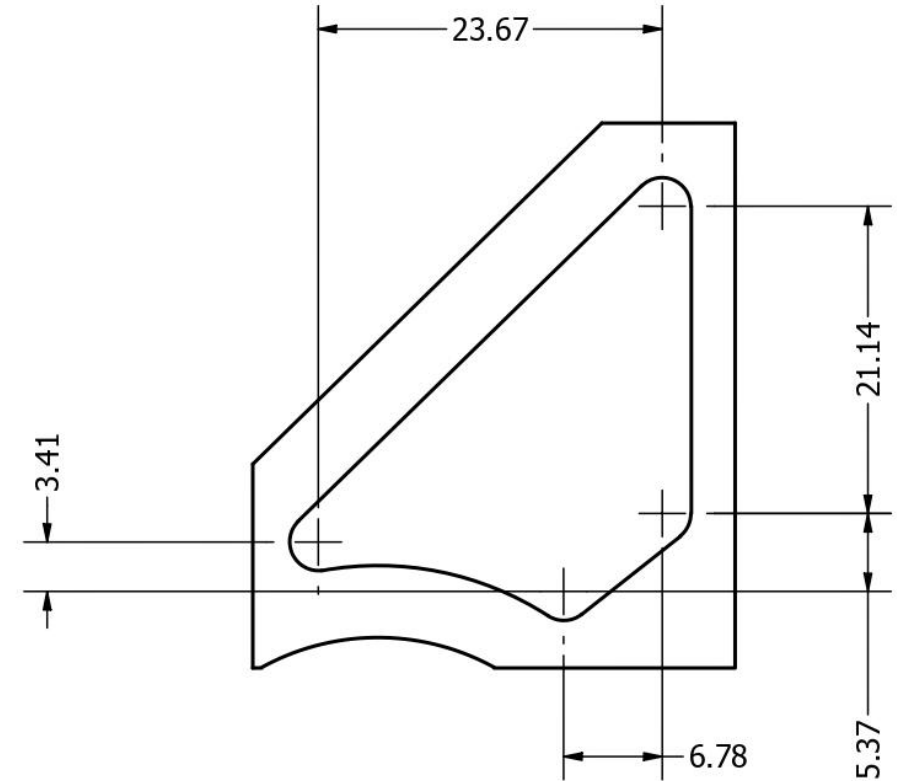
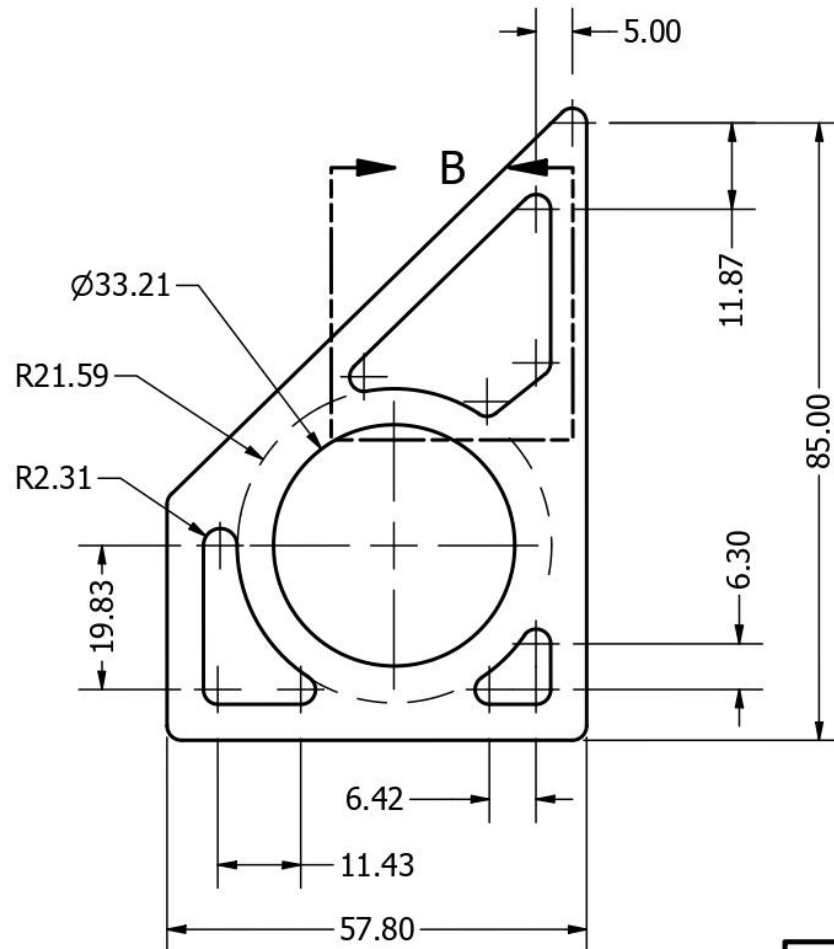
TODA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES
PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA. SU
REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL QUEDA PROHIBIDA SALVO
PREVIA AUTORIZACIÓN DE LA INSTITUCIÓN.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
18 avenida, 11-95 zona 15, Vista Hermosa III
Guatemala, Guatemala 01015
PBX: (502) 2634-0336 / 40
info@uvg.edu.gt

TÍTULO: PERFILES LM

NÚMERO DE DIBUJO: 01

FORMATO	ESCALA: 3:4	UNIDADES: mm
A4	PÁGINA 1 DE 1	REV B

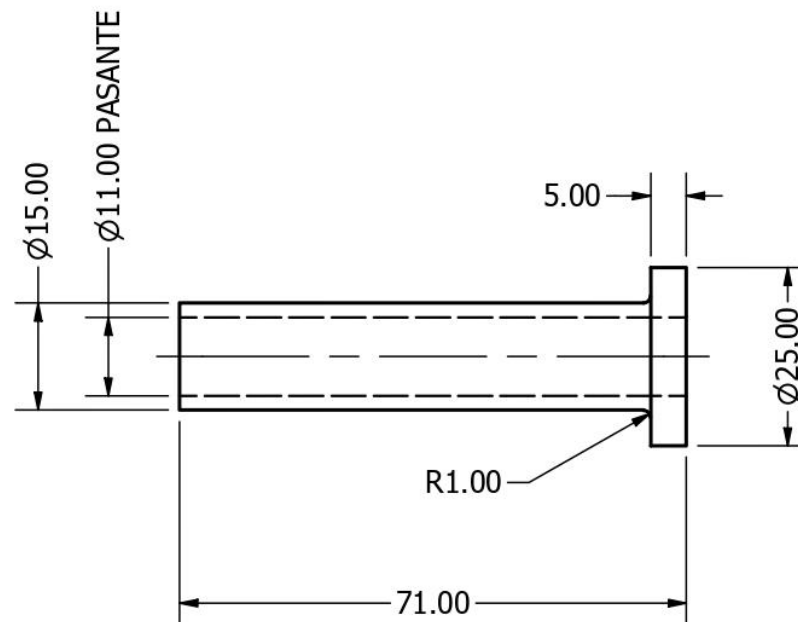


DETALLE B
ESCALA 2 : 1

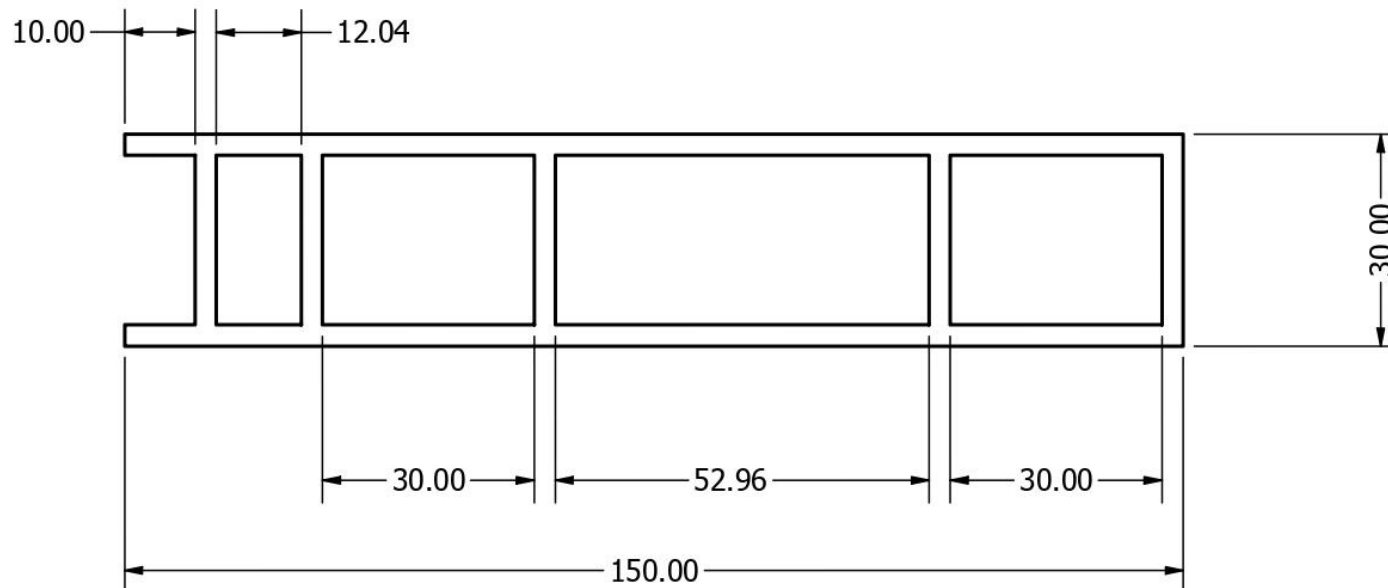
TODOS LOS REDONDEOS
DE 2 MILÍMETROS A MENOS
QUE SE INDIQUE LO
CONTRARIO

ESPESOR GENERAL DE 5
MILÍMETROS

TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO. INTERPRETAR SEGUN ASME Y14.5 - 2009. TOLERANCIAS GENERALES LINEAL .X ± N/A .XX ± 0.5 .XXX ± N/A ANGULAR ± 1°	DIBUJADO POR J.LEMUS	FECHA 11/03/2025	1960 UG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA Experiencia que trasciende DEL VALLE UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA 18 avenida, 11-95 zona 15, Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala 01015 PBX: (502) 2634-0336 / 40 info@uvg.edu.gt
	DISEÑADO POR J.LEMUS	FECHA 11/03/2025	
	REVISADO POR H.GÓMEZ	FECHA 26/09/2025	
	APROBADO POR H.GÓMEZ	FECHA 15/10/2025	
MATERIAL ALUMINIO 6061 TRATAMIENTO T6 MASA: 7.893 kg	NOMBRE / NÚMERO DE PROYECTO FACTIBILIDAD DE PROVEEDURÍA		TÍTULO: PERFILES BA02
	TODA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA. SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL QUEDA PROHIBIDA SALVO PREVIA AUTORIZACIÓN DE LA INSTITUCIÓN.		NÚMERO DE DIBUJO: 02
PRIMER ÁNGULO DE PROYECCIÓN		FORMATO A4	ESCALA: 1 : 1 PÁGINA 1 DE 1
			UNIDADES: mm REV B

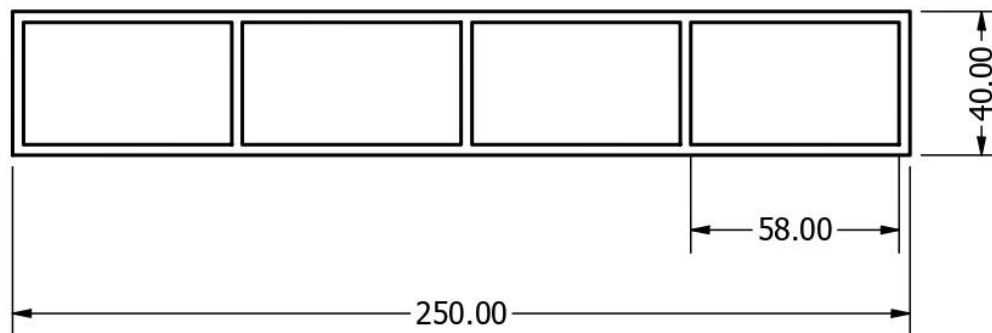


TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO. INTERPRETAR SEGUN ASME Y14.5 - 2009.	TOLERANCIAS GENERALES LINEAL .X ± N/A .XX ± 0,5 .XXX ± N/A ANGULAR ± 1°	DIBUJADO POR J.LEMUS	FECHA 11/03/2025	 UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA 18 avenida, 11-95 zona 15, Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala 01015 PBX: (502) 2634-0336 / 40 info@uvg.edu.gt
		DISEÑADO POR J.LEMUS	FECHA 11/03/2025	
		REVISADO POR H.GÓMEZ	FECHA 26/09/2025	
		APROBADO POR H.GÓMEZ	FECHA 15/10/2025	
MATERIAL ALUMINIO 6061 TRATAMIENTO T6 MASA: 0.020 kg	 PRIMER ÁNGULO DE PROYECCIÓN	NOMBRE / NÚMERO DE PROYECTO FACTIBILIDAD DE PROVEEDURÍA		TÍTULO: SOPORTES DE MONTAJE
		TODA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA. SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL QUEDA PROHIBIDA SALVO PREVIA AUTORIZACIÓN DE LA INSTITUCIÓN.		NÚMERO DE DIBUJO: 04
				FORMATO A4

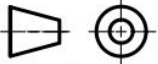


ESPESOR GENERAL DE 3
MILÍMETROS

MATERIAL ALUMINIO 6061 TRATAMIENTO T6 MASA: 4.082 kg	TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO. INTERPRETAR SEGÚN ASME Y14.5 - 2009.	DIBUJADO POR J.LEMUS	FECHA 11/03/2025	 UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA 18 avenida, 11-95 zona 15, Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala 01015 PBX: (502) 2634-0336 / 40 info@uvg.edu.gt
	TOLERANCIAS GENERALES LINEAL .X ± N/A .XX ± 0.5 .XXX ± N/A ANGULAR ± 1°	DISEÑADO POR J.LEMUS	FECHA 11/03/2025	
		REVISADO POR H.GÓMEZ	FECHA 26/09/2025	
		APROBADO POR H.GÓMEZ	FECHA 15/10/2025	
 PRIMER ÁNGULO DE PROYECCIÓN		NOMBRE / NÚMERO DE PROYECTO FACTIBILIDAD DE PROVEEDURÍA		TÍTULO: PERFILES RT02-03
TODA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA. SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL QUEDA PROHIBIDA SALVO PREVIA AUTORIZACIÓN DE LA INSTITUCIÓN.		NÚMERO DE DIBUJO: 05		FORMATO A4
		ESCALA: 1 : 1		UNIDADES: mm
		PÁGINA 1 DE 1		REV B



ESPESOR GENERAL DE 3
MÍMETROS

MATERIAL ALUMINIO 6061 TRATAMIENTO T6 MASA: 8.141 kg	TODAS LAS MEDIDAS EN MILÍMETROS SALVO SE INDIQUE LO CONTRARIO. INTERPRETAR SEGÚN ASME Y14.5 - 2009.	DIBUJADO POR J.EMUS	FECHA 11/03/2025	 UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA 18 avenida, 11-95 zona 15, Vista Hermosa III Guatemala, Guatemala 01015 PBX: (502) 2634-0336 / 40 info@uvg.edu.gt
	TOLERANCIAS GENERALES LINEAL .X ± N/A .XX ± 0.5 .XXX ± N/A ANGULAR ± 1°	DISEÑADO POR J.LEMUS	FECHA 11/03/2025	
		REVISADO POR H.GÓMEZ	FECHA 26/09/2025	
		APROBADO POR H.GÓMEZ	FECHA 15/10/2025	
 PRIMER ÁNGULO DE PROYECCIÓN	NOMBRE / NÚMERO DE PROYECTO FACTIBILIDAD DE PROVEEDURÍA		TÍTULO: PERFILES RT01-04	
TODA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA. SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL QUEDA PROHIBIDA SALVO PREVIA AUTORIZACIÓN DE LA INSTITUCIÓN.		NÚMERO DE DIBUJO: 06		FORMATO A4
		ESCALA: 1:2 UNIDADES: mm PÁGINA 1 DE 1		
				REV B