

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Desarrollo de un ambiente virtual para uso didáctico mediante la aplicación de una planta de ensamblaje automotriz para el Laboratorio de Realidad Virtual de la Universidad del Valle de Guatemala

Trabajo de graduación en modalidad de Megaproyecto Tecnológico presentado por Sara Marines Castellanos López, Estuardo José Chinchilla González y Cristian Alexander Mazariegos Hernández para optar al grado académico de Licenciados en Ingeniería Industrial; y Elean Julián Andrés Rivas Galicia para optar al grado académico de Licenciado en Ciencias de la Computación y Tecnologías de la Información

Guatemala
2025

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Desarrollo de un ambiente virtual para uso didáctico mediante la aplicación de una planta de ensamblaje automotriz para el Laboratorio de Realidad Virtual de la Universidad del Valle de Guatemala

Trabajo de graduación en modalidad de Megaproyecto Tecnológico presentado por Sara Marines Castellanos López, Estuardo José Chinchilla González y Cristian Alexander Mazariegos Hernández para optar al grado académico de Licenciados en Ingeniería Industrial; y Elean Julián Andrés Rivas Galicia para optar al grado académico de Licenciado en Ciencias de la Computación y Tecnologías de la Información

Guatemala
2025

V o.Bo.



Ingã. Dulce María Chacón Muñoz


Tribunal Examinador:



Ingã. Dulce María Chacón Muñoz



Ing. Douglas Leonel Barrios González



Ingã. Ingrid Lorena de León Vilaseca

Fecha de aprobación del examen de graduación:

Guatemala, 5 de diciembre de 2024

Contenido

Resumen.....	xv
Abstract	xvi
1. Introducción	1
2. Justificación.....	3
3. Antecedentes	4
4. Objetivos	10
4.1. Objetivo general.....	10
4.2. Objetivos específicos	10
5. Capítulo 1: Propuesta de análisis de inversión para el montaje de una planta de ensamblaje automotriz en Guatemala	11
5.1 Metodología	11
5.1.1 Elaboración de matriz de componentes necesarios	11
5.1.2 Estimación de costos	12
5.1.3 Evaluación económica.....	13
5.1.4 Análisis de sensibilidad.....	14
5.2 Resultados	16
5.2.1 Determinación de actores y componentes clave para la planta de ensamblaje automotriz	16
5.2.2 Costeo basado en actividades.....	69
5.2.2.4 Asignación de costos directos e indirectos.....	72
5.2.3 Viabilidad financiera.....	74
5.2.3.5 Clasificación y proyección de los costos.....	75
5.2.3.6 Proyección de la demanda y precio de venta.....	78
5.2.3.7 Cálculos de costos unitarios y análisis de márgenes de beneficio proyectados	80
5.2.3.8 Flujo de efectivo proyectado	83
5.2.3.9 Ajuste de precio de venta	85
5.2.3.10 Cálculo de costos unitarios y flujo de efectivo proyectado con precio de venta actualizado.....	86
5.2.3.11 Indicadores financieros.....	89
5.2.4 Análisis de sensibilidad.....	92
5.3 Discusión.....	98
5.3.1 Análisis del proceso de recolección y distribución de costos.....	98

5.3.2	Análisis de la implementación del costeo ABC y Determinación de Inversión Inicial....	99
5.3.3	Análisis de viabilidad del proyecto	99
5.3.4	Análisis de sensibilidad y variables críticas para el proyecto de la planta automotriz...	100
6.	Análisis de la demanda de vehículos hatchback y determinación de la ubicación óptima de una planta de ensamblaje mediante técnicas de levantamiento de datos, modelado estadístico y análisis económico para comprender las preferencias del mercado, ajustar modelos de demanda, evaluar factores económicos y tomar decisiones informadas sobre la ubicación de la planta.	102
6.1.	Marco teórico	102
6.1.1.	Conceptos generales.....	102
6.1.2.	Herramientas a emplear.....	106
6.2.	Metodología	108
6.2.1.	Fase 1: Levantamiento de datos y modelado estadístico.....	109
6.2.2.	Fase 2: Análisis de escenarios con variables económicas	110
6.2.3.	Fase 3: Definición de ubicación óptima de planta de ensamblaje.....	111
6.3.	Resultados	112
6.3.1.	Fase 1: Levantamiento de datos y modelado estadístico.....	112
6.3.2.	Fase 2: Análisis de escenarios con variables económicas	130
6.3.3.	Fase 3: Definición de ubicación óptima de planta de ensamblaje.....	156
6.4.	Discusión.....	164
7.	Capítulo 3: Diseño de un proceso de ensamblaje modular de dos modelos de vehículos automotrices para su implementación en una planta de producción automotriz mediante el uso de herramientas de simulación, análisis de procesos de producción y estimación de costos directos en el Laboratorio de Realidad Virtual de la Universidad del Valle de Guatemala	169
7.1.	Marco teórico.....	169
7.2.	Metodología.....	176
7.2.1.	Evaluación del estado actual del proceso de producción de automóviles utilizando un sistema de ensamblaje tradicional	176
7.2.2.	Recursos necesarios para implementar una línea de ensamblaje modular	177
7.2.3.	Diseño de una planta de ensamblaje automotriz para simular la distribución del proceso de ensamblaje modular.....	177
7.2.4.	Análisis de costos directos de los vehículos a producir en el proceso de ensamblaje modular	177
7.3.	Resultados.....	179
7.3.1.	Evaluación del estado actual del proceso de producción de automóviles utilizando un sistema de ensamblaje tradicional	179
7.3.2.	Recursos necesarios para implementar una línea de ensamblaje modular	204

7.3.3. Diseño de una planta de ensamblaje automotriz para simular la distribución del proceso de ensamblaje modular.....	213
7.3.4. Análisis de costos directos de los vehículos a producir en el proceso de ensamblaje modular	239
7.4. Discusión	280
8. Capítulo 4: Modularización de cinta de manufacturación automotriz y modelado interno de vehículo.....	286
8.1. Metodología.....	286
8.1.1. Enfoque general.....	286
8.1.2. Etapas de desarrollo.....	286
8.1.2.1. Planificación.....	286
8.1.2.2. Modelado y animación.....	286
8.1.2.3. Implementación.....	286
8.1.2.4. Pruebas y validación.	287
8.1.2.5. Documentación.	287
Se elaborará la documentación del simulador, que incluirá:	287
8.1.2.6. Implementación en el entorno de la planta.....	287
8.2. Marco teórico.....	288
8.2.1. Tecnologías.	288
8.2.1.1. Modelación 3D y técnicas de modelado.....	292
8.2.1.2. Planta automotriz.....	294
8.2.1.3. Maquinaria a modelar.....	296
8.2.1.4. Automóvil a ensamblar.....	297
8.2.1.5. Estudios previos	298
8.2.2. Definiciones clave.....	300
8.2.3. Modelos conceptuales.	303
8.3. Resultados.....	304
8.3.1. Modelado del vehículo.	304
8.3.2. Animaciones.....	305
8.3.3. Implementación de modelos y animaciones en Unity	307
8.3.4. Escena de módulo interno del vehículo.....	309
8.3.5. Modularización de escenas en Unity para implementación de nuevos módulos.....	311
8.3.6. Pruebas de usuario.....	312
8.4. Discusión de resultados	314

8.4.1.	Evaluación del modelado del vehículo.....	314
8.4.2.	Impacto de la modularización en Unity.....	314
8.4.3.	Pruebas de usuarios.	315
8.4.4.	Proyección del impacto educativo.....	317
8.4.5.	Proyección del impacto comercial.....	317
8.4.6.	Limitaciones y futuros pasos.	318
9.	Conclusiones	320
10.	Recomendaciones.....	325
11.	Referencias.....	328
12.	Anexos.....	356

Lista de cuadros

Cuadro 1. Distribución de operarios según la necesidad de cada operación.....	6
Cuadro 2. Resumen de resultados obtenidos de la simulación del proceso automatizado.....	7
Cuadro 3. Selección de ubicación para planta de ensamblaje.....	17
Cuadro 4. Comparativo de ventajas viales, parques industriales, y cercanía a puertos por departamento.....	21
Cuadro 5. Comparativo de disponibilidad de mano de obra.....	27
Cuadro 6. Comparativo de acceso a servicios de agua y energía.....	32
Cuadro 7. Selección de ubicación para planta de ensamblaje.....	33
Cuadro 8. Operarios por operación.....	46
Cuadro 9. Costos Operativos Mensuales del Personal en la Planta de Ensamblaje Automotriz.....	54
Cuadro 10. Desglose de costos de maquinaria.....	55
Cuadro 11. Costos asociados a los requisitos ambientales.....	58
Cuadro 12. Materiales de construcción y acabados.....	60
Cuadro 13. Equipos de iluminación y sistemas eléctricos para la planta.....	60
Cuadro 14. Equipamiento de baños e instalaciones sanitarias.....	61
Cuadro 15. Mobiliario de oficinas.....	61
Cuadro 16. Mobiliario de áreas comunes, enfermería y lavandería.....	62
Cuadro 17. Insumos de oficina.....	63
Cuadro 18. Desglose de costos de materia prima comprada en el extranjero.....	64
Cuadro 19. Desglose de costos de materia prima comprada en Guatemala.....	65
Cuadro 20. Desglose de costos para las autopartes producidas.....	66
Cuadro 21. Consumo energético de máquinas industriales.....	67
Cuadro 22. Consumo energético de la iluminación de la planta.....	67
Cuadro 23. Depreciación anual de construcción y terreno.....	68
Cuadro 24. Costo de inversión inicial por medio de costeo ABC.....	73
Cuadro 25. Detalle de intereses y amortización del préstamo a 10 Años.....	75
Cuadro 26. Clasificación y proyección de costos para el periodo 2025-2029.....	76
Cuadro 27. Cálculo del gradiente de precios a partir del IPC y variaciones anuales en Guatemala (2011-2023).....	77
Cuadro 28. Cálculo del gradiente salarial a partir del salario mínimo y variaciones anuales en Guatemala (2011-2024).....	78
Cuadro 29. Demanda proyectada de vehículos por mes y año (2025-2029).....	79
Cuadro 30. Proyección del precio de venta.....	80
Cuadro 31. Determinación de costos y márgenes por unidad en 2025.....	81
Cuadro 32. Determinación de costos y márgenes por unidad en 2026.....	81
Cuadro 33. Determinación de costos y márgenes por unidad en 2027.....	82
Cuadro 34. Determinación de costos y márgenes por unidad en 2028.....	82
Cuadro 35. Determinación de costos y márgenes por unidad en 2029.....	83
Cuadro 36. Flujo de efectivo proyectado para 2024-2025.....	84
Cuadro 37. Margen operativo 2024-2025.....	85
Cuadro 38. Precio de venta ajustado 2024-2025.....	86
Cuadro 39. Determinación de costos y márgenes por unidad en 2025.....	86

Cuadro 40. Determinación de costos y márgenes por unidad en 2026	87
Cuadro 41. Determinación de costos y márgenes por unidad en 2027	87
Cuadro 42. Determinación de costos y márgenes por unidad en 2028	87
Cuadro 43. Determinación de costos y márgenes por unidad en 2029	88
Cuadro 44. Flujo de efectivo proyectado con el precio de venta actualizado	89
Cuadro 45. Cálculo del Valor Presente Neto Individual y Acumulado por Año	91
Cuadro 46. Indicadores financieros clave: TIR, TMAR, VPN y Periodo de recuperación.....	91
Cuadro 47. Margen operativo de la planta de ensamblaje para 2025-2029	91
Cuadro 48. Punto de equilibrio para el precio de venta 2025-2028	95
Cuadro 49. Punto de equilibrio para las unidades venidas 2025-2028.....	97
Cuadro 50. Demanda histórica de vehículos hatchback.....	130
Cuadro 51. Valor de PIB y variación desde el año 2000	135
Cuadro 52. Comparativa de ventajas y desventajas de la construcción de la planta de ensamblaje en la Ciudad de Guatemala	158
Cuadro 53. Comparativa de ventajas y desventajas de la construcción de la planta de ensamblaje en el departamento de San Marcos	158
Cuadro 54. Comparativa de ventajas y desventajas de la construcción de la planta de ensamblaje en el departamento de Quetzaltenango	159
Cuadro 55. Comparativa de ventajas y desventajas de la construcción de la planta de ensamblaje en el departamento de Escuintla.....	159
Cuadro 56. Volumen de producción (unidades) sistema de ensamblaje tradicional	181
Cuadro 57. Tiempo de producción disponible sistema de ensamblaje tradicional.....	181
Cuadro 58. Costo de mano de obra por unidad producida sistema de ensamblaje tradicional	182
Cuadro 59. Tasa de producción sistema de ensamblaje tradicional	182
Cuadro 60. Tiempo de ciclo sistema de ensamblaje tradicional	183
Cuadro 61. Costo de producción unitario sistema de ensamblaje tradicional.....	183
Cuadro 62. Unidades producidas por hora sistema de ensamblaje tradicional	183
Cuadro 63. Costo de mano de obra sistema de ensamblaje tradicional.....	184
Cuadro 64. Cantidad de operarios que intervienen en el sistema de ensamblaje tradicional	184
Cuadro 65. Equipo de trabajo necesario sistema de ensamblaje tradicional	186
Cuadro 66. Porcentaje de utilización operaciones sistema de ensamblaje tradicional	187
Cuadro 67. Información maquinaria utilizada en sistema de ensamblaje tradicional	188
Cuadro 68. Procesos productivos modularizados.....	206
Cuadro 69. Lista de maquinaria a utilizar en sistema de ensamblaje modular.....	208
Cuadro 70. Fuentes de toma de tiempos en el proceso de ensamblaje y soldadura de carrocería y elaboración del Drivetrain para el vehículo 2	213
Cuadro 71. Tiempos promedio de las operaciones diferenciadas y agregadas para el vehículo 2..	215
Cuadro 72. Distribución probabilística aplicada a cada operación agregada al proceso productivo	215
Cuadro 73. Estación 1 de corte y preparación de materia prima - Vehículo 1.....	219
Cuadro 74. Estación 2 de soldadura de la estructura del vehículo - Vehículo 1.....	219
Cuadro 75. Estación 3 de ensamblaje de carrocería y guardafangos - Vehículo 1.....	219
Cuadro 76. Estación 4 de pintura y secado - Vehículo 1.	219
Cuadro 77. Estación 5 de ensamblaje del Drivetrain y motor - Vehículo 1.....	220

Cuadro 78. Estación 6 de ensamblaje de componentes externos y eléctricos - Vehículo 1.....	220
Cuadro 79. Estación 7 de colocación de tablero e interior - Vehículo 1.....	220
Cuadro 80. Estación 8 instalación de parabrisas e inspección final - Vehículo 1.....	220
Cuadro 81. Estación 1 de corte y preparación de materia prima - Vehículo 2.....	220
Cuadro 82. Estación 2 de soldadura de la estructura del vehículo - Vehículo 2.....	221
Cuadro 83. Estación 3 de ensamblaje de carrocería y guardafangos - Vehículo 2.....	221
Cuadro 84. Estación 4 de pintura y secado - Vehículo 2.....	221
Cuadro 85. Estación 5 de ensamblaje del Drivetrain y motor - Vehículo 2.....	221
Cuadro 86. Estación 6 de ensamblaje de componentes externos y eléctricos - Vehículo 2.....	221
Cuadro 87. Estación 7 de colocación de tablero e interior - Vehículo 2.....	222
Cuadro 88. Estación 8 instalación de parabrisas e inspección final - Vehículo 2.....	222
Cuadro 89. Análisis margen de contribución unitario vehículo 1.....	222
Cuadro 90. Análisis margen de contribución unitario vehículo 2.....	222
Cuadro 91. Maquinaria necesaria para la implementación del sistema de ensamblaje modular.....	223
Cuadro 92. Operarios del área de producción del sistema de ensamblaje modular.....	224
Cuadro 93. Análisis del proceso productivo del vehículo 1 antes y después de resolver el cuello de botella.....	236
Cuadro 94. Análisis del proceso productivo del vehículo 2 antes y después de resolver el cuello de botella.....	236
Cuadro 95. Operarios del área de producción del sistema de ensamblaje modular luego de resolver el cuello de botella.....	237
Cuadro 96. MRP carrocería vehículo 1.....	239
Cuadro 97. MRP chasis vehículo 1.....	240
Cuadro 98. MRP guardafangos y costados vehículo 1.....	241
Cuadro 99. MRP baúl vehículo 1.....	242
Cuadro 100. MRP bómperes vehículo 1.....	243
Cuadro 101. MRP interior vehículo 1.....	244
Cuadro 102. MRP puertas delanteras vehículo 1.....	244
Cuadro 103. MRP puertas traseras vehículo 1.....	246
Cuadro 104. MRP capo vehículo 1.....	247
Cuadro 105. MRP Drivetrain y motor vehículo 1.....	247
Cuadro 106. MRP carrocería vehículo 2.....	249
Cuadro 107. MRP chasis vehículo 2.....	250
Cuadro 108. MRP guardafangos y costados vehículo 2.....	251
Cuadro 109. MRP baúl vehículo 2.....	252
Cuadro 110. MRP bómperes vehículo 2.....	253
Cuadro 111. MRP interior vehículo 2.....	254
Cuadro 112. MRP puertas delanteras vehículo 2.....	255
Cuadro 113. MRP puertas traseras vehículo 2.....	256
Cuadro 114. MRP capo vehículo 2.....	257
Cuadro 115. MRP Drivetrain y motor vehículo 2.....	257
Cuadro 116. Costo materia prima importada vehículo 1.....	259
Cuadro 117. Costo materia prima importada vehículo 2.....	260
Cuadro 118. Costo materia prima comprada localmente.....	260

Cuadro 119. Costo materia prima elaborada a partir de planchas de aluminio.....	261
Cuadro 120. Costo materia prima vehículo 1.....	261
Cuadro 121. Costo materia prima vehículo 2.....	261
Cuadro 122. Cantidad de operarios en un turno de trabajo.....	262
Cuadro 123. Prestaciones de ley aplicadas al salario de los operarios.....	262
Cuadro 124. Costo mano de obra total.....	262
Cuadro 125. Costo mano de obra vehículo 1.....	262
Cuadro 126. Costo mano de obra vehículo 2.....	263
Cuadro 127. Salarios roles administrativos.....	263
Cuadro 128. Costo mano de obra área administrativa.....	263
Cuadro 129. Costo componentes eléctricos área administrativa.....	264
Cuadro 130. Costo componentes de baño área administrativa.....	264
Cuadro 131. Costo mobiliario oficina área administrativa.....	264
Cuadro 132. Costo mobiliario área común área administrativa.....	265
Cuadro 133. Costo mobiliario área de vestidores.....	265
Cuadro 134. Costo eléctrico componentes eléctricos área administrativa.....	265
Cuadro 135. Costo eléctrico equipo de oficina área administrativa.....	265
Cuadro 136. Costo eléctrico equipo de uso común área administrativa.....	266
Cuadro 137. Costo eléctrico componentes eléctricos área producción.....	266
Cuadro 138. Costo de consumo de agua área administrativa.....	266
Cuadro 139. Costo de terreno área de producción Layout original.....	266
Cuadro 140. Costo de terreno área de oficinas Layout original.....	267
Cuadro 141. Costo de terreno total Layout original.....	267
Cuadro 142. Costo de terreno área de producción Layout propuesto.....	267
Cuadro 143. Costo de terreno área módulo 1 Layout propuesto.....	267
Cuadro 144. Costo de terreno área módulo 2 Layout propuesto.....	267
Cuadro 145. Costo de terreno área de oficinas Layout propuesto.....	268
Cuadro 146. Costo de terreno total Layout propuesto.....	268
Cuadro 147. Costo inversión inicial y depreciación maquinaria.....	268
Cuadro 148. Costo consumo eléctrico maquinaria.....	269
Cuadro 149. Costo de mantenimiento de maquinaria.....	269
Cuadro 150. Grupo común de costos indirectos identificados.....	269
Cuadro 151. Tasas presupuestadas de aplicación de costos indirectos.....	270
Cuadro 152. Costos indirectos totales.....	270
Cuadro 153. Costo producción unitario vehículo 1.....	270
Cuadro 154. Costo de producción unitario vehículo 2.....	271
Cuadro 155. Costos de producción unitarios para cada vehículo.....	271
Cuadro 156. Comparación costos de producción unitarios sistema de ensamblaje tradicional vs modular.....	271
Cuadro 157. Tasa de producción vehículo 1 sistema de ensamblaje modular.....	272
Cuadro 158. Tasa de producción vehículo 2 sistema de ensamblaje modular.....	272
Cuadro 159. Tiempo de ciclo vehículo 1 sistema de ensamblaje modular.....	272
Cuadro 160. Tiempo de ciclo vehículo 2 sistema de ensamblaje modular.....	273
Cuadro 161. Costo de producción unitario vehículo 1 sistema de ensamblaje modular.....	273

Cuadro 162. Costo de producción unitario vehículo 2 sistema de ensamblaje modular	273
Cuadro 163. Unidades producidas por hora vehículo 1 sistema de ensamblaje modular.	273
Cuadro 164. Unidades producidas por hora vehículo 2 sistema de ensamblaje modular	274
Cuadro 165. Costo de mano de obra vehículo 1 con el sistema de ensamblaje modular.	274
Cuadro 166. Costo de mano de obra vehículo 2 con el sistema de ensamblaje modular.	274
Cuadro 167. Cambio del costo de la mano de obra directa del vehículo 1 al variar los salarios. ...	275
Cuadro 168. Cambio del costo de la materia prima directa del vehículo 1 al variar el precio del aluminio.....	276
Cuadro 169. Cambio del costo de la materia prima directa del vehículo 1 al variar los aranceles de importación.	276
Cuadro 170. Cambio del costo de la mano de obra directa del vehículo 2 al variar los salarios. ...	277
Cuadro 171. Cambio del costo de la materia prima directa del vehículo 2 al variar el precio del aluminio.....	278
Cuadro 172. Cambio del costo de la materia prima directa del vehículo 2 al variar los aranceles de importación.	278
Cuadro 173: Resultados pruebas de usuario.....	313

Lista de figuras

Figura 1. Diagrama de operaciones de proceso de ensamble automotriz con proceso automatizado.	5
Figura 2. Plano de área de producción de escenario automatizado	8
Figura 3. Red de carreteras CA existentes y corredores estratégicos	19
Figura 4. Agrupación territorial de parques industriales	20
Figura 5. Población censada en edad de trabajar total por departamento año 2018.....	25
Figura 6. Alfabetismo por departamento, personas censadas mayores o igual a 7 años, año 2018 ..	26
Figura 7. Índice de cobertura eléctrica 2022	30
Figura 8. Cobertura de agua para el consumo humano por municipio rural	31
Figura 9. Organigrama del personal administrativo de la planta de ensamblaje automotriz en Guatemala	35
Figura 10. Plano de área administrativa para la planta de ensamblaje automotriz automatizado – Autocad	59
Figura 11. Periodo de recuperación basado en el Valor Presente Neto Acumulado	90
Figura 12. Análisis de sensibilidad evaluando el Valor Presente Neto (VPN)	93
Figura 13. Análisis de sensibilidad evaluando la Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TIR).....	94
Figura 14. Cantidad de ventas anuales de vehículos tipo hatchback por marca.....	113
Figura 15. Proporción de ventas de vehículos de agencia y rodados	114
Figura 16. Cantidad de ventas de vehículos hatchback por año.....	115
Figura 17. Importación de vehículos a Guatemala por mes	116
Figura 18. Importación de vehículos tipo hatchback a Guatemala por mes.....	117
Figura 19. Estacionalidad de importación de vehículos tipo hatchback a Guatemala	118
Figura 20. Recopilación de ventas mundiales de vehículos ligeros	119
Figura 21. Crecimiento de población de personas entre 18 y 30 años en Guatemala	120
Figura 22. Rango de edad de personas interesadas en adquirir vehículos hatchback	121
Figura 23. Factores de mayor influencia a la hora de adquirir un vehículo hatchback	122
Figura 24. Nivel de satisfacción respecto a la oferta actual de vehículos hatchback	123
Figura 25. Marcas de automóviles que las personas consideran más confiables	123
Figura 26. Preferencia de los potenciales consumidores respecto a vehículos de agencia o rodados	124
Figura 27. Influencia de la marca de vehículos hatchback en la decisión de compra	125
Figura 28. Tendencia de ventas de vehículos hatchback mediante suavizamiento exponencial.....	126
Figura 29. Tendencia de ventas de vehículos hatchback mediante suavizamiento exponencial sin considerar efectos de pandemia.....	127
Figura 30. Proyección de demanda de vehículos hatchback por mes mediante suavizamiento exponencial	128
Figura 31. Comparación entre crecimiento de población de entre 18 a 30 años y crecimiento de demanda de vehículos hatchback	129
Figura 32. Comportamiento de la tasa de interés a lo largo de los años y proyección hasta 2029 mediante regresión lineal simple.....	136
Figura 33. Evolución del precio del petróleo según la OPEP	137
Figura 34. Evolución de la tasa de inflación a lo largo de los años	138
Figura 35. Evolución de la tasa de desempleo a lo largo de los años.....	139

Figura 36. Matriz de correlación entre variables micro y macroeconómicas.....	141
Figura 37. Impacto de variaciones en el PIB en la demanda de vehículos hatchback mediante regresión lineal.....	147
Figura 38. Impacto de variaciones de las tasas de interés en la demanda de vehículos hatchback mediante regresión lineal.....	148
Figura 39. Impacto de variaciones de la inflación en la demanda de vehículos hatchback mediante regresión lineal.....	150
Figura 40. Impacto de la tasa de desempleo en el principal mercado de vehículos hatchback (personas de 18-30 años) en la demanda, mediante regresión lineal.....	152
Figura 41. Impacto del precio de venta de los vehículos hatchback en la demanda de estos mediante regresión lineal.....	154
Figura 42. Coordenadas y demanda mensual de ubicaciones potenciales según método de centroide.....	160
Figura 43. Coordenadas resultantes para ubicación de planta de ensamblaje automotriz según el método del centroide.....	160
Figura 44. Determinación de ubicación óptima de la planta según método de calificación de factores.....	161
Figura 45. Diagrama de operaciones de procesos ensamblaje de vehículos con sistema de ensamblaje tradicional.....	179
Figura 46. Plano de área de producción sistema de ensamblaje tradicional.....	190
Figura 47. Indicadores económicos para Guatemala.....	193
Figura 48. Información del PIB de Guatemala.....	194
Figura 49. Principales proveedores para Guatemala.....	195
Figura 50. Productos importados por Guatemala.....	196
Figura 51. Información demográfica de Guatemala.....	197
Figura 52. Tendencias de utilización de automóviles en Guatemala.....	198
Figura 53. Bill of Materials vehículo 2.....	205
Figura 54. Plataforma modular TNGA.....	210
Figura 55. Plataforma modular MQB.....	211
Figura 56. Plataforma modular CMF.....	212
Figura 57. Diagrama de operaciones de procesos para el vehículo 1 con el sistema de ensamblaje modular.....	217
Figura 58. Diagrama de operaciones de procesos para el vehículo 2 con el sistema de ensamblaje modular.....	218
Figura 59. Organigrama área administrativa plan de producción de automóviles.....	226
Figura 60. Diagrama de Muther.....	227
Figura 61. Bosquejo Layout planta de producción de automóviles con un sistema de ensamblaje modular.....	228
Figura 62. Layout planta de producción de automóviles con un sistema de ensamblaje modular..	229
Figura 63. Sección 1 Área de oficinas con iluminación y agua potable.....	230
Figura 64. Sección 2: Área de oficinas con iluminación y agua potable.....	230
Figura 65. Área de producción con iluminación.....	231
Figura 66. Layout optimizado propuesto planta de producción de automóviles.....	232

Figura 67. Layout optimizado propuesto planta de producción de automóviles con un sistema de ensamblaje modular.	233
Figura 68. Simulación proceso de producción con sistema de ensamblaje modular vehículo 1.....	234
Figura 69. Simulación proceso de producción con sistema de ensamblaje modular vehículo 2.....	235
Figura 70. Análisis de sensibilidad para vehículo 1.....	277
Figura 71. Análisis de sensibilidad para vehículo 2.....	279
Figura 72: Medidas Nissan Versa Note.....	303
Figura 73: Modelo 3D Nissan Versa Note	305
Figura 74: Keyframes.....	306
Figura 75: Vista en blender del modelo	307
Figura 76: Vista interna desde Unity.....	310
Figura 77: Escena plantilla.....	312
Figura 78: Comodidad a través del tiempo	315
Figura 79: Usabilidad a través del tiempo.....	316
Figura 80: Comodidad a través del tiempo por grupos	316
Figura 81: Usabilidad a través del tiempo por grupos.....	317

Resumen

El presente trabajo de graduación se enfocó en el análisis estratégico y diseño de una planta de ensamblaje automotriz en Guatemala, abarcando desde el estudio de la demanda de vehículos hatchback hasta la implementación de sistemas innovadores de producción. El objetivo principal fue comprender a profundidad el mercado automotriz, proyectar tendencias futuras y determinar la ubicación óptima para la planta, empleando técnicas avanzadas de recopilación de datos, modelado estadístico y análisis económico.

Uno de los componentes clave del proyecto fue el estudio de mercado, en el cual se recopiló información detallada sobre la demanda actual y proyectada de vehículos hatchback. Este análisis permitió identificar variables económicas y sociales que influyen en el mercado, como el crecimiento económico y la inflación. Además, se realizaron simulaciones de sensibilidad para anticipar posibles escenarios y diseñar estrategias adaptativas.

En el ámbito productivo, se implementó un sistema modular de ensamblaje que posibilita la fabricación simultánea de múltiples modelos de vehículos. Este enfoque, inspirado en prácticas de empresas líderes como Toyota y Volkswagen, fue evaluado a través de simulaciones con software especializado, como SIMIO. Los resultados mostraron una mejora en la eficiencia, permitiendo atender la demanda con mayor flexibilidad, reducir residuos y estandarizar componentes clave.

El proyecto también incluyó el desarrollo de un entorno virtual didáctico para el Laboratorio de Realidad Virtual de la Universidad del Valle de Guatemala. Este simulador, creado con Unity y Blender, sirve como herramienta educativa para estudiantes de ingeniería y como demostración tecnológica para atraer inversionistas interesados en el sector automotriz guatemalteco.

Finalmente, se realizó un análisis financiero exhaustivo mediante un sistema de costeo basado en actividades. Esto permitió estimar costos e ingresos proyectados, evaluar indicadores como el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), y asegurar la viabilidad económica del proyecto. En conjunto, este trabajo integró conocimientos multidisciplinarios, fomentó la colaboración académica e interdisciplinaria, y proporcionó herramientas innovadoras para fortalecer el desarrollo del sector automotriz en Guatemala.

Abstract

This graduation project focused on the strategic analysis and design of an automotive assembly plant in Guatemala, ranging from the study of the demand for hatchback vehicles to the implementation of innovative production systems. The main objective was to understand the automotive market in depth, project future trends and determine the optimal location for the plant, using advanced data collection techniques, statistical modeling and economic analysis.

One of the key components of the project was the market study, in which detailed information was collected on the current and projected demand for hatchback vehicles. This analysis allowed the identification of economic and social variables that influence the market, such as economic growth and inflation. In addition, sensitivity simulations were carried out to anticipate possible scenarios and design adaptive strategies.

In the productive area, a modular assembly system was implemented that enables the simultaneous manufacture of multiple vehicle models. This approach, inspired by practices of leading companies such as Toyota and Volkswagen, was evaluated through simulations with specialized software, such as SIMIO. The results showed an improvement in efficiency, allowing demand to be met with greater flexibility, waste to be reduced, and key components to be standardized.

The project also included the development of a virtual teaching environment for the Virtual Reality Laboratory of the Universidad del Valle de Guatemala. This simulator, created with Unity and Blender, serves as an educational tool for engineering students and as a technological demonstration to attract investors interested in the Guatemalan automotive sector.

Finally, a comprehensive financial analysis was carried out using an activity-based costing system. This allowed for estimating projected costs and revenues, evaluating indicators such as Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR), and ensuring the economic viability of the project. Overall, this work integrated multidisciplinary knowledge, fostered academic and interdisciplinary collaboration, and provided innovative tools to strengthen the development of the automotive sector in Guatemala.

1. Introducción

En un mundo empresarial cada vez más globalizado y competitivo, la industria automotriz se posiciona como una de las más dinámicas y desafiantes, enfrentando retos significativos derivados de la rápida evolución tecnológica, las exigencias de los consumidores y los cambios constantes en las tendencias del mercado. Este trabajo de graduación, desarrollado como parte de un megaproyecto tecnológico, abordó estas complejidades centrándose en dos objetivos principales: analizar la demanda de vehículos tipo hatchback y proponer un plan integral para la construcción de una planta de ensamblaje automotriz en Guatemala.

La investigación combinó múltiples enfoques, integrando análisis estadísticos avanzados, modelado económico y simulaciones virtuales. El primer objetivo fue comprender y proyectar la demanda de vehículos hatchback, utilizando técnicas de análisis de datos que identificaron patrones de consumo, preferencias del mercado y variables económicas clave como tasas de interés y precios de los vehículos. Estos hallazgos se utilizaron para desarrollar estrategias que garantizaran la competitividad y sostenibilidad de la planta propuesta.

El segundo componente del megaproyecto se centró en diseñar un sistema de ensamblaje modular, una innovación clave para optimizar la producción. Este sistema permitió fabricar múltiples modelos de vehículos en una misma línea de ensamblaje, reduciendo tiempos y costos operativos sin comprometer la calidad del producto final. Para validar su implementación, se desarrolló un simulador en el Laboratorio de Realidad Virtual de la Universidad del Valle de Guatemala, que permitió experimentar escenarios de producción tradicionales y automatizados. Esta herramienta educativa también fue diseñada para atraer inversionistas, mostrando el potencial del proyecto y su impacto en el desarrollo industrial del país.

Adicionalmente, se realizó un detallado análisis financiero, utilizando la metodología de costeo basado en actividades. Este análisis incluyó la estimación de costos iniciales de terreno, maquinaria y materiales, así como proyecciones de flujo de efectivo que evaluaron la viabilidad económica del proyecto. Indicadores clave como el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el período de recuperación de la inversión se emplearon para fundamentar la propuesta. Complementando este análisis, se desarrollaron escenarios de sensibilidad para medir el impacto de posibles cambios en variables críticas, fortaleciendo las bases del plan financiero.

El megaproyecto no solo abordó la creación de un sistema eficiente de producción, sino que también resaltó el potencial de Guatemala como un hub estratégico para la industria automotriz en Latinoamérica. La combinación de su ubicación geográfica, mano de obra competitiva y oportunidades de inversión hacen del país un candidato ideal para albergar este tipo de desarrollos. En última instancia, este trabajo buscó no solo contribuir al crecimiento

de la industria automotriz local, sino también fomentar la innovación, la transferencia de tecnología y el desarrollo económico sostenible en la región.

2. Justificación

La industria automotriz desempeña un rol fundamental en la economía global, destacándose por su impacto en el crecimiento económico, la generación de empleo y el avance tecnológico. En un contexto marcado por la evolución tecnológica, las demandas cambiantes de los consumidores y la competencia intensa, este trabajo de graduación se justificó por su enfoque en dos aspectos críticos: analizar la demanda de vehículos hatchback y determinar la ubicación óptima para una planta de ensamblaje automotriz en Guatemala.

La primera justificación radicó en la necesidad de comprender la dinámica del mercado automotriz guatemalteco, donde los vehículos hatchback representan una parte significativa de las ventas. Este segmento requiere análisis continuos debido a las preferencias cambiantes de los consumidores y la influencia de factores económicos como tasas de interés y precios de combustibles. El trabajo utilizó técnicas avanzadas de levantamiento de datos y análisis estadístico para ofrecer información precisa que ayudara a las empresas a diseñar estrategias efectivas de comercialización y adaptación al entorno competitivo.

El segundo eje del proyecto se justificó por la importancia estratégica de determinar una ubicación óptima para la planta de ensamblaje. Esta decisión influye directamente en la eficiencia operativa y la competitividad empresarial. La evaluación incluyó factores clave como disponibilidad de recursos, infraestructura logística y costos laborales, ofreciendo un análisis integral que maximizó la viabilidad económica y productiva del proyecto.

Por otro lado, este trabajo abordó la implementación de un sistema de ensamblaje modular, una innovación tecnológica que permite fabricar múltiples modelos en la misma línea de producción. Esta metodología no solo optimizó recursos, sino que también ofreció flexibilidad ante cambios en la demanda. El uso de simulaciones virtuales en el Laboratorio de Realidad Virtual de la Universidad Del Valle de Guatemala permitió evaluar diferentes escenarios productivos, reforzando el carácter innovador y didáctico del proyecto.

Desde una perspectiva financiera, se desarrolló un plan de inversión sólido que integró estimaciones detalladas de costos, proyecciones de flujo de efectivo y análisis de sensibilidad. Esto permitió justificar la propuesta con indicadores como el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), además de atraer posibles inversores interesados en impulsar el desarrollo automotriz en Guatemala.

Finalmente, la relevancia de este trabajo no solo se reflejó en su impacto en la industria automotriz local, sino también en su contribución al desarrollo económico del país. La creación de empleos, el fortalecimiento de la infraestructura industrial y la adopción de tecnologías avanzadas posicionaron a Guatemala como un potencial hub automotriz en la región, marcando un precedente para futuros proyectos en sectores estratégicos.

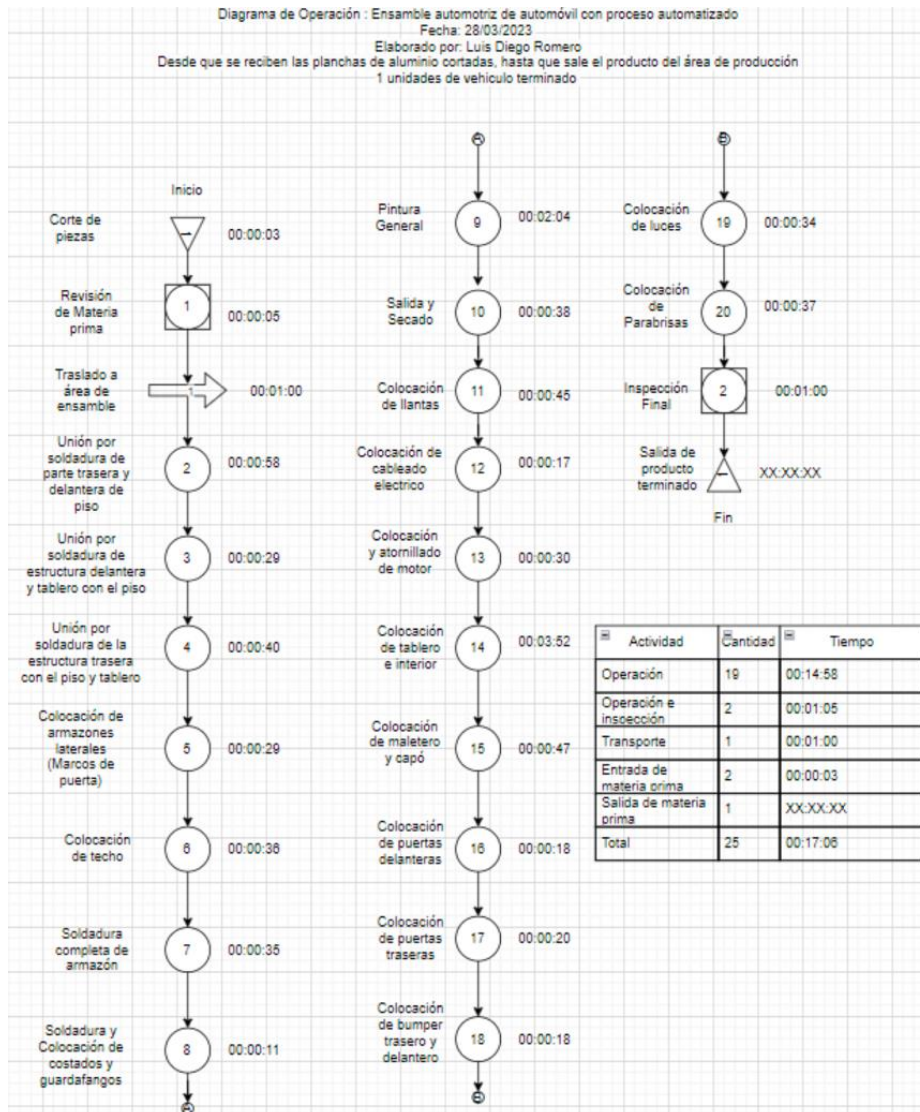
3. Antecedentes

El proyecto “Desarrollo de un Ambiente Virtual para uso Didáctico con Énfasis en la Aplicación de Conocimiento en una Planta de Ensamblaje Automotriz”, iniciado en 2023, tuvo como objetivo principal desarrollar una simulación en realidad virtual que permitiera a los estudiantes de ingeniería industrial comparar las capacidades productivas de dos escenarios de ensamblaje automotriz: uno tradicional y otro automatizado. La simulación ofrece un enfoque didáctico, permitiendo explorar el proceso de ensamblaje, las medidas de seguridad y las reglas de interacción con la maquinaria.

En el contexto de Guatemala, el mercado automotriz ha mostrado un crecimiento notable en los últimos años. Según la Asociación de Importadores y Distribuidores de Vehículos Automotores (Aidva), en 2023 se registraron ventas de 54,569 unidades, representando un aumento del 22% en comparación con el año anterior. Este dinamismo en la demanda reflejó un entorno favorable para la industria, aunque las proyecciones para 2024 indicaron una desaceleración del crecimiento hacia un alza moderada del 5% (Gamarro, 2023). A pesar de ello, Guatemala ha mantenido una estabilidad macroeconómica que ha favorecido la planificación a largo plazo, incluso en sectores como el automotriz, que enfrentaron desafíos globales de logística y suministro durante la pandemia (Guerra & León, s. f.).

El proyecto se centró en diseñar, analizar y comparar los dos escenarios productivos mencionados. Las simulaciones se realizaron utilizando el software SIMIO, donde se modelaron las operaciones de ensamblaje, considerando tiempos y costos basados en datos reales. Esto permitió evaluar la productividad y los costos en cada enfoque, integrando herramientas como brazos robóticos, sistemas de transporte y maquinaria avanzada para optimizar los procesos.

Figura 1. Diagrama de operaciones de proceso de ensamblaje automatizado con proceso automatizado.



Fuente: Romero Casasola, L. D. (2023). *Diseño de dos escenarios de un ensamblaje automatizado que compare procesos de producción tradicionales y automatizados para su programación en una aplicación didáctica en realidad virtual para el Laboratorio de Diseño de Procesos en la Universidad del Valle de Guatemala*. Trabajo de graduación en modalidad de megaproyecto tecnológico, Universidad del Valle de Guatemala.

El análisis incluyó un Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP), que describe cada etapa del ensamblaje del automóvil, desde el corte de piezas metálicas hasta la inspección final y salida del producto terminado. Estas operaciones, diseñadas con maquinaria automatizada y un balance entre intervención humana y automatización, optimizaron los tiempos y garantizaron la calidad del ensamblaje.

Cuadro 1. Distribución de operarios según la necesidad de cada operación

Operación	Cantidad de operario
Corte de piezas	32
Preparación de materia prima	1
Revisión de Materia prima	1
Traslado a área de ensamble	1
Unión por soldadura de parte trasera y delantera de piso	0
Unión por soldadura de estructura delantera y tablero con el piso	0
Unión por soldadura de la estructura trasera con el piso y	0
Colocación de armazones laterales (Marcos de puerta)	0
Colocación de techo	0
Soldadura completa de armazón	0
Soldadura y Colocación de costados y guardafangos	0
Pintura General	0
Colocación de llantas	0
Colocación de cableado eléctrico	1
Colocación y atornillado de motor	1
Colocación de tablero e interior	4
Colocación de maletero y capo	0
Colocación de puertas delanteras	0
Colocación de puertas traseras	0
Colocación de bumper trasero y delantero	0
Colocación de luces	2
Colocación de Parabrisas	0
Inspección Final	1
TOTAL	44

Fuente: Elaboración propia en base a los datos del trabajo “Romero Casasola, L. D. (2023). *Diseño de dos escenarios de un ensamble automotriz que compare procesos de producción tradicionales y automatizados para su programación en una aplicación didáctica en realidad virtual para el Laboratorio de Diseño de Procesos en la Universidad del Valle de Guatemala*. Trabajo de graduación en modalidad de megaproyecto tecnológico, Universidad del Valle de Guatemala.”

Por ejemplo, en el escenario automatizado, el proceso de corte de piezas toma apenas 3 segundos, mientras que el traslado al área de ensamblaje automatizado dura 60 segundos. Operaciones clave como la soldadura de estructuras y la pintura general se realizan con alta precisión gracias a maquinaria avanzada, reduciendo significativamente la intervención manual. Estas eficiencias se reflejan en una mayor capacidad productiva, alcanzando un tiempo de ciclo ajustado de 216 segundos, lo que permite producir hasta 368 vehículos al día en tres turnos de trabajo.

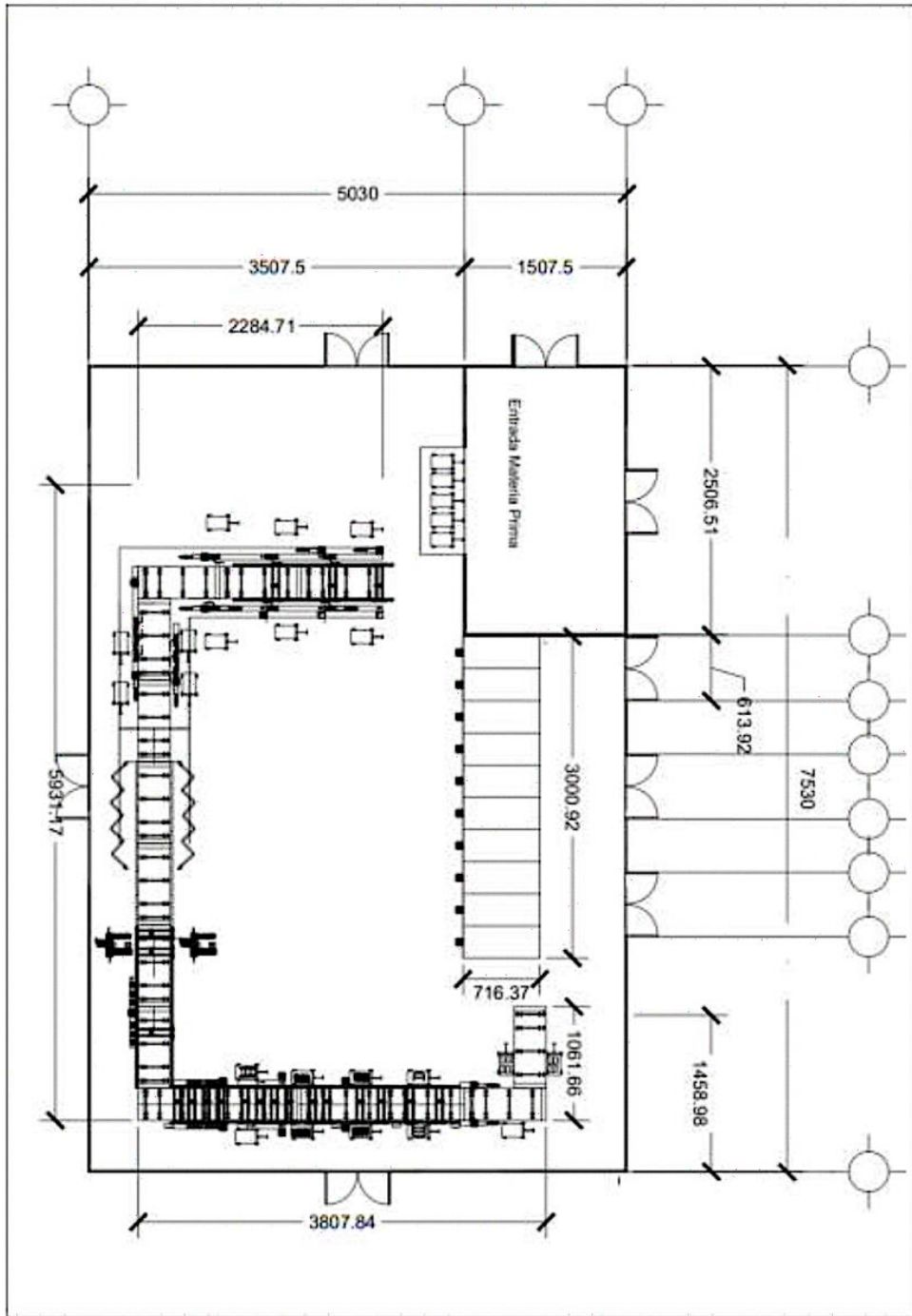
Cuadro 2. Resumen de resultados obtenidos de la simulación del proceso automatizado

Párametro	Resultado
Tiempo de ciclo ajustado	216 segundos
Producción diaria	368 vehículos
Producción mensual	8096 vehículos
Días de trabajo al mes	22 días
Turnos de trabajo	3 turnos (24 horas)
Impacto del ajuste del tiempo de ciclo	Reducción de cuellos de botella y maximización de la automatización en cada fase del ensamblaje.

Fuente: Elaboración propia en base a los datos del trabajo “Romero Casasola, L. D. (2023). *Diseño de dos escenarios de un ensamble automotriz que compare procesos de producción tradicionales y automatizados para su programación en una aplicación didáctica en realidad virtual para el Laboratorio de Diseño de Procesos en la Universidad del Valle de Guatemala.* Trabajo de graduación en modalidad de megaproyecto tecnológico, Universidad del Valle de Guatemala.”

Además, la distribución de trabajadores según las necesidades del proceso muestra cómo la automatización ha reducido la dependencia de operarios en etapas críticas. Mientras que el corte de piezas requiere de 32 operarios, otras operaciones, como la inspección final, solo necesitan uno. Este balance evidencia cómo la integración de tecnologías avanzadas optimiza los recursos humanos y mejora la competitividad.

Figura 2. Plano de área de producción de escenario automatizado



Fuente: Romero Casasola, L. D. (2023). *Diseño de dos escenarios de un ensamble automatizado que compare procesos de producción tradicionales y automatizados para su programación en una aplicación didáctica en realidad virtual para el Laboratorio de Diseño de Procesos en la Universidad del Valle de Guatemala*. Trabajo de graduación en modalidad de megaproyecto tecnológico, Universidad del Valle de Guatemala.

En el plano del área de producción automatizada [Imagen5], se aprecia un diseño eficiente que distribuye las estaciones de trabajo y la maquinaria, maximizando el espacio disponible de 3,787.59 m². Este diseño refleja un entorno industrial que prioriza la automatización y la optimización de los procesos.

El impacto de este megaproyecto no solo es relevante desde el punto de vista educativo, al proporcionar una herramienta didáctica avanzada para los estudiantes de la Universidad del Valle de Guatemala, sino también como referencia para el desarrollo de una industria automotriz competitiva en el país. La simulación permite evaluar la viabilidad y rentabilidad de implementar líneas de producción automatizadas, proporcionando datos esenciales para la toma de decisiones estratégicas en escenarios reales.

En conclusión, este proyecto reafirma la importancia de la automatización en la industria automotriz como una tendencia global y local. La simulación desarrollada no solo optimiza los tiempos y costos de producción, sino que también ofrece una herramienta valiosa para el aprendizaje interactivo y la investigación aplicada, contribuyendo al fortalecimiento de la industria automotriz en Guatemala.

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Desarrollar de un ambiente virtual para uso didáctico mediante la aplicación de una planta de ensamblaje automotriz para el Laboratorio de Realidad Virtual de la Universidad del Valle de Guatemala

4.2. Objetivos específicos

1. Determinar una propuesta de inversión para el montaje de una planta de ensamblaje automotriz en Guatemala mediante la evaluación económica a 5 años con el fin de evaluar su viabilidad.
2. Analizar la demanda de vehículos hatchback y determinar la ubicación óptima de una planta de ensamblaje automotriz en Guatemala mediante técnicas de levantamiento de datos, modelado estadístico y análisis económico para comprender las preferencias del mercado, ajustar modelos de demanda, evaluar factores económicos y tomar decisiones informadas sobre la ubicación de la planta.
3. Diseñar un proceso de ensamblaje modular de dos modelos de vehículos automotrices para su implementación en una planta de producción automotriz mediante el uso de herramientas de simulación, análisis de procesos de producción y estimación de costos directos en el Laboratorio de Realidad Virtual de la Universidad del Valle de Guatemala.
4. Expandir la línea de ensamblaje de automóviles, basada en la aplicación ya creada en realidad virtual, Esto con la intención de poder mostrar de forma más completa la línea de ensamblaje propuesta para demostrar las capacidades productivas de las líneas automatizadas y su efectividad y beneficio como futura planta de ensamblaje.

5. Capítulo 1: Propuesta de análisis de inversión para el montaje de una planta de ensamblaje automotriz en Guatemala

5.1 Metodología

En el siguiente apartado se presentó la metodología dirigida para cada uno de los objetivos específicos planteados con anterioridad. Se describió todo el procedimiento, técnicas y herramientas necesarias para poder llevar a cabo los objetivos y así asegurar el éxito de este trabajo. Primero, fue esencial indicar que el presente proyecto tuvo un enfoque cuantitativo y cualitativo.

Fue cuantitativo debido a que se recolectaron y analizaron datos para realizar una evaluación financiera y llegar a conclusiones sobre el plan de inversión. Dado que los datos de este proyecto eran de tipo numérico, se obtuvieron conclusiones precisas. La recolección de estos datos numéricos sirvió para cumplir los objetivos específicos acerca de la determinación de costos y precios, y la identificación y evaluación de costos. Además, se utilizaron herramientas matemáticas para realizar cálculos numéricos y obtener los indicadores financieros necesarios para cumplir con el objetivo específico del retorno de la inversión. Se emplearon modelos financieros cuantitativos para realizar el análisis de sensibilidad del último objetivo específico.

Además, fue una investigación cualitativa, ya que se recopiló información con expertos en la industria automotriz y sobre el mercado automotriz en el país. Lamentablemente, en Guatemala solo había una planta automotriz inaugurada en el año 2023, por lo tanto, no se contaba con información abundante sobre cómo funciona una planta de ensamblaje automotriz en el país. Por ello, la determinación de los costos de maquinaria y elementos necesarios para la planta requirió de una investigación exhaustiva.

5.1.1 Elaboración de matriz de componentes necesarios

La principal herramienta para cumplir este objetivo fue la investigación y recolección de datos de fuentes primarias y secundarias, así como la asesoría especializada de ingenieros con experiencia en el desarrollo de plantas y empresas constructoras. Dado que en Guatemala no hay plantas de ensamblaje automotriz, el primer paso para lograr este objetivo fue sumergirse en un proceso exhaustivo de adquisición de conocimiento para obtener toda la información posible acerca de las plantas automotrices en el mundo.

La investigación se llevó a cabo a través de un enfoque integral que abarcó la revisión de literatura especializada, informes de la industria automotriz y análisis de casos de plantas similares a nivel internacional. Esta contextualización global permitió tener una base sólida

para determinar el funcionamiento de las plantas automotrices en el mundo y los elementos que deben tener para operar eficazmente.

Por lo tanto, se consideraron algunos de los componentes clave como el terreno, el costo aproximado del montaje de la planta y el equipo necesario para las operaciones, que incluyó maquinaria, herramientas y operarios altamente capacitados. Además, se determinó la necesidad de contar con todos los permisos legales de construcción y operación, asegurándose de cumplir con todas las regulaciones de la industria y con las normativas ambientales del país. En este aspecto, se incluyó la interacción con reguladores gubernamentales para obtener las aprobaciones necesarias y garantizar la conformidad con los requisitos legales y medioambientales en Guatemala. En cuanto a los actores principales, se identificaron los proveedores de materia prima, personal de ensamblaje y equipo de mantenimiento. Conocer a estos actores clave facilitó la gestión y la colaboración con ellos.

Una vez determinados los componentes necesarios, se llevó a cabo una investigación de costos mediante cotizaciones directas con proveedores locales e internacionales. Este proceso permitió evaluar las inversiones requeridas con precisión y ajustarse a los estándares económicos de la industria automotriz.

5.1.2 Estimación de costos

El segundo objetivo destacó la importancia de desarrollar una estimación de costos precisa para calcular el valor de la inversión para el montaje de la planta de ensamblaje automotriz en Guatemala, abarcando aspectos como los costos de terreno, montaje, maquinaria y operación. Esta evaluación detallada se llevó a cabo mediante la implementación de la herramienta de costeo basado en actividades, un enfoque estratégico que permitió una asignación más precisa de los recursos financieros.

El primer paso crucial para alcanzar este objetivo fue la determinación de los costos unitarios asociados con cada uno de los componentes previamente establecidos. Este análisis comprendió el costo del terreno donde se montaría la planta, el costo de construcción y los costos vinculados a permisos, licencias y cualquier otro gasto relacionado. La inclusión de estos elementos proporcionó una visión global de los costos iniciales necesarios para la construcción de la planta, garantizando una estimación realista y fundamentada.

Asimismo, se realizó una estimación de los costos de compra e instalación de la maquinaria, equipo de ensamblaje y herramientas necesarias, así como de la infraestructura específica para las líneas de producción y transporte interno. Paralelamente, se determinaron los costos asociados a la contratación de personal, incluyendo salarios, beneficios y otros gastos pertinentes.

Además de estos aspectos, en la estimación de costos se contemplaron los costos de la materia prima e insumos necesarios para la fabricación de los vehículos. En cuanto a los costos operativos, se estimaron los costos de los servicios públicos, mantenimiento de las instalaciones, seguros, impuestos y seguridad, entre otros.

Una vez determinados todos los costos asociados, se procedió a elaborar el costeo basado en actividades (ABC), una metodología que proporcionó una visión más detallada y precisa de la estructura de costos para la inversión inicial de la planta que abarca la construcción y puesta en marcha de la planta de ensamblaje automotriz en Guatemala. La implementación del costeo ABC implicó una serie de pasos clave que permitió una asignación eficiente de los recursos financieros.

En primera instancia, se identificaron todas las actividades que serían objeto de costos, asegurándose de que estuvieran estrechamente relacionadas con la inversión inicial. Estas actividades comprenden desde la adquisición del terreno, la fase de construcción, la instalación de maquinaria hasta las operaciones diarias necesarias para poner la planta en funcionamiento óptimo.

Posteriormente, se llevó a cabo la identificación de los costos directos e indirectos que estuviesen involucrada con la inversión inicial. La asignación de costos indirectos se realizó mediante la aplicación de bases específicas, asegurando una distribución proporcional y precisa de los costos que no se podían atribuir directamente a una actividad específica. Finalmente, se calculó el costo total mediante el costeo basado en actividades, proporcionando así una evaluación detallada de la inversión necesaria.

5.1.3 Evaluación económica

Una vez establecido el valor de la inversión, con todos los detalles de costos, se procedió con el tercer objetivo, que se centró en la determinación del retorno de inversión para la planta de ensamblaje automotriz. Para abordar este objetivo de manera efectiva, se siguió un proceso estructurado que permitió evaluar la viabilidad financiera y la rentabilidad a lo largo del tiempo.

En el primer paso, se llevó a cabo la elaboración de una proyección de los ingresos basada en la demanda proyectada de los vehículos en el mercado automotriz en Guatemala y el precio de venta previamente establecido.

El segundo paso fue la elaboración del flujo de efectivo proyectado, tomando en cuenta los ingresos calculados y la estimación de costos establecida en el objetivo anterior. Este flujo de efectivo proyectado abarcó diversos elementos como la inversión inicial, ingresos operativos, costos operativos, impuestos y depreciación. La inclusión de estos componentes proporcionó una representación precisa de la situación financiera de la planta

a lo largo del tiempo, permitiendo evaluar la capacidad de generar ingresos y la recuperación de la inversión inicial.

Como tercer paso, se realizó el análisis económico mediante la evaluación de diversas métricas financieras como la TIR (Tasa Interna de Retorno), VPN (Valor Presente Neto) y el periodo de recuperación. Estos indicadores desempeñaron un papel esencial en la evaluación de la viabilidad financiera y en la toma de decisiones estratégicas para la planta de ensamblaje automotriz en Guatemala. Para poder realizar este análisis, se calculó la TMAR (Tasa Mínima Atractiva de Retorno) para Guatemala, considerando la tasa libre de riesgo, la tasa de inflación y la tasa de riesgo del país.

En este análisis, se buscó que la TIR fuera mayor que la TMAR, indicando así la rentabilidad del proyecto. Además, se aspiró a que el valor presente neto fuera positivo, lo que sugeriría que los flujos de efectivo generados por la inversión superan los costos asociados. Estos dos criterios fueron fundamentales para considerar que la inversión era viable y adecuada para el entorno económico del país.

El último paso y el más crucial para este objetivo fue determinar el periodo de recuperación. Este indicador fue muy importante ya que indicó el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial realizada en la planta de ensamblaje automotriz. Un periodo de recuperación eficiente fue esencial para garantizar la estabilidad financiera y la sostenibilidad a largo plazo del proyecto, proporcionando claridad sobre la rapidez con la que se podrían obtener beneficios tangibles.

Por lo tanto, este enfoque integral en el análisis financiero, respaldado por indicadores clave, permitió a los responsables del proyecto tomar decisiones informadas y estratégicas, asegurando que la inversión no solo fuera viable en términos de rentabilidad, sino también en cuanto al tiempo en que se lograría la recuperación de la inversión inicial en la planta de ensamblaje automotriz.

5.1.4 Análisis de sensibilidad

Para llevar a cabo el cuarto objetivo, se realizó un análisis de sensibilidad financiera con el propósito de identificar y evaluar el impacto de cambios significativos en variables clave. Este análisis permitió desarrollar la planta de ensamblaje automotriz considerando escenarios variados.

En el primer paso, se determinaron las variables clave que se deseaban evaluar dentro del proyecto. Este proceso implicó la evaluación de los elementos que poseían un impacto significativo en la evaluación financiera del proyecto. Entre estas variables, se analizaron los costos de operación, los ingresos estimados, los impuestos de importación de la materia prima, entre otros factores importantes.

Una vez identificadas las variables clave, se definieron los rangos de variación para cada una de ellas y se eligió la medida de valor apropiada, como el valor presente, valor actual, la tasa mínima de retorno, entre otros. Los cálculos pertinentes se realizaron para cada uno de los parámetros utilizando la medida de valor seleccionada como base.

Con el objetivo de visualizar de manera eficiente las variaciones, se procedió a graficar cada parámetro o variable clave con la medida de valor correspondiente. Esta representación gráfica facilitó la comprensión de los cambios potenciales en función de diferentes escenarios.

5.2 Resultados

5.2.1 Determinación de actores y componentes clave para la planta de ensamblaje automotriz

5.2.1.1 Análisis y selección estratégica de la ubicación

El primer paso para identificar todos los costos asociados a la planta de ensamblaje automotriz fue determinar la ubicación ideal dentro del territorio nacional. La elección de la ubicación de las instalaciones implica entonces seleccionar un lugar geográfico adecuado para las operaciones de la empresa.

Para seleccionar el punto estratégico más adecuado para la planta, se elaboró una tabla de ponderación de factores. Esta herramienta permite comparar diversas alternativas de ubicación basándose en una serie de factores definidos previamente. Estos factores deben cumplir con las siguientes condiciones: primero deben de ser relevantes para la ubicación y segundo, el factor debe de impactar significativamente en la capacidad de la empresa para alcanzar sus objetivos. (Carro Paz & González Gómez, n.d.)

A continuación, se describe el proceso utilizado:

Paso 1: Definición de criterios:

Para seleccionar la ubicación ideal de la planta de ensamblaje automotriz en Guatemala, es fundamental evaluar diversos factores clave que impactarán en la viabilidad de las operaciones. Estos factores son:

- **Infraestructura vial:** La calidad y disponibilidad de carreteras e instalaciones industriales son esenciales para garantizar el transporte eficiente de materias primas y productos terminados. Una buena infraestructura vial facilita la logística interna y externa, lo que reduce tiempos de entrega y costos operativos, elementos cruciales para el éxito de la planta.
- **Acceso a servicios (energía y agua):** Contar con acceso confiable a electricidad y agua potable es vital para asegurar la continuidad operativa. La falta de estos servicios puede provocar interrupciones en la producción, por lo que es esencial que la ubicación de la planta esté en una zona con buen acceso a estos recursos.
- **Acceso a puertos:** La proximidad a puertos marítimos es clave para facilitar la importación de materias primas. Ubicar la planta cerca de puertos importantes minimiza los costos logísticos y reduce los tiempos de transporte internacional, lo cual es fundamental para mantener la competitividad en mercados globales.
- **Disponibilidad de mano de obra:** La presencia de una fuerza laboral capacitada en la región es esencial para garantizar el correcto funcionamiento de la planta. Evaluar la disponibilidad de trabajadores calificados y no calificados permite asegurar que la planta cuente con el personal necesario para operar de manera óptima.

Estos factores son determinantes para escoger una ubicación que minimice costos y asegure la sostenibilidad de la planta de ensamblaje automotriz a largo plazo en Guatemala (Carro Paz & González Gómez, n.d.).

Paso 2: Asignación de ponderaciones:

A cada criterio se le asignó un peso o ponderación como se observa en el cuadro 3, que refleja su importancia relativa para la ubicación ideal de la planta de ensamblaje automotriz. Se utilizó una escala de 1 a 10, siendo 1 el menos importante y 10 el más importante (Carro Paz & González Gómez, n.d.). A continuación, se presenta la justificación para cada ponderación asignada en la tabla:

Cuadro 3. Selección de ubicación para planta de ensamblaje

Factores	Ponderación
Infraestructura vial	9
Acceso a servicios (energía y agua)	10
Acceso a puertos	10
Disponibilidad de mano de obra	8

Fuente: Elaboración propia

- **Infraestructura vial (Ponderación 9):** La infraestructura vial es esencial para garantizar el transporte eficiente de materiales y productos. Una buena red de carreteras reduce tiempos de traslado y costos logísticos, lo que tiene un impacto directo en la competitividad de la planta. Se le asignó un valor de 9 debido a su gran importancia, aunque no es el factor más crítico.
- **Acceso a servicios (energía y agua) (Ponderación 10):** El acceso confiable a electricidad y agua potable es fundamental para las operaciones continuas de la planta. Cualquier interrupción en estos servicios podría afectar la producción, por lo que se le asignó también la máxima ponderación de 10. Además, dado que la planta es automatizada y utiliza en gran parte máquinas que requieren energía para operar, el acceso continuo a este servicio es aún más crítico para asegurar la continuidad de los procesos automatizados.
- **Acceso a puertos (Ponderación 10):** Dado que la planta dependerá de la importación de materia prima, la cercanía a puertos es crucial para minimizar los costos de transporte. Se le otorgó la máxima ponderación de 10, ya que es un factor crítico para la competitividad global de la planta. Además, la proximidad a los puertos permitirá una mayor agilidad en la cadena de suministro, facilitando tanto la importación de componentes como la posible exportación de vehículos ensamblados, lo cual refuerza la estrategia logística y comercial de la planta.

- Disponibilidad de mano de obra (Ponderación 8): La disponibilidad de una fuerza laboral calificada y no calificada es vital para el funcionamiento eficiente de la planta. Sin una cantidad adecuada de trabajadores, la planta no podría operar a su máxima capacidad, aunque es muy relevante se ponderó con un 8, ligeramente por debajo de otros factores más estratégicos.

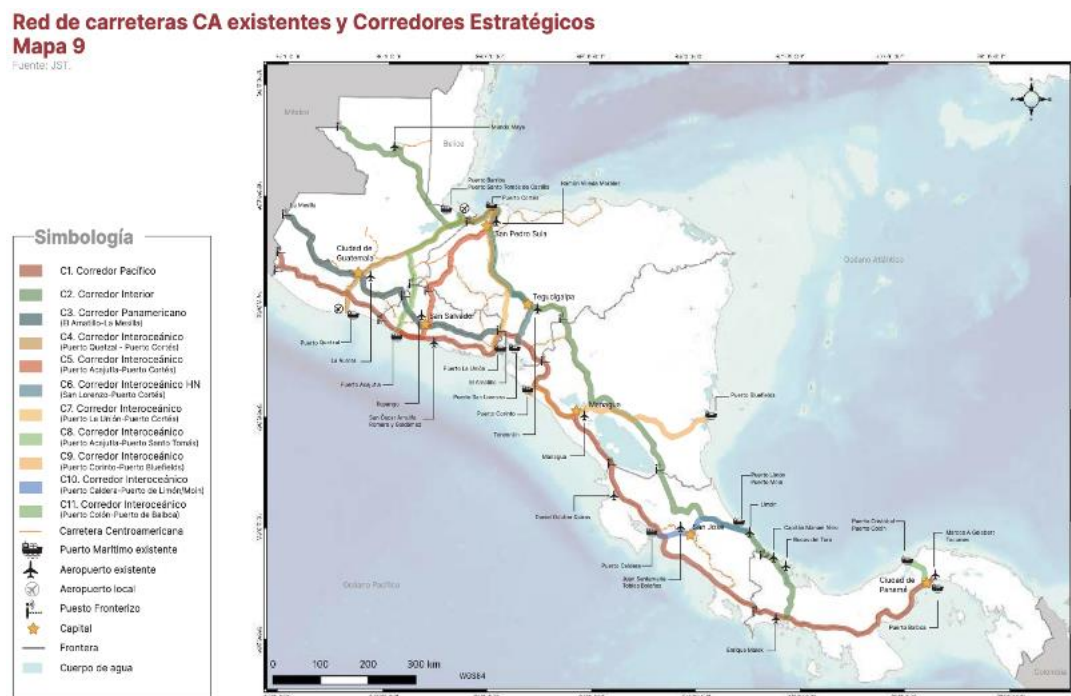
Paso 3: Análisis de alternativas

En este paso se evaluaron las distintas regiones en Guatemala según cuatro factores clave que influyen en la viabilidad de la planta de ensamblaje automotriz: infraestructura vial, acceso a servicios (energía y agua), acceso a puertos, y disponibilidad de mano de obra. A continuación, se presenta un análisis detallado de cada factor con una tabla comparativa para visualizar mejor los datos.

- **Infraestructura vial**
La infraestructura vial incluye la calidad y disponibilidad de carreteras y parques industriales, Este factor es crucial para garantizar el transporte eficiente de piezas y vehículos.

La SIECA detalla en el “Libro Maestro Regional 2035” las distintas vías principales de Guatemala para el desarrollo y fortalecimiento de las mismas para mejorar la movilidad en el país. Esta movilidad no solo se enfoca en el transporte interno, se extiende al territorio Centroamericano, cubriendo El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá.

Figura 3. Red de carreteras CA existentes y corredores estratégicos



Fuente: Libro Maestro Regional 2035 imdb, SIECA, JICA (2023)

El reporte de parques industriales elaborado por el Programa Nacional de Competitividad (PRONACOM) del Ministerio de Economía de Guatemala, en colaboración con Grupo Innovaterra, se detallan los parques industriales existentes en Guatemala. En el país, la mayor concentración de parques industriales se encuentra en las áreas cercanas a la Ciudad de Guatemala y en la región metropolitana. Los departamentos de Guatemala y Escuintla son los principales polos industriales debido a acceso a puertos, y proximidad a la capital.

- Ciudad de Guatemala y municipios cercanos: Zonas como Mixco, Villa Nueva, Amatitlán, y el Anillo Periférico concentran una alta cantidad de parques industriales. Estos parques tienen acceso cercano a la capital y están estratégicamente ubicados para facilitar el comercio y la logística.
- Escuintla: Esta región tiene una alta concentración de parques industriales debido a su cercanía con el Puerto Quetzal y la Carretera CA-9. Escuintla se ha desarrollado como un centro industrial clave para la manufactura y exportación, dado su acceso a la infraestructura vial y portuaria.
- Carretera al Atlántico (CA-9 Norte): Aunque en menor medida, esta área también ha experimentado un crecimiento en parques industriales debido a su conexión con el puerto de Santo Tomás de Castilla, en el departamento de Izabal.

Estas áreas concentran industrias clave, como la manufactura, textiles, alimentos y bebidas, y sectores relacionados con la logística y distribución, lo que convierte a Guatemala en un eje estratégico de comercio en la región centroamericana.

Figura 4. Agrupación territorial de parques industriales



Fuente: Parques industriales -PRONACOM

Con base en esta información, se realizó un cuadro comparativo para evaluar diferentes departamentos.

Cuadro 4. Comparativo de ventajas viales, parques industriales, y cercanía a puertos por departamento

Departamento	Ventaja de accesos	Infraestructura	Parques industriales
Guatemala	Es el centro industrial y logístico más desarrollado, con una densa red de carreteras y acceso al Corredor Pacífico (C1), conectando a la	Además de la cercanía a puertos importantes, cuenta con el Aeropuerto Internacional La Aurora y una conexión directa a las carreteras	Zona Franca Sadinsa, Centro Industrial para la Exportación, Zofraco/CROPA DSV, CONSIGNA, Parque Industrial Z.
	capital con Puerto Quetzal, y el Corredor Interoceánico (C4) que conecta los puertos importantes del Atlántico y Pacífico	principales, lo que lo convierte en el departamento mejor conectado.	Por la concentración de parques industriales y la cercanía a la capital, Guatemala es la región más avanzada en términos industriales y logísticos.
Escuintla	Es estratégico debido a su cercanía con Puerto Quetzal, el puerto más grande en la costa del Pacífico. Está conectado a la Carretera CA-9 (Carretera al	Cuenta con una fuerte presencia industrial y es clave para el comercio exterior, particularmente para la exportación.	Mauricio Pacífico, Michatoya Pacífico, Scali Centroamericana, Zona Libre Quetzal. - Es ideal para industrias

Departamento	Ventaja de accesos	Infraestructura	Parques industriales
	<p>Ventaja de accesos Pacífico), lo que le permite un flujo eficiente de mercancías hacia la capital y el sur del país.</p>		<p>orientadas a la exportación, especialmente por su proximidad al puerto. Es altamente competitivo, aunque no tan diversificado como Guatemala.</p>
Izabal	<p>Se destaca por su acceso al Puerto Santo Tomás de Castilla, uno de los puertos más importantes del país en el Atlántico. También forma parte del Corredor Interoceánico (C7), facilitando el transporte entre Guatemala y Honduras.</p>	<p>Aunque está más lejos de la capital, es fundamental para el comercio con el Caribe y Europa.</p>	<p>ZODISA, Santo Tomás de Castilla, Zona Libre de Industria y Comercio ZOLIC, Parque Industrial Quiriguá, Zona Libre Gualán. -</p> <p>Aunque está lejos de la capital, Izabal es crucial para el comercio marítimo internacional por su acceso al Atlántico. Es más especializado en la logística portuaria que Guatemala y Escuintla.</p>

Departamento	Ventaja de accesos	Infraestructura	Parques industriales
Chimaltenango	Tiene una infraestructura de carreteras decente que conecta con el occidente de Guatemala. Sin embargo, no cuenta con acceso directo a puertos ni con corredores estratégicos como los otros departamentos.	Es más agrícola y menos industrializado, con menos parques industriales.	No aparece listado en los grupos de parques industriales más importantes. Aunque no cuenta con una granconcentración de parques industriales, tiene proximidad a rutas clave que conectan con la Ciudad de Guatemala y el occidente del país. Su economía se basa más en la agricultura y pequeñas industrias. Es menos competitivo en comparación con los otros departamentos mencionados debido a la falta de infraestructura industrial a gran escala.
Santa Rosa	Está conectada por rutas hacia el oriente del país y	Su desarrollo industrial es más limitado en	No aparece listado en los grupos de

Departamento	Ventaja de accesos	Infraestructura	Parques industriales
	Salvador, pero no posee grandes infraestructuras portuarias ni acceso a los corredores industriales más importantes.	comparación con los otros departamentos.	parques industriales más importantes. Es menos desarrollado industrialmente, lo que lo hace menos competitivo en términos de infraestructura para parques industriales.
San Marcos	San Marcos se encuentra en la frontera con México y tiene un potencial comercial con dicho país, aunque su infraestructura no está tan desarrollada como la de Escuintla, en Guatemala.	Al ser un departamento más remoto, depende en gran parte de la agricultura y no tiene acceso directo a corredores clave o puertos marítimos importantes.	No aparece listado en los grupos de parques industriales más importantes. Está menos desarrollado que Guatemala, Escuintla, e Izabal en términos de parques industriales e infraestructura.

Fuente: Elaboración propia

- **Acceso a mano de obra**

En el documento "Guatemala en Cifras 2023", elaborado por el Banco de Guatemala, se destaca información importante sobre la población en edad para trabajar, que incluye tanto a los grupos económicamente activos como a los inactivos, ofreciendo una visión clara de cómo está compuesta la población en edad de trabajar, lo que es útil para hacer estudios sobre temas como la economía, la población y la planificación del empleo. Además, incluye datos acerca del nivel de alfabetismo, lo que permite evaluar la calidad de la mano de obra disponible en cada región.

Figura 5. Población censada en edad de trabajar total por departamento año 2018

DEPARTAMENTO	POBLACIÓN EN EDAD DE TRABAJAR	POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA (PEA)	POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE INACTIVA (PEI)
REPÚBLICA	9,928,561	5,020,548	4,908,013
1 Guatemala	2,208,202	1,336,435	871,767
2 El Progreso	122,703	61,433	61,270
3 Sacatepéquez	235,375	142,208	93,167
4 Chimaltenango	406,333	214,820	191,513
5 Escuintla	503,903	245,948	257,955
6 Santa Rosa	270,166	134,232	135,934
7 Sololá	282,335	141,334	141,001
8 Totonicapán	274,247	138,202	136,045
9 Quetzaltenango	548,868	271,906	276,962
10 Suchitepéquez	364,761	178,520	186,241
11 Retalhuleu	217,930	102,054	115,876
12 San Marcos	648,975	250,610	398,365
13 Huehuetenango	717,486	311,640	405,846
14 Quiché	580,371	263,396	316,975
15 Baja Verapaz	194,087	98,170	95,917
16 Alta Verapaz	742,889	354,404	388,485
17 Petén	347,416	166,708	180,708
18 Izabal	270,138	137,074	133,064
19 Zacapa	169,010	83,332	85,678
20 Chiquimula	268,989	115,801	153,188
21 Jalapa	220,149	113,835	106,314
22 Jutiapa	334,228	158,486	175,742

Fuente: Guatemala en cifras 2023

Figura 6. Alfabetismo por departamento, personas censadas mayores o igual a 7 años, año 2018

DEPARTAMENTO	ALFABETISMO	HOMBRES	MUJERES
REPÚBLICA	12,528,937	6,024,680	6,504,257
1 Guatemala	2,641,109	1,259,748	1,381,361
2 El Progreso	151,201	74,267	76,934
3 Sacatepéquez	287,301	139,876	147,425
4 Chimaltenango	517,360	247,482	269,878
5 Escuintla	623,009	309,869	313,140
6 Santa Rosa	336,320	165,054	171,266
7 Sololá	358,457	169,294	189,163
8 Totonicapán	350,819	162,093	188,726
9 Quetzaltenango	680,558	318,102	362,456
10 Suchitepéquez	463,564	226,155	237,409
11 Retalhuleu	274,349	133,099	141,250
12 San Marcos	848,315	407,872	440,443
13 Huehuetenango	946,716	444,572	502,144
14 Quiché	773,272	366,360	406,912
15 Baja Verapaz	248,176	118,718	129,458
16 Alta Verapaz	984,235	486,797	497,438
17 Petén	449,331	224,131	225,200
18 Izabal	342,614	168,619	173,995
19 Zacapa	209,192	101,786	107,406
20 Chiquimula	343,834	164,104	179,730
21 Jalapa	283,478	135,862	147,616
22 Jutiapa	415,727	200,820	214,907

Fuente: XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda 2018, Instituto Nacional de Estadística

Fuente: Guatemala en cifras 2023

Cuadro 5. Comparativo de disponibilidad de mano de obra

Departamento	Población en edad para trabajar	Alfabetismo	PEA	PEI	Observaciones
Guatemala	2,208,202	2,641,109	60.5 %	39.5 %	Departamento con la mayor cantidad de personas tanto en edad de trabajar como alfabetizadas. Con más del 60% de su población participando activamente en la economía y más de 2.6 millones de personas alfabetizadas, Guatemala tiene un gran dinamismo económico y educativo.
Escuintla	503,903	623,009	48.8 %	51.2 %	La participación económica está equilibrada entre personas activas e inactivas y más de 600,000 personas alfabetizadas. Su cercanía al puerto de Quetzal y a la capital le da un impulso en términos de empleo y acceso a la educación, lo que se refleja en su alto número de personas alfabetizadas de ambos géneros.

Departamento	Población en edad para trabajar	Alfabetismo	PEA	PEI	Observaciones
Izabal	270,138	342,614	50.7 %	49.3 %	Izabal muestra un equilibrio en su población activa y alfabetizada. Cuenta con una población menor en comparación con Guatemala y Escuintla. Su importancia como puerto en el Atlántico es clave tanto para la economía como para el acceso a la educación.
Chimaltenango	406,333	517,360	52.8 %	47.2 %	Tiene una tasa de participación económica estable y un buen nivel de alfabetización, con más de 500,000 personas alfabetizadas.
Santa Rosa	270,166	336,320	49.7 %	50.3 %	Santa Rosa tiene un balance casi exacto entre su población activa e inactiva, y su nivel de alfabetismo es moderado. Sin embargo, sigue siendo un departamento con retos en cuanto a la generación de oportunidades laborales y educativas.

Departamento	Población en edad para trabajar	Alfabetismo	PEA	PEI	Observaciones
San Marcos	648,975	848,315	38.6 %	61.4 %	Departamentos con la mayor cantidad de personas alfabetizadas fuera de la capital, pero tiene una baja tasa de participación económica, con más del 60% de su población en edad de trabajar inactiva. Este desequilibrio representa un desafío importante, ya que hay una gran cantidad de personas con educación, pero con acceso limitado al empleo.

Fuente: Elaboración propia

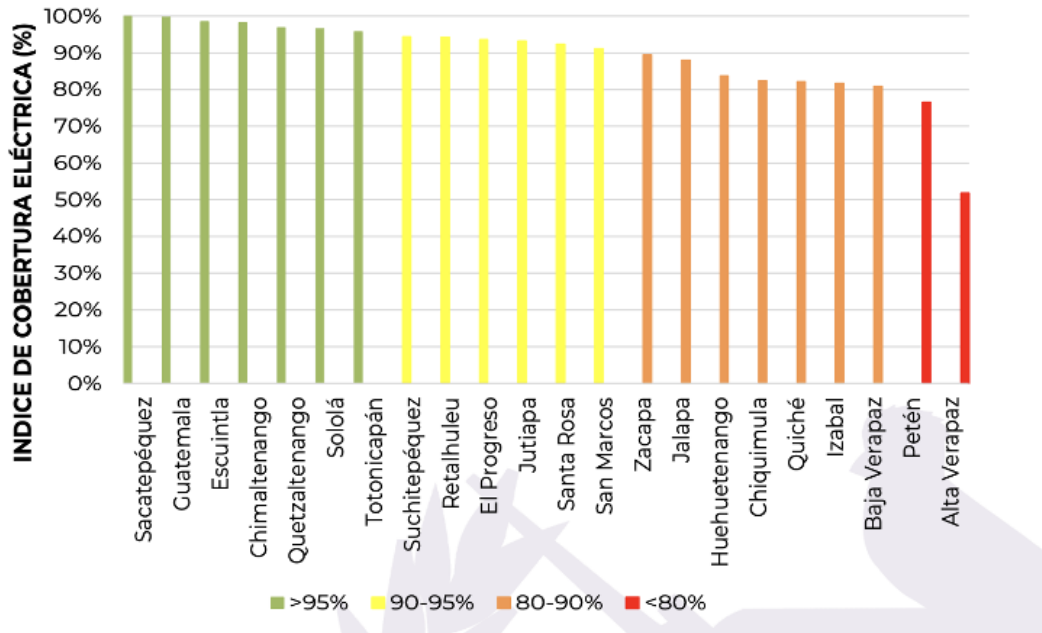
- Acceso a servicios (energía y agua)

Para llevar a cabo un análisis comparativo entre los diferentes departamentos en cuanto a acceso a servicios esenciales como electricidad y agua, se realizó una búsqueda exhaustiva de información relevante. Se consultaron informes clave como el "Índice de Cobertura Eléctrica 2022" proporcionado por el Ministerio de Energía y Minas de Guatemala, que ofrece un panorama detallado sobre la expansión de la red eléctrica en todo el país. Adicionalmente, se incluyó el informe del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) del 2023, que presenta un análisis sobre la cobertura de agua potable por municipio. Estos datos permiten evaluar el acceso a estos servicios en los departamentos seleccionados, un criterio crucial para la selección de la ubicación de la planta de ensamblaje automotriz.

El Ministerio de Energía y Minas de Guatemala, específicamente por la Unidad de Planeación Energético Minero (UPEM), se comparte el "Índice de Cobertura Eléctrica 2022" un informe sobre el acceso a la electricidad en Guatemala, destacando los avances en la expansión de la cobertura eléctrica a nivel nacional. Adicionalmente,

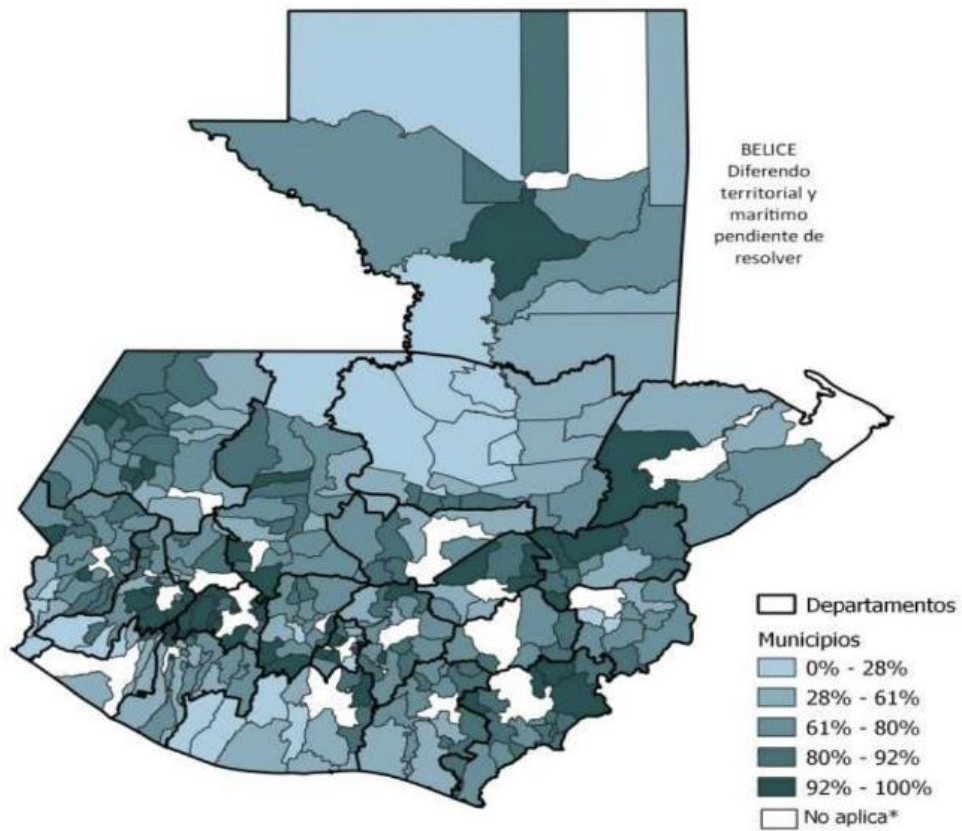
el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) en el año 2023 desarrollo el informe "Política Pública de Agua Potable y Saneamiento 2023-2035" donde visualizamos el acceso de agua potable por departamento.

Figura 7. Índice de cobertura eléctrica 2022



Fuente: Ministerio de energía y minas

Figura 8. Cobertura de agua para el consumo humano por municipio rural



Fuente: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social

Cuadro 6. Comparativo de acceso a servicios de agua y energía

Departamento	Índice de cobertura eléctrica	Acceso a agua
Guatemala	Mayor al 95%	Alta, La mayoría de los municipios del departamento la cobertura está entre el 80% y el 92%, con algunos municipios superando incluso el 92%
Escuintla	Mayor al 95%	Alta, la mayoría de sus municipios tienen cobertura entre el 80% y el 92%, con algunas áreas alcanzando entre el 92% y el 100%
Izabal	Entre 80-90%	Intermedia, con la mayoría de sus municipios en el rango del 61% al 80% de cobertura
Chimaltenango	Mayor al 95%	Alta, en su mayoría los municipios están en el rango del 80% al 92%, aunque algunos municipios tienen cobertura por debajo del 80%
Santa Rosa	Entre 90-95%	Intermedia, la mayoría de los municipios se encuentran entre el 61% y el 80% de cobertura.

Departamento	Índice de cobertura eléctrica	Acceso a agua
San Marcos	Entre 90-95%	Intermedia, la mayoría de los municipios tienen una cobertura que varía entre el 61% y el 80%, aunque algunos municipios están en el rango de 80% a 92%

Fuente: Elaboración propia

Paso 4: Evaluación de alternativas y cálculo de la puntuación total:

Cada uno de los departamentos considerados (Guatemala, Escuintla, Izabal, Chimaltenango, Santa Rosa, San Marcos) fue evaluado en una escala de 0 a 10 para cada factor, donde 10 indica la mejor calificación y 0 la peor. La puntuación total para cada departamento se obtuvo multiplicando la calificación de cada criterio por su respectiva ponderación y sumando los resultados. Esto permite identificar de manera cuantitativa cuál es la mejor opción de ubicación para la planta. La tabla resultante muestra las puntuaciones finales de cada departamento, facilitando la comparación y selección del lugar más adecuado para la construcción de la planta de ensamblaje automotriz.

Cuadro 7. Selección de ubicación para planta de ensamblaje

Factores	Ponderación	Alternativas					
		Guatemala	Escuintla	Izabal	Chimaltenango	Santa Rosa	San Marcos
Infraestructura Vial	9	9	10	7	7	6	5
Acceso a Servicios (Energía y Agua)	10	9	10	8	7	6	5
Acceso a puertos	10	7	10	9	5	5	4
Disponibilidad de mano de obra	8	10	9	7	8	6	7
Total		321	362	289	247	212	191

Fuente: Elaboración propia

Basado en los resultados obtenidos en el cuadro 7, Escuintla se posiciona como la mejor opción, alcanzando un puntaje total de 362, el más alto entre las alternativas evaluadas. Este departamento ofrece múltiples ventajas estratégicas que lo hacen ideal para el proyecto. En primer lugar, su cercanía con el Puerto Quetzal, el puerto más grande en la costa del Pacífico facilita tanto la importación de materiales como la exportación de los vehículos ensamblados, garantizando un flujo eficiente de mercancías.

Además, Escuintla cuenta con una infraestructura vial sólida, conectada a la Carretera CA-9 (Carretera al Pacífico), una de las rutas más importantes del país para el transporte de bienes. La presencia de parques industriales como la Zona Libre de Quetzal y Michatoya Pacífico agrega valor a la región, proporcionando áreas adecuadas para el desarrollo de actividades manufactureras y de exportación.

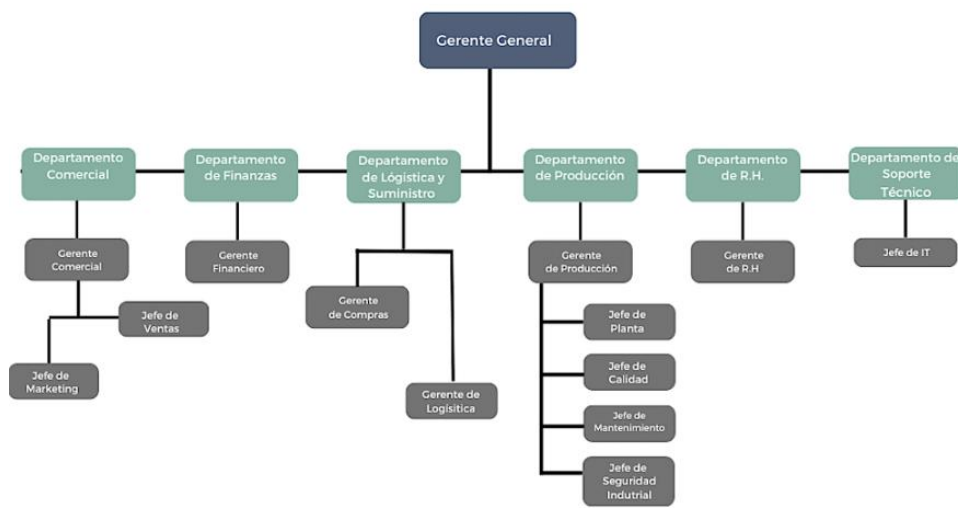
En términos de recursos humanos, Escuintla tiene una alta disponibilidad de mano de obra, con una población económicamente activa de 503,903 personas, de las cuales más de 600,000 personas son alfabetizadas, lo que refleja un alto nivel de calificación para desempeñar tanto funciones operativas como técnicas en la planta. Esta capacidad laboral es crucial para cubrir las necesidades operativas de la planta de ensamblaje, asegurando un suministro constante de trabajadores capacitados, lo que también contribuye a la reducción de costos asociados al reclutamiento y formación.

Finalmente, su acceso a servicios básicos como electricidad y agua es óptimo, con una cobertura superior al 95%, lo que asegura que la planta podrá operar de manera eficiente sin limitaciones en el suministro de estos servicios esenciales. Todos estos factores combinados posicionan a Escuintla como la opción más competitiva para la instalación de la planta de ensamblaje automotriz.

5.2.1.2 Estructura de personal

Para una planta de ensamblaje automotriz en Guatemala, es necesario contemplar un equipo administrativo que pueda gestionar las operaciones diarias y facilite la coordinación entre los diferentes departamentos. A continuación, se presenta un organigrama que ilustra la estructura jerárquica dentro del equipo administrativo y los principales departamentos que conforman la misma.

Figura 9. Organigrama del personal administrativo de la planta de ensamblaje automotriz en Guatemala



Fuente: Elaboración propia

El organigrama en la Figura 9, muestra los diferentes departamentos y los puestos clave únicamente a nivel de gerencia y jefatura. Cada departamento está liderado por un gerente, quien tiene la responsabilidad de supervisar su respectiva área de trabajo, mientras que los jefes de cada sección reportan directamente a su gerente.

5.2.1.3 Descripción de puesto

Cada departamento mostrado en la Figura 9, está compuesto por un equipo de trabajo especializado que colabora para alcanzar los objetivos de la planta. Por ello, a continuación, se presenta la descripción detallada de cada puesto de trabajo dentro de la planta, destacando sus principales responsabilidades y las funciones que cada uno desempeña. Asimismo, se justifica el salario base asignado a cada puesto, asegurando que esté alineado con los estándares salariales del mercado en Guatemala, de acuerdo con el nivel de responsabilidad e impacto que cada rol tiene dentro de la organización.

Gerencia General:

- **Gerente General:**
El Gerente General es la autoridad máxima dentro de la planta, responsable de supervisar todas las áreas operativas y estratégicas de la empresa. Este puesto es fundamental para garantizar que la planta funcione de manera eficiente y rentable, manteniendo una alineación entre las operaciones diarias y los objetivos a largo plazo de la organización. Estas responsabilidades son esenciales para el éxito de la planta, asegurando que la operatividad diaria esté alineada con la visión estratégica de la empresa (Espae, 2022).

Responsabilidades clave:

- Asegura que todos los departamentos (producción, finanzas, logística, recursos humanos, comercial, etc.) trabajen de manera eficiente y colaborativa para alcanzar los objetivos de la empresa.
- Desarrolla estrategias y políticas que impulsan el crecimiento de la planta, mejoran la rentabilidad y aseguran la sostenibilidad de la organización.
- Administra los recursos humanos, financieros y materiales para maximizar la productividad operativa.
- Representa a la planta frente a inversores, clientes importantes, proveedores y autoridades, asegurando relaciones sólidas y estratégicas que beneficien a la organización (Espae, 2022).

El sueldo base para el Gerente General es de Q35,000.00, acorde con la alta responsabilidad y el impacto estratégico que tiene este puesto en la operación de la planta (Sueldo: Gerente En Guatemala, Guatemala 2024, n.d.).

- Secretaria General:

La secretaria general desempeña un rol fundamental de apoyo en la planta, responsable de la gestión administrativa y de coordinar diversas tareas para asegurar el correcto funcionamiento operativo. Este puesto es esencial para brindar soporte directo al Gerente General y garantizar que las actividades diarias se ejecuten de manera adecuada.

Manteniendo el control sobre la documentación, la agenda del gerente y la coordinación de comunicaciones dentro de la empresa. Estas responsabilidades son esenciales para asegurar la operatividad diaria y el correcto flujo de información dentro de la organización (Carrillo, n.d.).

Responsabilidades clave:

- Gestiona la agenda del Gerente General, organizando citas, reuniones y compromisos para garantizar el cumplimiento de los plazos establecidos.
- Administra la documentación interna y externa, asegurando la correcta organización y archivo de informes, contratos y comunicaciones.
- Coordina las comunicaciones entre el Gerente General y los diferentes departamentos, facilitando un flujo de información eficiente y preciso.
- Brinda asistencia general en la preparación de reportes, presentaciones y otros documentos requeridos por la alta dirección.
- Gestiona proyectos administrativos menores que requieren seguimiento y coordinación puntual.

El sueldo base para la Secretaría General es de Q5,500.00, acorde con la

importancia de su rol en la gestión administrativa y su apoyo directo a la alta dirección. (Computrabajo Guatemala, n.d.)

Departamento

Comercial:

Este departamento está liderado por el gerente comercial quien es responsable de la dirección de las actividades de ventas y marketing. A su cargo, estarán el Jefe de Ventas y el Jefe de Marketing, quienes gestionan los equipos respectivos. El jefe de ventas lidera el equipo de ventas y a su cargo se encuentra un coordinador de ventas gestiona el desempeño del equipo y un asistente de ventas y atención al cliente brinda apoyo administrativo y seguimiento de pedidos. Por su parte, el jefe de marketing tiene a su cargo un especialista en marketing digital que gestiona campañas en línea y un diseñador gráfico que crea los materiales visuales.

- **Gerente**

Comercial:

El Gerente Comercial tiene a su cargo la planificación y ejecución de estrategias comerciales y de marketing que aseguran el crecimiento de la empresa y su posicionamiento en el mercado. Este puesto es clave para la definición de metas de ventas y el monitoreo del desempeño del equipo comercial. Además, es responsable de coordinar los esfuerzos de marketing y ventas para garantizar que se logren los objetivos de la organización (UNIR México, 2024).

Responsabilidades clave:

- Desarrolla y supervisa las estrategias de ventas y marketing.
- Define las metas comerciales y asegura su cumplimiento por parte del equipo de ventas.
- Colabora con el jefe de Ventas y el jefe de Marketing para coordinar campañas y esfuerzos comerciales.
- Monitorea el desempeño del equipo comercial y ajusta las estrategias cuando sea necesario.
- Representa a la empresa en negociaciones clave con clientes importantes.

El sueldo base para el Gerente Comercial es de Q20,000.00, acorde con la alta responsabilidad del cargo y la necesidad de coordinar las estrategias comerciales de la empresa (Ocupación Y Salario, n.d.).

- **Jefe de Ventas:**

El jefe de Ventas lidera al equipo de ventas y asegura que las metas comerciales sean alcanzadas. Su función es crítica para mantener relaciones sólidas con los clientes y garantizar que los productos y servicios ofrecidos por la empresa lleguen a los mercados objetivo de manera efectiva (ESIC Business & Marketing School, n.d.).

Responsabilidades clave:

- Coordina y lidera el equipo de ventas.
- Establece y supervisa el cumplimiento de los objetivos de ventas.
- Mantiene relaciones sólidas y duraderas con los clientes clave.
- Realiza un seguimiento de las métricas de ventas y prepara reportes para el Gerente Comercial.
- Desarrolla estrategias para expandir la presencia de la empresa en el mercado.

El sueldo base para el jefe de Ventas es de Q15,000.00, acorde con las responsabilidades de liderazgo y coordinación del equipo de ventas (Sueldo: Gerente De Ventas En Guatemala 2024, n.d.).

- Coordinador de Ventas:
El Coordinador de Ventas gestiona el desempeño del equipo de ventas y brinda apoyo logístico y administrativo para asegurar que las metas comerciales se cumplan de manera eficiente. Es responsable de analizar las ventas y ofrecer recomendaciones para optimizar el proceso de ventas (Consultora de Recursos Humanos, AVANSEL, 2024).

Responsabilidades clave:

- Monitorea el desempeño del equipo de ventas.
- Brinda apoyo administrativo y logístico al equipo de ventas.
- Analiza los datos de ventas y sugiere mejoras.
- Coordina la implementación de estrategias para mejorar el desempeño comercial.
- Asegurar la adecuada gestión de los pedidos de los clientes.

El sueldo base para el Coordinador de Ventas es de Q11,000.00, acorde con las tareas de coordinación y análisis del desempeño del equipo de ventas (Computrabajo Guatemala, n.d.).

- Asistente de Ventas y Atención al Cliente:
El Asistente de Ventas y Atención al Cliente brinda apoyo administrativo y se encarga de hacer un seguimiento de los pedidos de los clientes. Su función es vital para garantizar una experiencia de compra fluida y eficiente, así como para asistir al equipo de ventas en tareas operativas (Unir, 2024).

Responsabilidades clave:

- Brinda apoyo administrativo al equipo de ventas.
- Hace seguimiento de los pedidos de los clientes y garantiza que se procesen correctamente.
- Proporciona atención al cliente y resuelve inquietudes.
- Apoya en la gestión de la documentación comercial.

- Colabora con el equipo para asegurar la satisfacción del cliente.

El sueldo base para el Asistente de Ventas y Atención al Cliente es de Q4,500.00, acorde con el apoyo administrativo y la responsabilidad de seguimiento de pedidos de clientes (Computrabajo Guatemala, n.d.).

- Jefe de Marketing:
El jefe de Marketing es responsable de desarrollar estrategias de marketing para aumentar la visibilidad de la marca y posicionar a la empresa en el mercado. Este puesto es clave para diseñar y ejecutar campañas que promuevan los productos y servicios de la empresa de manera efectiva (Tuñón, 2023).

Responsabilidades clave:

- Desarrolla estrategias de marketing para aumentar la visibilidad de la marca.
- Supervisa la creación e implementación de campañas publicitarias.
- Colabora con el equipo de ventas para asegurar que las estrategias de marketing estén alineadas con los objetivos comerciales.
- Monitorea las tendencias del mercado y ajusta las estrategias de marketing en consecuencia.
- Gestiona el equipo de marketing digital y diseño gráfico.

El sueldo base para el jefe de Marketing es de Q15,000.00, acorde con la responsabilidad de desarrollar e implementar estrategias de marketing que aseguren el crecimiento de la empresa (*Ocupación Y Salario*, n.d.).

- Especialista en Marketing Digital:
El Especialista en Marketing Digital es responsable de la gestión de las campañas en línea, incluidas las estrategias de redes sociales y publicidad en medios digitales. Su función es esencial para posicionar la empresa en el entorno digital y asegurar que las campañas sean efectivas (Especialista En Marketing Digital: Funciones, Salario Y Formación, n.d.).

Responsabilidades clave:

- Gestiona campañas digitales en redes sociales y motores de búsqueda.
- Optimiza estrategias de SEO/SEM para mejorar la visibilidad en línea.
- Monitorea el desempeño de las campañas digitales y ajusta las estrategias según sea necesario.
- Colabora con el equipo de marketing para asegurar que las campañas en línea estén alineadas con los objetivos comerciales.
- Analiza datos de marketing digital para medir el impacto y efectividad de las campañas.

El sueldo base para el Especialista en Marketing Digital es de Q8,000.00, acorde con

las habilidades técnicas requeridas para gestionar campañas en línea y optimizar la presencia digital de la empresa (Ocupación Y Salario, n.d.).

- Diseñador Gráfico:
El Diseñador Gráfico es responsable de crear los materiales visuales que apoyan las campañas de marketing y la comunicación de la empresa. Su trabajo incluye el diseño de folletos, anuncios, contenido digital y otros elementos gráficos que fortalecen la identidad de la marca (MarcosNew, 2024).

Responsabilidades clave:

- Diseña materiales visuales para campañas publicitarias y de marketing.
- Crea contenido gráfico para redes sociales y medios digitales.
- Desarrolla la identidad visual de la marca en colaboración con el equipo de marketing.
- Asegurar que todos los materiales gráficos estén alineados con la estrategia de marca.
- Colabora con el equipo para crear piezas visuales que promuevan los productos y servicios de la empresa.

El sueldo base para el Diseñador Gráfico es de Q6,000.00, acorde con la importancia de su rol en la creación de materiales visuales que apoyan las estrategias de marketing de la empresa (Sueldo: Graphic Designer En 2024, n.d.).

Departamento

Financiero:

Este departamento gestiona los recursos económicos de la empresa, asegurando la estabilidad financiera y que la misma cumpla con todas las normativas fiscales. El gerente financiero lidera la planificación y supervisa al equipo, mientras que el contador general maneja la contabilidad y los informes financieros. A su cargo tiene dos auxiliares contables, quienes registran transacciones y apoyan en el control de cuentas.

- Gerente Financiero
El Gerente Financiero es responsable de liderar la planificación financiera de la empresa y de garantizar su estabilidad económica a largo plazo. Este puesto clave implica la gestión de presupuestos, análisis financieros y la supervisión del equipo contable para asegurar que la empresa cumpla con todas las obligaciones fiscales y legales (De Negocios Isec, 2024).

Responsabilidades clave:

- Planifica y supervisa las estrategias financieras de la empresa.
- Gestiona los presupuestos y asegura una distribución eficiente de los recursos económicos.
- Realiza análisis financieros para evaluar la viabilidad de proyectos y optimizar la rentabilidad.

- Supervisa el cumplimiento de las normativas fiscales y las obligaciones tributarias de la empresa.
- Colabora con otros departamentos para optimizar el uso de los recursos financieros.

El sueldo base para el Gerente Financiero es de Q20,000.00, acorde con la alta responsabilidad de supervisar la estabilidad financiera y las estrategias económicas de la empresa (Ocupación Y Salario, n.d.).

- Contador General
El Contador General es el responsable directo de la contabilidad de la empresa, asegurando que todas las transacciones financieras sean registradas de manera precisa y oportuna. También elabora los informes financieros y realiza auditorías internas para mantener la transparencia y el cumplimiento de las normativas fiscales (Microfinanzas, 2023).

Responsabilidades clave:

- Lleva el control de la contabilidad de la empresa, registrando todas las transacciones financieras.
- Prepara y presenta los estados financieros y reportes contables a la dirección.
- Realiza auditorías internas para asegurar la precisión de los registros financieros.
- Supervisa el cumplimiento de las normativas fiscales y las obligaciones tributarias.
- Colabora con el Gerente Financiero para garantizar una contabilidad ordenada y precisa.

El sueldo base para el Contador General es de Q10,000.00, acorde con la importancia de su rol en la gestión contable y la preparación de informes financieros de la empresa (Ocupación Y Salario, n.d.).

- Auxiliares Contables
Los Auxiliares Contables son responsables de registrar y verificar las transacciones financieras diarias de la empresa, apoyando al contador general en la gestión de las cuentas y garantizando la precisión de los registros financieros. Este puesto es esencial para el control interno y la correcta contabilización de todas las operaciones (Randstad, 2024).

Responsabilidades clave:

- Registran y clasifican las transacciones financieras diarias.
- Verifican la exactitud de las facturas, recibos y otras transacciones financieras.
- Apoyan en la preparación de los estados financieros.
- Colaboran en la reconciliación de cuentas y el control de los balances.
- Asisten en las auditorías internas y externas.

El sueldo base para los Auxiliares Contables es de Q7,500.00, acorde con su rol en la gestión de las transacciones financieras y el apoyo en el control de cuentas de la

empresa (Ocupación Y Salario, n.d.).

Departamento de Compras:

El gerente de compras lidera este departamento y es encargado de gestionar las adquisiciones y negociar con proveedores clave para asegurar el abastecimiento de materias primas. El coordinador y analista de compras apoya en la planificación, analiza precios y proveedores, mientras que el asistente de compras maneja tareas administrativas, seguimiento de órdenes y logística de recepción.

- Gerente de compras
El Gerente de Compras es responsable de liderar y supervisar todas las actividades relacionadas con la adquisición de materias primas y suministros necesarios para la operación de la planta. Su principal tarea es negociar con proveedores clave para obtener las mejores condiciones en cuanto a precio, calidad y plazos de entrega, asegurando el abastecimiento constante de los insumos críticos para la producción (Unir, 2023).

Responsabilidades clave:

- Gestiona y supervisa el proceso de adquisiciones para la empresa.
- Negocia con proveedores estratégicos para obtener condiciones óptimas en precios y tiempos de entrega.
- Asegura que las materias primas y los insumos se reciban en tiempo y forma para mantener la continuidad de la producción.
- Evalúa el desempeño de los proveedores y su cumplimiento con los estándares de la empresa.
- Colabora con otros departamentos para asegurar que los productos adquiridos cumplan con los requisitos de calidad.

El sueldo base para el Gerente de Compras es de Q15,000.00, acorde con su responsabilidad en gestionar las adquisiciones de la empresa y negociar con proveedores clave (Computrabajo Guatemala, n.d.).

- Coordinador y analista de compras
El Coordinador y Analista de Compras es responsable de apoyar al gerente en la planificación de las adquisiciones y en la evaluación de precios y proveedores. Su rol es clave para optimizar los costos de compra y garantizar que los proveedores seleccionados cumplan con los estándares de calidad y entrega de la empresa (De Michelin Connected Fleet & De Michelin Connected Fleet, 2021).

Responsabilidades clave:

- Realiza análisis de precios y evalúa el desempeño de los proveedores.
- Apoya en la planificación de las compras para asegurar un flujo adecuado de insumos.

- Asegura que los proveedores seleccionados cumplan con los tiempos de entrega y la calidad requerida.
- Colabora en la creación de estrategias de adquisición que optimicen costos y tiempos de entrega.
- Coordina la comunicación entre el equipo de compras y los proveedores para resolver problemas operativos.

El sueldo base para el Coordinador y Analista de Compras es de Q10,000.00, acorde con su función en la optimización de las adquisiciones y la evaluación de proveedores (Computrabajo Guatemala, n.d.).

- Asistente de Compras
El Asistente de Compras es responsable de gestionar las tareas administrativas y logísticas relacionadas con el proceso de adquisiciones. Su trabajo incluye el seguimiento de las órdenes de compra, la coordinación de la recepción de materiales, y la organización y archivo de toda la documentación relacionada con el área de compras (Euroinnova International Online Education, 2024).

Responsabilidades clave:

- Realiza tareas administrativas relacionadas con las adquisiciones, incluyendo la preparación y seguimiento de órdenes de compra.
- Coordina la logística de recepción de materiales y asegura que los productos sean entregados según lo planificado.
- Organiza y gestiona la documentación y el archivo de los contratos y acuerdos con proveedores.
- Apoya al equipo de compras en la resolución de problemas logísticos o de entrega.
- Colabora con los proveedores para asegurar el cumplimiento de los acuerdos y plazos.

El sueldo base para el Asistente de Compras es de Q6,000.00, acorde con su rol administrativo y logístico en el área de adquisiciones (Computrabajo Guatemala, n.d.).

Departamento de logística:

Este departamento está liderado por el gerente de Logística, encargado de gestionar la cadena de suministro, coordinar la distribución y asegurar el transporte eficiente de vehículos producidos. El coordinador de Distribución apoya en la planificación de rutas a los centros de distribución y supervisa las entregas.

- Gerente de logística
El Gerente de Logística es el encargado de liderar todas las operaciones logísticas de la empresa, desde la adquisición de materias primas hasta la distribución de los vehículos terminados. Su responsabilidad incluye garantizar que la cadena de suministro funcione de manera fluida y que los vehículos lleguen a su destino de manera eficiente y oportuna, optimizando tanto los costos como los tiempos de entrega (Business School Barcelona, 2023).

Responsabilidades clave:

- Gestiona y optimiza la cadena de suministro, asegurando el abastecimiento de materiales y la entrega eficiente de productos terminados.
- Coordina la distribución de los vehículos a los diferentes centros de distribución y clientes.
- Supervisa y optimiza las operaciones de transporte y almacenamiento para garantizar la rentabilidad del proceso logístico.
- Evalúa y selecciona proveedores de servicios de transporte para asegurar la calidad y confiabilidad de las entregas.
- Colabora con otros departamentos, como compras y producción, para asegurar la disponibilidad de productos y materiales en todas las etapas.

El sueldo base para el Gerente de Logística es de Q15,000.00, acorde con su responsabilidad en la gestión integral de la cadena de suministro y la distribución eficiente de los vehículos producidos (Ocupación Y Salario, n.d.).

- Coordinador de distribución
El Coordinador de Distribución apoya al Gerente de Logística en la planificación de rutas y la coordinación de las entregas. Es responsable de asegurar que los vehículos producidos lleguen a los centros de distribución o a los clientes en tiempo y forma, supervisando cada etapa del proceso de distribución (Consultora de Recursos Humanos, AVANSEL, 2024).

Responsabilidades clave:

- Planifica rutas de distribución para optimizar tiempos y costos de entrega.
- Supervisa el transporte de los vehículos, asegurándose de que los tiempos de entrega se cumplan.
- Monitorea el estado de los envíos, gestionando cualquier inconveniente que pueda surgir durante el transporte.
- Colabora con proveedores de transporte para garantizar que los servicios sean puntuales y eficientes.

- Coordina la logística diaria de entregas y optimiza los procesos para mejorar el funcionamiento operativo.

El sueldo base para el Coordinador de Distribución es de Q10,000.00, acorde con su función en la planificación y supervisión de las operaciones de distribución, y su impacto en el cumplimiento de los tiempos de entrega (Sueldo: Logistics Coordinator En Guatemala 2024, n.d.).

Departamento de Producción:

El Departamento de Producción está liderado por el Gerente de Producción, quien supervisa todo el proceso productivo de la planta. Este departamento es crucial para garantizar que la producción automotriz se realice de manera eficiente y cumpla con los estándares de calidad y seguridad. El Gerente de Producción tiene bajo su mando a varios jefes de área, incluidos el jefe de Planta, Jefe de Calidad, Jefe de Mantenimiento y el Jefe de Seguridad Industrial, cada uno encargado de diferentes aspectos de la producción y la gestión de recursos humanos en el área de operaciones.

- Jefe de planta
El jefe de Planta es responsable de gestionar las operaciones diarias en la planta de producción. Su labor consiste en coordinar el trabajo de 4 Supervisores de Planta, quienes supervisan directamente a los 40 Operarios en el piso de producción. Su rol es clave para garantizar que todas las actividades de producción se realicen conforme a los estándares de seguridad, asegurando la máxima productividad.

Cuadro 8. Operarios por operación

Operación	Tipo de trabajador	Cantidad
Corte	Operario	32
Preparación de materia prima	Supervisor	1
Revisión de materia prima	Supervisor	1
Traslado a área de ensamble	Supervisor	1
Colocación de cableado eléctrico	Operario	1
Colocación y atornillado de motor	Operario	1
Colocación de tablero interior	Operario	4
Colocación de luces	Operario	2
Inspección final	Supervisor	1
TOTAL		44

Fuente: Elaboración propia con base en los datos del trabajo “Romero Casasola, L. D. (2023). *Diseño de dos escenarios de un ensamble automotriz que compare procesos de producción tradicionales y automatizados para su programación en una aplicación didáctica en realidad virtual para el Laboratorio de Diseño de Procesos en la Universidad del Valle de Guatemala*. Trabajo de graduación en modalidad de megaproyecto tecnológico, Universidad del Valle de Guatemala.”

Responsabilidades clave:

- Coordina las operaciones diarias en la planta, supervisando la ejecución eficiente de los procesos.
- Gestiona al equipo de supervisores para asegurar que las operaciones se realicen según lo planificado.
- Colabora con otros departamentos, como calidad y mantenimiento, para mantener el funcionamiento operativo.

El sueldo base para el jefe de Planta es de Q11,000.00, acorde con su responsabilidad en la supervisión del personal y la operación eficiente de la planta (Ocupación Y Salario, n.d.).

- Supervisores
Los Supervisores de Planta están a cargo de la supervisión directa de los operarios en el piso de producción. Su función principal es asegurar que los operarios cumplan con sus tareas de manera eficiente, siguiendo los procedimientos establecidos para garantizar la calidad y seguridad en la producción.

Responsabilidades clave:

- Supervisan las actividades diarias de los operarios, asegurando que sigan los estándares de producción.
- Monitorean la calidad del trabajo realizado en el área de producción.

- Colaboran con el jefe de Planta para resolver cualquier problema operativo.

El sueldo base para los Supervisores de Planta es de Q6,976.00, acorde con su rol en la supervisión directa de las operaciones diarias (Sueldo: Supervisor En Guatemala 2024, n.d.).

- Operarios

Los Operarios son responsables de realizar las tareas específicas en el proceso de ensamblaje de los vehículos. Su trabajo incluye desde el corte de piezas hasta la instalación de componentes como cableado eléctrico, motor, luces, y tablero interior. Estas tareas son fundamentales para garantizar que el vehículo sea ensamblado de manera correcta y eficiente.

Responsabilidades clave:

- Ejecutan tareas específicas dentro del proceso de ensamblaje automatizado.
- Operan las máquinas y herramientas necesarias para completar el proceso de producción.
- Aseguran que cada operación cumpla con los estándares de calidad establecidos.

El sueldo base para los Operarios es de Q3,227.82, acorde con su rol en el ensamblaje directo de los vehículos, y está ajustado según el salario mínimo vigente establecido por el Ministerio de Trabajo de Guatemala para actividades no agrícolas en 2024

- Jefe de Calidad

El jefe de calidad tiene la responsabilidad de asegurar que todos los productos cumplan con los estándares de calidad establecidos por la empresa. Supervisa el trabajo del Supervisor de Calidad, quien verifica que cada etapa del proceso de producción cumpla con los criterios de calidad y seguridad (Nacional, 2018) .

Responsabilidades clave:

- Supervisa la calidad de los productos durante todo el proceso de ensamblaje.
- Colabora con el equipo de producción para corregir cualquier desviación en los estándares de calidad.
- Realiza auditorías periódicas para asegurar que se cumplan los objetivos de calidad.

El sueldo base para el jefe de Calidad es de Q10,000.00, acorde con su responsabilidad en la supervisión y garantía de la calidad en la planta (Ocupación Y Salario, n.d.).

- Supervisor de Calidad

El Supervisor de Calidad trabaja en conjunto con el jefe de Calidad para verificar que cada etapa del proceso de producción cumpla con los estándares de calidad y seguridad. Realiza inspecciones periódicas para identificar cualquier posible problema y asegura que las soluciones se implementen de manera efectiva (Labsoft, 2024).

Responsabilidades clave:

- Inspecciona y monitorea las actividades de producción para asegurar el cumplimiento de los estándares de calidad.
- Colabora con el equipo de producción para resolver problemas relacionados con la calidad.
- Asegura que cada producto final cumpla con los requisitos de los clientes y los estándares de la empresa.

El sueldo base para el Supervisor de Calidad es de Q7,000.00, acorde con su función en la supervisión de la calidad y su impacto en el proceso productivo (Computrabajo Guatemala, n.d.).

- Jefe de mantenimiento
El Jefe de Mantenimiento supervisa el mantenimiento de todas las máquinas y equipos en la planta. Está encargado de garantizar que las máquinas funcionen correctamente, lo cual es esencial para prevenir interrupciones en la producción. El jefe de Mantenimiento trabaja con un equipo de Técnicos de Mecánica para llevar a cabo reparaciones y mantenimiento preventivo (Admin, 2024).

Responsabilidades clave:

- Supervisa las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de las máquinas en la planta.
- Colabora con los técnicos de mecánica para asegurar que el equipo funcione de manera eficiente.
- Monitorea el estado de las máquinas y anticipa posibles fallas para evitar tiempos de inactividad.

El sueldo base para el jefe de Mantenimiento es de Q10,000.00, acorde con su rol en la supervisión del mantenimiento y el aseguramiento del correcto funcionamiento de la maquinaria (Computrabajo Guatemala, n.d.).

- Técnico de mecánica
El Técnico de Mecánica es responsable de realizar las reparaciones y el mantenimiento preventivo de las máquinas en la planta. Su función es crucial para evitar fallos en el equipo y garantizar la continuidad operativa de la planta de producción.

Responsabilidades clave:

- Realiza reparaciones y mantenimiento preventivo de las máquinas de la planta.
- Colabora con el jefe de Mantenimiento para asegurar que las máquinas operen de manera eficiente.
- Diagnostica problemas en los equipos y los repara de manera oportuna.

El sueldo base para el Técnico de Mecánica es de Q5,000.00, acorde con su rol en el mantenimiento de las máquinas y su impacto en la producción (Ocupación y Salario, n.d.).

- Jefe de Seguridad Industrial
El jefe de Seguridad Industrial se encarga de implementar las políticas de seguridad en la planta, asegurando que los empleados sigan las normativas de seguridad ocupacional para evitar accidentes. Supervisa el trabajo del Supervisor de Seguridad Industrial, quien monitorea el cumplimiento de las normativas en el día a día (Indeed, 2024).

Responsabilidades clave:

- Implementa y supervisa las políticas de seguridad en la planta.
- Asegura que los empleados sigan las normativas de seguridad ocupacional.
- Realiza inspecciones regulares para identificar y mitigar riesgos potenciales.

El sueldo base para el jefe de Seguridad Industrial es de Q10,000.00, acorde con su función en la seguridad y el cumplimiento de las normativas de seguridad en la planta (Ocupación y Salario, n.d.).

- Supervisor de seguridad industrial

El Supervisor de Seguridad Industrial trabaja junto al jefe de Seguridad Industrial para monitorear el cumplimiento de las normas de seguridad en la planta. Su función es asegurar que todos los operarios y personal en la planta sigan las normativas y protocolos de seguridad establecidos (Guía Práctica Del Supervisor de Seguridad Industrial, n.d.).

Responsabilidades clave:

- Monitorea el cumplimiento de las normas de seguridad en todas las áreas de la planta.
- Colabora con el jefe de Seguridad para implementar medidas de seguridad adicionales.
- Realiza inspecciones diarias para garantizar un ambiente de trabajo seguro.

El sueldo base para el Supervisor de Seguridad Industrial es de Q7,500.00, acorde con su rol en la supervisión de la seguridad en la planta (Ocupación Y Salario, n.d.).

Departamento de Recursos humanos:

El gerente de recursos humanos, lidera este departamento y es responsable de supervisar todo lo relacionado con la gestión del personal, incluyendo la contratación, bienestar de los empleados y cumplimiento de normativas laborales. Bajo su cargo está el coordinador de formación y desarrollo quien se enfoca en diseñar e implementar programas de capacitación para mejorar las habilidades y el desarrollo profesional de los trabajadores.

- Gerente de Recursos Humanos
El Gerente de Recursos Humanos lidera este departamento y es responsable de supervisar todos los aspectos relacionados con la gestión del personal. Su función incluye la contratación, gestión del bienestar de los empleados y asegurar el cumplimiento de todas las normativas laborales vigentes. Además, el gerente es el encargado de desarrollar políticas de recursos humanos que fomenten un ambiente laboral positivo y productivo (Unir, 2024).

Responsabilidades clave:

- Gestiona todo el proceso de contratación, desde la selección hasta la incorporación de nuevos empleados.
- Supervisa el bienestar de los empleados, asegurando que se cumplan las normativas de seguridad y bienestar laboral.
- Desarrolla e implementa políticas de recursos humanos que promuevan la satisfacción y el crecimiento profesional de los empleados.
- Garantiza el cumplimiento de las normativas laborales y mantiene una comunicación constante con el equipo de gestión para implementar mejoras en la gestión del personal.
- Coordina la evaluación del desempeño de los empleados y fomenta la cultura organizacional.

El sueldo base para el Gerente de Recursos Humanos es de Q20,000.00, acorde con la responsabilidad de supervisar toda la gestión del personal y asegurar el bienestar de los empleados (Ocupación Y Salario, n.d.).

- Coordinador de formación y desarrollo
El Coordinador de Formación y Desarrollo tiene la tarea de diseñar e implementar programas de capacitación para mejorar las habilidades y el desarrollo profesional de los trabajadores. Su función es crucial para asegurar que el personal esté actualizado con las competencias necesarias para cumplir con los objetivos de la empresa (Colmenares, 2024).

Responsabilidades clave:

- Diseña y ejecuta programas de formación que ayuden al desarrollo de los empleados.
- Evalúa las necesidades de capacitación del personal y ajusta los programas de desarrollo profesional en función de estas.
- Supervisa el impacto de los programas de formación en la mejora del rendimiento y las habilidades de los trabajadores.
- Trabaja en conjunto con los gerentes de departamento para identificar áreas de mejora y capacitación en sus equipos.

El sueldo base para el Coordinador de Formación y Desarrollo es de Q7,000.00, acorde con su responsabilidad en la capacitación y desarrollo continuo del personal

(Computrabajo

Guatemala,

n.d.).

Departamento

de

IT:

El Departamento de Tecnologías de la Información, mejor conocido como IT por sus siglas en inglés, está dirigido por el jefe de IT, quien supervisa no sólo la infraestructura tecnológica relacionada con las computadoras y sistemas de red en el área administrativa, sino también la correcta conexión y funcionamiento de las máquinas eléctricas automatizadas en el área de producción. Además, trabaja de la mano con dos técnicos de Soporte, quienes brindan asistencia técnica, resolviendo problemas tanto en hardware y software como en los sistemas conectados a las máquinas de la planta.

- Jefe de IT
El jefe de IT lidera el Departamento de Tecnologías de la Información (IT), encargado de supervisar tanto la infraestructura tecnológica relacionada con los sistemas de red y computadoras en el área administrativa, como el correcto funcionamiento de las máquinas automatizadas en la planta de producción. Su función es clave para asegurar la continuidad operativa tanto en las áreas administrativas como en las áreas productivas de la empresa (Echavarria, n.d.).

Responsabilidades clave:

- Gestiona la infraestructura tecnológica de la empresa, asegurando el correcto funcionamiento de los sistemas de red y computadoras.
- Supervisa la conexión y operación de las máquinas eléctricas automatizadas en la planta de producción.
- Coordina con el equipo de técnicos de soporte para resolver cualquier problema técnico, tanto en hardware como en software.
- Colabora con otros departamentos para asegurar que las necesidades tecnológicas se cumplan a tiempo.
- Mantiene y actualiza los sistemas de seguridad informática y de protección de datos.

El sueldo base para el Jefe de IT es de Q10,000.00, acorde con su responsabilidad en la supervisión de la infraestructura tecnológica y la operación de los sistemas automatizados (Ocupación Y Salario, n.d.).

- Técnicos de soporte
Los Técnicos de Soporte brindan asistencia técnica tanto en la infraestructura administrativa como en las máquinas automatizadas de la planta. Se encargan de resolver problemas de hardware y software, asegurando el funcionamiento óptimo de los equipos tecnológicos (Euroinnova International Online Education, 2024).

Responsabilidades clave:

- Proporcionan soporte técnico para la resolución de problemas de hardware y software.
 - Realizan el mantenimiento preventivo de los sistemas y equipos tecnológicos.
 - Colaboran en la instalación y configuración de nuevos equipos y sistemas en la planta y la oficina.
- Apoyan al jefe de IT en la implementación de nuevas soluciones tecnológicas.

El sueldo base para los Técnicos de Soporte es de Q5,000.00, acorde con su responsabilidad en la asistencia técnica y el mantenimiento de los sistemas informáticos y de producción (Ocupación y Salario, n.d.).

Personal adicional:

Para asegurar el adecuado funcionamiento de la planta y el cumplimiento de las normativas vigentes, se contará con personal adicional que cubrirá áreas clave de salud, seguridad y mantenimiento. Este equipo garantizará el bienestar de los empleados y el óptimo estado de las instalaciones. Dentro de este personal se encuentra una enfermera, dos conserjes y dos policías.

- Enfermera

De acuerdo con el Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional (Acuerdo Gubernativo Número 229-2014 y sus reformas en el Acuerdo 33-2016), debido a la cantidad de empleados en la planta, es necesario contar con una Enfermera capacitada en la prevención de riesgos laborales. La enfermera es responsable de brindar primeros auxilios y asegurar el cumplimiento de los protocolos de salud y seguridad dentro de la planta.

Responsabilidades clave:

- Brinda primeros auxilios en caso de accidentes o emergencias.
- Asegura el cumplimiento de los protocolos de salud y seguridad ocupacional.
- Realiza actividades preventivas para reducir los riesgos laborales.
- Colabora con los supervisores de seguridad para implementar medidas de bienestar en la planta.

El sueldo base para la Enfermera es de Q5,000.00, acorde con su rol en la prevención de riesgos laborales y el cuidado de la salud de los empleados (Ocupación y Salario, n.d.).

- Conserje

Los Conserjes son responsables del mantenimiento y la limpieza de las instalaciones de la planta, asegurando que todas las áreas, incluidas las oficinas, baños, zonas comunes y áreas de producción, se mantengan en

óptimas condiciones (Equipo editorial de Indeed, 2024).

Responsabilidades clave:

- Limpian y mantienen las instalaciones de la planta en condiciones óptimas.
- Aseguran la limpieza de las áreas comunes, oficinas, baños y áreas de producción.
- Realizan tareas de mantenimiento menor según sea necesario.
- Colaboran con el equipo de seguridad y mantenimiento para garantizar que las instalaciones estén seguras y limpias.

El sueldo base para los Conserjes es de Q3,400.00, acorde con su rol en el mantenimiento de las instalaciones de la planta (Computrabajo Guatemala, n.d.).

- Policía

Los Policías son responsables de la seguridad de las instalaciones. Controlan el acceso a la planta y aseguran que se cumplan los protocolos de seguridad en todo momento (UNODC, s.f.).

Responsabilidades clave:

- Controlan el acceso a la planta, garantizando que sólo el personal autorizado pueda ingresar.
- Aseguran el cumplimiento de los protocolos de seguridad dentro de las instalaciones.
- Monitorean las instalaciones para prevenir incidentes de seguridad.
- Colaboran con el equipo de seguridad para implementar medidas adicionales según sea necesario.

El sueldo base para los Policías es de Q3,500.00, acorde con su responsabilidad en la seguridad y el control de acceso a las instalaciones (Computrabajo Guatemala, n.d.).

5.2.1.4 Planificación salarial

Una vez descrito el puesto de trabajo y establecido el salario base, se debe complementar el sueldo con los incentivos y bonificaciones establecidos por la ley. Estos incentivos incluyen las contribuciones obligatorias al IGSS, el incentivo mensual de Q250.00 conforme al Decreto 37-2001, el Bono 14 y el aguinaldo de acuerdo con el Decreto 42-92, además de las contribuciones al IRTRA e INTECAP (1% cada uno). Este cálculo detallado asegura que se consideran todos los costos adicionales asociados al personal, proporcionando una visión clara de los gastos operativos totales.

Para estimar los sueldos de los puestos mencionados, se ha considerado que cada empleado trabaja un turno de 8 horas diarias, con la planta operando 22 días hábiles al mes, lo que equivale a 176 horas mensuales. El sueldo base de cada puesto se ha establecido según las estadísticas salariales en Guatemala, y a este se añaden las contribuciones obligatorias al IGSS (10.67%), el incentivo mensual de Q250.00 (Decreto 37-2001), el Bono 14 y el

aguinaldo (Decreto 42-92), además de las contribuciones al IRTRA e INTECAP (1% cada una). Esto permite calcular el costo operativo total por empleado, como se muestra en la Tabla 5.

El Cuadro 9 desglosa los costos operativos mensuales del personal, incluyendo el salario base, contribuciones adicionales y el costo operativo total por empleado y por cantidad de empleados. El costo total de operación asciende a Q 698,383.87, considerando todos los factores que impactan en la remuneración del personal clave dentro de la planta de ensamblaje automotriz.

Cuadro 9. Costos Operativos Mensuales del Personal en la Planta de Ensamblaje Automotriz

Puesto	Cantidad	Salario Base	IGSS	Insentivos	Bono 14	Aguinaldo	IRTRA	INTECAP	Costo operativo total	Costo total operativo por cantidad de empleados
Gerente General	1	Q 35,000.00	Q 3,734.50	Q 250.00	Q 2,916.67	Q 2,916.67	Q 350.00	Q 350.00	Q 45,517.83	Q 45,517.83
Secretaria General	1	Q 5,500.00	Q 586.85	Q 250.00	Q 458.33	Q 458.33	Q 55.00	Q 55.00	Q 7,363.52	Q 7,363.52
Gerente Comercial	1	Q 20,000.00	Q 2,134.00	Q 250.00	Q 1,666.67	Q 1,666.67	Q 200.00	Q 200.00	Q 26,117.33	Q 26,117.33
Jefe de ventas	1	Q 15,000.00	Q 1,600.50	Q 250.00	Q 1,250.00	Q 1,250.00	Q 150.00	Q 150.00	Q 19,650.50	Q 19,650.50
Coordinador de ventas	1	Q 11,000.00	Q 1,173.70	Q 250.00	Q 916.67	Q 916.67	Q 110.00	Q 110.00	Q 14,477.03	Q 14,477.03
Asistente de ventas	1	Q 4,500.00	Q 480.15	Q 250.00	Q 375.00	Q 375.00	Q 45.00	Q 45.00	Q 6,070.15	Q 6,070.15
Jefe de marketing	1	Q 15,000.00	Q 1,600.50	Q 250.00	Q 1,250.00	Q 1,250.00	Q 150.00	Q 150.00	Q 19,650.50	Q 19,650.50
Especialista en marketing digital	1	Q 8,000.00	Q 853.60	Q 250.00	Q 666.67	Q 666.67	Q 80.00	Q 80.00	Q 10,596.93	Q 10,596.93
Diseñador grafico	1	Q 6,000.00	Q 640.20	Q 250.00	Q 500.00	Q 500.00	Q 60.00	Q 60.00	Q 8,010.20	Q 8,010.20
Gerente financiero	1	Q 20,000.00	Q 2,134.00	Q 250.00	Q 1,666.67	Q 1,666.67	Q 200.00	Q 200.00	Q 26,117.33	Q 26,117.33
Contador general	1	Q 10,000.00	Q 1,067.00	Q 250.00	Q 833.33	Q 833.33	Q 100.00	Q 100.00	Q 13,183.67	Q 13,183.67
Auxiliar contable I	2	Q 7,500.00	Q 800.25	Q 250.00	Q 625.00	Q 625.00	Q 75.00	Q 75.00	Q 9,950.25	Q 19,900.50
Gerente de compras	1	Q 15,000.00	Q 1,600.50	Q 250.00	Q 1,250.00	Q 1,250.00	Q 150.00	Q 150.00	Q 19,650.50	Q 19,650.50
Coordinador y analista de compras	1	Q 10,000.00	Q 1,067.00	Q 250.00	Q 833.33	Q 833.33	Q 100.00	Q 100.00	Q 13,183.67	Q 13,183.67
Asistente de compras	1	Q 6,000.00	Q 640.20	Q 250.00	Q 500.00	Q 500.00	Q 60.00	Q 60.00	Q 8,010.20	Q 8,010.20
Gerente de logística	1	Q 15,000.00	Q 1,600.50	Q 250.00	Q 1,250.00	Q 1,250.00	Q 150.00	Q 150.00	Q 19,650.50	Q 19,650.50
Coordinador de distribución	1	Q 10,000.00	Q 1,067.00	Q 250.00	Q 833.33	Q 833.33	Q 100.00	Q 100.00	Q 13,183.67	Q 13,183.67
Gerente de producción	1	Q 20,000.00	Q 2,134.00	Q 250.00	Q 1,666.67	Q 1,666.67	Q 200.00	Q 200.00	Q 26,117.33	Q 26,117.33
Jefe de planta	1	Q 11,000.00	Q 1,173.70	Q 250.00	Q 916.67	Q 916.67	Q 110.00	Q 110.00	Q 14,477.03	Q 14,477.03
Supervisores de planta	4	Q 6,976.00	Q 744.34	Q 250.00	Q 581.33	Q 581.33	Q 69.76	Q 69.76	Q 9,272.53	Q 37,090.10
Operarios	40	Q 3,227.82	Q 344.41	Q 250.00	Q 268.99	Q 268.99	Q 32.28	Q 32.28	Q 4,424.75	Q 176,990.19
Jefe de calidad	1	Q 10,000.00	Q 1,067.00	Q 250.00	Q 833.33	Q 833.33	Q 100.00	Q 100.00	Q 13,183.67	Q 13,183.67
Supervisor de calidad	1	Q 7,000.00	Q 746.90	Q 250.00	Q 583.33	Q 583.33	Q 70.00	Q 70.00	Q 9,303.57	Q 9,303.57
Jefe de mantenimiento	1	Q 10,000.00	Q 1,067.00	Q 250.00	Q 833.33	Q 833.33	Q 100.00	Q 100.00	Q 13,183.67	Q 13,183.67
Técnico de mecánica I	3	Q 5,000.00	Q 533.50	Q 250.00	Q 416.67	Q 416.67	Q 50.00	Q 50.00	Q 6,716.83	Q 20,150.50
Jefe de seguridad industrial	1	Q 10,000.00	Q 1,067.00	Q 250.00	Q 833.33	Q 833.33	Q 100.00	Q 100.00	Q 13,183.67	Q 13,183.67
Supervisor de seguridad industrial	1	Q 7,500.00	Q 800.25	Q 250.00	Q 625.00	Q 625.00	Q 75.00	Q 75.00	Q 9,950.25	Q 9,950.25
Gerente de recursos humanos	1	Q 20,000.00	Q 2,134.00	Q 250.00	Q 1,666.67	Q 1,666.67	Q 200.00	Q 200.00	Q 26,117.33	Q 26,117.33
Coordinador de formación y desarrollo	1	Q 7,000.00	Q 746.90	Q 250.00	Q 583.33	Q 583.33	Q 70.00	Q 70.00	Q 9,303.57	Q 9,303.57
Jefe de IT	1	Q 10,000.00	Q 1,067.00	Q 250.00	Q 833.33	Q 833.33	Q 100.00	Q 100.00	Q 13,183.67	Q 13,183.67
Técnico de soporte	2	Q 5,000.00	Q 533.50	Q 250.00	Q 416.67	Q 416.67	Q 50.00	Q 50.00	Q 6,716.83	Q 13,433.67
Enfermera	1	Q 5,000.00	Q 533.50	Q 250.00	Q 416.67	Q 416.67	Q 50.00	Q 50.00	Q 6,716.83	Q 6,716.83
Conserje I	2	Q 3,400.00	Q 362.78	Q 250.00	Q 283.33	Q 283.33	Q 34.00	Q 34.00	Q 4,647.45	Q 9,294.89
Policia	2	Q 3,500.00	Q 373.45	Q 250.00	Q 291.67	Q 291.67	Q 35.00	Q 35.00	Q 4,776.78	Q 9,553.57
TOTAL	82									Q 711,567.54

Fuente: Elaboración propia

5.2.1.5 Costo de maquinaria y servicios auxiliares

Como se mencionó previamente en el cuadro 1, solo 9 de las 23 operaciones del proceso de ensamblaje son realizadas por operarios, mientras que los 14 restantes requieren de máquinas especializadas. Dentro de las máquinas necesarias se incluyen: brazo de soldadura, brazo de ensamble ligero y brazo de ensamble pesado y máquina de pintura. Además de estas máquinas, se tomaron en cuenta los servicios auxiliares esenciales para completar de manera eficiente el proceso de ensamblaje, como el sistema de transporte, la

banda transportadora, las grúas de piezas y el compresor. Se realizó una investigación exhaustiva para cotizar los equipos que cumplieran con las especificaciones requeridas y que fueran coherentes con el presupuesto disponible. A continuación, se presenta una tabla detallada con las máquinas necesarias y sus costos asociados.

Cuadro 10. Desglose de costos de maquinaria

Máquina	Cantidad de máquinas	Precio unitario	Precio total	Costo de instalación unitario	Costo de instalación total	Costo total de maquinaria
Compresor	5	Q1,154.09	Q 5,770.44	Q 230.82	Q 1,154.09	Q 6,924.53
Transporte	26	Q3,244.72	Q 84,362.64	Q 648.94	Q 16,872.53	Q 101,235.16
Grúas de piezas	5	Q97,752.14	Q 488,760.69	Q 19,550.43	Q 97,752.14	Q 586,512.83
Brazo soldadura	12	Q145,260.86	Q 1,743,130.27	Q 29,052.17	Q 348,626.05	Q 2,091,756.33
Máquina pintura	1	Q65,129.85	Q 65,129.85	Q 13,025.97	Q 13,025.97	Q 78,155.83
Banda transportadora	16	Q5,824.27	Q 93,188.33	Q 1,164.85	Q 18,637.67	Q 111,825.99
Brazo ensamble ligero	16	Q138,655.25	Q 2,218,484.07	Q 27,731.05	Q 443,696.81	Q 2,662,180.88
Brazo ensamble pesado	8	Q325,649.26	Q 2,605,194.09	Q 65,129.85	Q 521,038.82	Q 3,126,232.91
TOTAL	89.00		Q 7,304,020.38		Q 1,460,804.08	Q 8,764,824.46

Fuente: Elaboración propia

El Cuadro 8 muestra los costos de adquisición e instalación de las distintas máquinas necesarias para una planta de ensamblaje automotriz. La tabla detalla el tipo de máquina, la cantidad requerida, el precio unitario, el precio total de las máquinas, el costo de instalación unitario, el costo de instalación y el costo totales por tipo de maquinaria.

Se asumió que el costo de instalación de cada equipo equivale al 20% del precio total de las máquinas, como parte de una simplificación práctica del análisis. Esto se refleja al multiplicar el precio total de cada máquina por dicho porcentaje para obtener el costo de instalación total.

Además, para garantizar la continuidad en la producción y evitar los tiempos muertos en el proceso, es importante contar con un inventario adecuado de repuestos para las máquinas que se utilizan. Tener piezas de repuesto disponibles no solo permite responder rápidamente ante fallas inesperadas que puedan surgir, sino que también asegura que la operación siga funcionando sin interrupciones.

Dado que las máquinas mencionadas en las tablas anteriores son esenciales y representan una inversión importante, es clave planificar el mantenimiento predictivo y correctivo. Esto incluye identificar y adquirir las piezas de componentes clave que, debido a su uso constante, tienen una mayor probabilidad de desgastarse más rápido. Contar con estos repuestos es una medida preventiva que ayudará a mantener la maquinaria en buen estado, minimizando el impacto de cualquier fallo y optimizando los costos a largo plazo.

Se decidió comenzar con un stock de repuestos equivalente al 10% del valor total de las máquinas como una medida preventiva. Dado que la maquinaria es nueva, aún no se tiene certeza sobre cuáles piezas podrían desgastarse con mayor frecuencia durante los primeros años de uso. Este 10% fue establecido como un punto de partida razonable para estar preparados ante cualquier eventualidad.

Este porcentaje fue determinado con la asesoría de Pedro Manuel Alfonso Rendón Aragón, MBA e Ingeniero Industrial, quien brindó su experiencia para establecer una base sólida en la gestión de repuestos durante esta fase inicial. En función del costo total de la maquinaria presentado en el cuadro 10 que asciende a Q 8,746,824.46, el presupuesto asignado para repuestos es de Q 876,482.46. No obstante, se reconoce que este porcentaje podría requerir ajustes a medida que las operaciones avancen y se adquiera una mejor comprensión del comportamiento de las máquinas. De este modo, se podrá optimizar el uso de los recursos y garantizar que siempre se disponga de los repuestos necesarios para mantener la producción en marcha sin interrupciones.

5.2.1.6 Compra de terreno y construcción

Una vez establecida la ubicación estratégica y determinado el espacio necesario para que el personal y la maquinaria estén distribuidos de manera adecuada, el siguiente paso es proceder con la compra del terreno y la construcción de las instalaciones necesarias. Para los fines de este proyecto, se abordará exclusivamente la construcción del área administrativa y el área de ensamblaje, no se incluirá la construcción de un área de bodega en esta fase.

Construcción

Se ha recibido un presupuesto de la empresa Constructora y Remodeladora Pinzón, que tiene amplia experiencia en proyectos similares, habiendo construido bodegas para SUMA Guatemala y otras importantes edificaciones para centros comerciales en el país. Los trabajos incluyen la nivelación con topografía de todo el terreno, la armazón y fundición de columnas de trapecio para el soporte de la estructura metálica con vigas de H, la instalación de la estructura de H con vigas de soporte y el levantamiento de los muros laterales del cajón a 5 metros de altura. Además, se instalaron los diagramas de agua potable y el sistema eléctrico para toda la estructura. La fundición de 0.25 metros de grosor en todo el contorno de la bodega se reforzó con electro malla y se procedió con el laminado y pintura de toda la estructura metálica. En la oficina, se instalarán pisos, techos, puertas, y divisiones de tabla yeso. Se colocaron también 8 inodoros, 2 mingitorios y 6 lavamanos, completando los servicios sanitarios necesarios. En los anexos se incluyen los planos detallados de la estructura metálica, que contienen vistas isométricas y detalles constructivos de los marcos estructurales, vigas, cartelas y uniones, los cuales fueron desarrollados por el equipo. (Ver Anexo 1)

La construcción cubre un área total de 4,517.38 metros cuadrados, compuesta por el área administrativa de 729.79 metros cuadrados mostrada en la figura 10 y el área de producción de 3,787.59 metros cuadrados como se observa en la figura 2. El costo de construcción es de Q10,000.00 por metro cuadrado, lo que incluye tanto los materiales como la mano de obra necesaria para llevar a cabo el proyecto. Adicionalmente, este costo contempla los viáticos y el gasto de gasolina para el desplazamiento del equipo de la constructora desde la ciudad hasta Escuintla, dado que la empresa trabaja en la capital. El costo total del proyecto es Q45,173,762.00. Esta cotización se puede apreciar en el anexo 1.

Licencia de construcción

También se debe tomar en cuenta que la licencia de construcción corresponderá al 3% del costo de construcción, lo que equivale a Q 1,355,212.86. Asimismo, es necesario considerar la obtención de la licencia ambiental, según lo establecido en el Acuerdo Ministerial No. 199-2016 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Este acuerdo identifica la evaluación ambiental de proyectos, obras, industrias o actividades para clasificarlos como de alto, moderado o bajo impacto ambiental, tomando como base la clasificación contenida en el Listado Taxativo.

Este proyecto se clasifica en la División 29 del Listado Taxativo del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, que corresponde a la "Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques". Específicamente, pertenece a la actividad 2 del Grupo 291, 292, 293, la cual abarca el "Diseño, construcción y operación de empresas relacionadas con actividades de fabricación de vehículos automotores". Esta actividad se identifica con un potencial de impacto ambiental de alto a moderado (Categoría B1), lo que requiere una evaluación ambiental según lo establecido en el Acuerdo Ministerial No. 199-2016. Por ello, la licencia de impacto ambiental a 5 años es de Q20,000. A continuación, se detallan los costos asociados a los trámites y estudios necesarios para obtener las licencias ambientales correspondientes:

Cuadro 11. Costos asociados a los requisitos ambientales

Elemento	Costo
Regente ambiental	Q 100.00
Auditor ambiental B	Q 100.00
Auditor ambiental B	Q 2,000.00
Consultor ambiental B	Q 100.00
Consultor ambiental B	Q 2,000.00
Plan de gestión ambiental	Q 200.00
Evaluación de impacto social	Q 400.00
Certificaciones de documentos	Q 50.00
Evaluación de riesgo ambiental	Q 200.00
Control y seguimiento ambiental	Q 15,000.00
Evaluación ambiental estratégica	Q 400.00
Evaluación de efectos acumulativos	Q 400.00
Estudio de evaluación de impacto ambiental	Q 400.00
Diagnóstico ambiental de bajo impacto para proyectos	Q 600.00
Estudios de evaluación de impacto ambiental (Categoría B1)	Q 400.00
Disposición final controlada de residuos	Q 1,000.00
Total	Q 23,350.00

Fuente: Elaboración propia

Estos costos son esenciales para garantizar el cumplimiento de todas las regulaciones ambientales vigentes, asegurando que el proyecto se desarrolle de acuerdo con los estándares de sostenibilidad y responsabilidad ambiental establecidos por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Terreno

Aunque el área de construcción actual para la planta es de 4,517.38 metros cuadrados (ver anexo 2), se consideró necesario planificar a largo plazo. Por lo tanto, se ha decidido adquirir un terreno más amplio, no solo para el almacenamiento del producto final, sino también para prever futuras expansiones. Por esta razón, se busca un terreno de aproximadamente 15,066 metros cuadrados, garantizando así el espacio suficiente para el crecimiento y adaptación de la planta en el futuro.

Tras realizar una investigación de terrenos en Escuintla con dichas dimensiones, no se encontró uno con medidas exactas, ya que los disponibles eran más grandes o más pequeños. Sin embargo, se identificó un precio de venta de \$110 por vara cuadrada. Dado que 15,066 metros cuadrados equivalen a 21,562.90 varas cuadradas, el costo aproximado del terreno sería de Q18,382,374.41 (Mapainmueble, 2023).

Figura 10. Plano de área administrativa para la planta de ensamblaje automotriz automatizado – Autocad



Fuente: Elaboración propia

Mobiliario

Además del terreno y construcción, es necesario considerar la compra de todo el mobiliario y equipo necesario para las oficinas e instalaciones administrativas de la planta. Esto incluye la adquisición de escritorios, sillas, muebles de almacenamiento, equipos de oficina (computadoras, impresoras), así como mobiliario para áreas comunes, como la recepción, salas de reuniones, enfermería y el comedor para empleados. Para encontrar estos precios se consultó con varios proveedores como EPA, Cemaco, Siman, Office Depot, Arista, entre otros. A continuación, se muestra el desglose de los artículos adquiridos:

Cuadro 12. Materiales de construcción y acabados

Artículo	Cantidad	Precio de compra Unitario	Total
Puertas	31	Q1,999.00	Q61,969.00
Ventanas	16	Q749.00	Q11,984.00
Chapas baño	18	Q2,099.00	Q37,782.00
Chapas oficinas	13	Q210.00	Q2,730.00
Piso área de baños (m ²)	71	Q111.00	Q7,881.00
Piso área administrativa (m ²)	510	Q259.00	Q132,090.00
Pintura presentación (5 galones)	108	Q1,810.00	Q195,480.00
Total	767	Q7,237.00	Q449,916.00

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 13. Equipos de iluminación y sistemas eléctricos para la planta

Artículo	Cantidad	Precio de compra unitario	Total
Plafones	16	Q219.99	Q3,519.84
Interruptor de luz	20	Q64.99	Q1,299.80
Toma corrientes	84	Q129.99	Q10,919.16
Panel led 2x4 metro (Oficinas)	26	Q309.99	Q8,059.74
Panel led 2x2 metro (Ensamblaje)	100	Q309.99	Q30,999.00
Bombillas led set de 4 unidades	4	Q69.60	Q278.40
Total	250		Q55,075.94

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 14. Equipamiento de baños e instalaciones sanitarias

Artículo	Cantidad	Precio de compra unitario	Total
Grifos	4	Q800.00	Q3,200.00
Inodoros	8	Q4,800.00	Q38,400.00
Regadera	4	Q829.00	Q3,316.00
Migitorios	2	Q2,765.00	Q5,530.00
Lavamanos	4	Q890.00	Q3,560.00
Basurero baño	8	Q799.00	Q6,392.00
Espejo para baño	3	Q2,615.00	Q7,845.00
Dispensador de papel de baño	8	Q569.99	Q4,559.92
Dispensador de papel de manos	5	Q624.99	Q3,124.95
Paquete para instalación de inodoros	8	Q165.00	Q1,320.00
Dispensador de jabón acero inoxidable	10	Q679.95	Q6,799.50
Total	64		Q84,047.37

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 15. Mobiliario de oficinas

Artículo	Cantidad	Precio de compra unitario	Total
Mesa de centro	6	Q1,706.00	Q10,236.00
Escritorio ejecutivo	7	Q12,390.00	Q86,730.00
Escritorio recepción	1	Q3,495.00	Q3,495.00
Escritorios individuales	29	Q4,490.00	Q130,210.00
Escritorio grande reuniones	1	Q7,529.00	Q7,529.00
Silla ejecutiva	7	Q10,650.00	Q74,550.00
Silla para oficina	29	Q2,890.00	Q83,810.00
Silla para visitante	16	Q1,090.00	Q17,440.00
Silla sala de reuniones	10	Q3,790.00	Q37,900.00
Archivero metálico grande	2	Q849.83	Q1,699.66
Archivero metálico pequeño	10	Q1,900.00	Q19,000.00
Basurero oficina	17	Q899.99	Q15,299.83
Computadora	38	Q13,999.00	Q531,962.00
Cartucho de tinta tricolor	5	Q349.99	Q1,749.95
Impresora multifuncional	5	Q3,549.00	Q17,745.00
Televisor samsung smart led	1	Q24,999.00	Q24,999.00
Sistema aire acondicionado	2	Q7,999.00	Q15,998.00
Teléfono secretaria,gerentes y enfermería	10	Q699.00	Q6,990.00
Total	196		Q1,087,343.44

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 16. Mobiliario de áreas comunes, enfermería y lavandería

Artículo	Cantidad	Precio de compra unitario	Total
Botiquín metálico	1	Q 425.00	Q 425.00
Camilla enfermería	3	Q 2,240.00	Q 6,720.00
Armario para medicamentos	1	Q 7,003.53	Q 7,003.53
Televisor sala de descanso	1	Q 5,499.00	Q 5,499.00
Juego de sillone para sala de descanso	1	Q 8,999.00	Q 8,999.00
Cafetera	1	Q 939.00	Q 939.00
Lavaplatos	1	Q 879.99	Q 879.99
Microondas	1	Q 2,499.00	Q 2,499.00
Refrigerador	1	Q 8,999.00	Q 8,999.00
Tetera eléctrica	1	Q 399.00	Q 399.00
Gabinete de cocina	1	Q 2,999.00	Q 2,999.00
Dispensador de agua	2	Q 2,499.00	Q 4,998.00
Sillas de comedor tipo restaurante	24	Q 612.00	Q 14,688.00
Mesas de comedor tipo restaurante	12	Q 1,664.00	Q 19,968.00
Banca área de lockers	3	Q 799.00	Q 2,397.00
Casilleros (set de 4 casilleros)	4	Q 884.00	Q 3,536.00
Escoba	3	Q 54.99	Q 164.97
Pila marmol	1	Q 1,330.00	Q 1,330.00
Pala de basura	3	Q 82.49	Q 247.47
Cepillo multiuso	4	Q 42.50	Q 170.00
Plantas decorativas	10	Q 379.00	Q 3,790.00
Limpiadores de microfibra	5	Q 48.99	Q 244.95
Total	84		Q 96,895.91

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 17. Insumos de oficina

Artículo	Cantidad	Precio de compra unitario	Total
Hojas blancas (500 hojas)	1	Q 53.90	Q 53.90
Sobre manila (100 unidades)	1	Q 55.90	Q 55.90
Folders (100 unidades)	1	Q 70.00	Q 70.00
Engrapadoras	1	Q 32.00	Q 32.00
Grapas (1000 unidades)	1	Q 2.70	Q 2.70
Perforador de papel	1	Q 64.00	Q 64.00
Tijeras	3	Q 35.00	Q 105.00
Cinta adhesiva	4	Q 13.00	Q 52.00
Notas adhesivas	7	Q 34.90	Q 244.30
Lapiceros (5 unidades)	8	Q 10.40	Q 83.20
Resaltadores	2	Q 79.90	Q 159.80
Marcadores permanentes (2 unidades)	2	Q 12.90	Q 25.80
Clip para papel (600 unidades)	1	Q 29.90	Q 29.90
Impresora multifuncional	5	Q 3,549.00	Q 17,745.00
Total	35		18,723.50

Fuente: Elaboración propia

En las tablas anteriores, se muestra el desglose del equipamiento y mobiliario necesarios para la planta de ensamblaje automotriz se encuentran. Estas incluyen desde materiales de construcción y sistemas de iluminación y eléctricos, hasta mobiliario de oficinas, áreas comunes, y el equipamiento necesario para la enfermería. Adicionalmente, se han listado insumos esenciales para el funcionamiento administrativo de la planta. El costo total de estos recursos asciende a Q1,792,002.18, lo que representa o que representa la inversión requerida para equipar la planta para su operación.

5.2.1.7 Costo de materia prima

Las materias primas requeridas para el ensamblaje de los vehículos se dividen en tres categorías: piezas adquiridas localmente en Guatemala, piezas importadas del extranjero y componentes que serán fabricados internamente en la planta automotriz. La combinación de estos costos constituye el valor total de adquisición de las piezas y materiales necesarios para la producción.

Se llevó a cabo una exhaustiva investigación de mercado, tanto a nivel nacional como internacional, para asegurar una cotización precisa de las materias primas. Tras este análisis, se recopilaron y detallaron los precios en las siguientes tablas.

Es importante resaltar que este proceso incluyó un estudio de las piezas del vehículo lo que permitió obtener una cotización muy ajustada a la realidad. Así, se contempla cada uno de los componentes necesarios, desde aquellos que deben ser importados hasta los que se pueden adquirir localmente o fabricar en la planta, garantizando una visión clara de los costos involucrados en el ensamblaje del vehículo.

Cuadro 18. Desglose de costos de materia prima comprada en el extranjero

Pieza	Unidades	Precio de compra unitario	Precio de compra total	DAI	Costo total con impuestos
Alternador	1	Q 1,097.0	Q 1,097.0	Q 109.7	Q 1,206.7
Amortiguador delantero derecho	1	Q 279.6	Q 279.6	Q 28.0	Q 307.5
Amortiguador delantero izquierdo	1	Q 279.6	Q 279.6	Q 28.0	Q 307.5
Amortiguador trasero derecho	1	Q 376.0	Q 376.0	Q 37.6	Q 413.6
Amortiguador trasero izquierdo	1	Q 376.0	Q 376.0	Q 37.6	Q 413.6
Aros	4	Q 1,031.0	Q 4,124.0	Q 412.4	Q 4,536.4
Asientos delanteros	2	Q 896.0	Q 1,792.0	Q 179.2	Q 1,971.2
Asientos traseros	1	Q 803.0	Q 803.0	Q 80.3	Q 883.3
Batería	1	Q 1,418.0	Q 1,418.0	Q 141.8	Q 1,559.8
Bisagra de capo derecha	1	Q 87.0	Q 87.0	Q 8.7	Q 95.7
Bisagra de capo izquierda	1	Q 87.0	Q 87.0	Q 8.7	Q 95.7
Cigüeñal	1	Q 683.0	Q 683.0	Q 68.3	Q 751.3
Cinturon de seguridad	5	Q 876.0	Q 4,380.0	Q 438.0	Q 4,818.0
Compuerta trasera baul	1	Q 876.0	Q 876.0	Q 87.6	Q 963.6
Culata de motor	4	Q 661.0	Q 2,644.0	Q 264.4	Q 2,908.4
Dirección	1	Q 1,668.0	Q 1,668.0	Q 166.8	Q 1,834.8
Disco de freno delantero	1	Q 536.0	Q 536.0	Q 53.6	Q 589.6
Disco de freno trasero	1	Q 536.0	Q 536.0	Q 53.6	Q 589.6
Eje de llantas	1	Q 1,684.0	Q 1,684.0	Q 168.4	Q 1,852.4
Limpiabrias	2	Q 138.0	Q 276.0	Q 27.6	Q 303.6
Luces kit de 4	1	Q 2,712.9	Q 2,712.9	Q 271.3	Q 2,984.1
Luz interna	1	Q 457.2	Q 457.2	Q 45.7	Q 502.9
Manecilla exterior puerta delantera derecha	1	Q 113.8	Q 113.8	Q 11.4	Q 125.1
Manecilla exterior puerta delantera izquierda	1	Q 113.8	Q 113.8	Q 11.4	Q 125.1
Manecilla exterior puerta trasera derecha	1	Q 113.8	Q 113.8	Q 11.4	Q 125.1
Manecilla exterior puerta trasera izquierda	1	Q 113.8	Q 113.8	Q 11.4	Q 125.1
Manija baúl	1	Q 105.9	Q 105.9	Q 10.6	Q 116.5
Motor	1	Q 6,354.7	Q 6,354.7	Q 635.5	Q 6,990.2
Motror de elevación	4	Q 272.0	Q 1,088.0	Q 108.8	Q 1,196.8
Palanca	1	Q 1,420.0	Q 1,420.0	Q 142.0	Q 1,562.0
Pastilla de freno delanteras	1	Q 137.0	Q 137.0	Q 13.7	Q 150.7
Pastilla de freno traseras	1	Q 137.0	Q 137.0	Q 13.7	Q 150.7
Puerta delantera derecha	1	Q 4,818.0	Q 4,818.0	Q 481.8	Q 5,299.8
Puerta delantera izquierda	1	Q 4,818.0	Q 4,818.0	Q 481.8	Q 5,299.8
Puerta trasera derecha	1	Q 4,818.0	Q 4,818.0	Q 481.8	Q 5,299.8
Puerta trasera izquierda	1	Q 4,818.0	Q 4,818.0	Q 481.8	Q 5,299.8
Puntuales	1	Q 612.4	Q 612.4	Q 61.2	Q 673.7
Resortes	2	Q 694.0	Q 1,388.0	Q 138.8	Q 1,526.8
Retrovisor Derecho	1	Q 430.0	Q 430.0	Q 43.0	Q 473.0
Retrovisor interno	1	Q 293.1	Q 293.1	Q 29.3	Q 322.5
Retrovisor izquierdo	1	Q 430.0	Q 430.0	Q 43.0	Q 473.0
Soportes Plásticos	1	Q 152.1	Q 152.1	Q 15.2	Q 167.3
Tablero de instrumentos	1	Q 1,243.8	Q 1,243.8	Q 124.4	Q 1,368.2
Timón	1	Q 1,160.0	Q 1,160.0	Q 116.0	Q 1,276.0
Tuercas kit	3	Q 374.9	Q 1,124.7	Q 112.5	Q 1,237.2
Vidrio delantero	1	Q 2,096.0	Q 2,096.0	Q 209.6	Q 2,305.6
Vidrio trasero	1	Q 2,096.0	Q 2,096.0	Q 209.6	Q 2,305.6
Vidrios de las puertas	4	Q 3,157.1	Q 12,628.5	Q 1,262.8	Q 13,891.3
Vigas de ejes	2	Q 2,210.5	Q 4,421.0	Q 442.1	Q 4,863.1
Total	71	Q 60,661.7	Q 84,217.4	Q 8,421.7	Q 92,639.1

Fuente: Elaboración propia

El Cuadro 16 presenta el desglose de costos de las piezas importadas, donde se detalla la presentación de cada pieza, el costo total sin impuestos, el porcentaje aplicado del Derecho Arancelario a la Importación (DAI), el monto correspondiente del arancel y el costo final con impuestos. Para los productos importados, se aplicó únicamente el DAI del 10% para artículos automotrices (ICC Logistic, 2023). En total, se contabilizan 71 artículos distintos, y el costo total de las piezas compradas en el extranjero, incluyendo los impuestos y el DAI, asciende a Q92,639.14.

Cuadro 19. Desglose de costos de materia prima comprada en Guatemala

Pieza	Presentación	Costo total (Q)
Tornillos	11 kit de tornillos	Q 1,206.70
Cables	6 kit de cables	Q 307.53
Llantas	4 llantas individuales	Q 307.53
Chuchos	4 paquetes de 6 cauchos	Q 413.60
Sellantes	6 sellantes individuales	Q 413.60
Total		Q 2,648.95

Fuente: Romero Casasola, 2023

El Cuadro 17 presenta el desglose de costos de las piezas adquiridas a nivel nacional para el proceso de ensamblaje del Nissan Versa. En total, se incluyen 32 unidades de diferentes componentes nacionales, alcanzando un costo total de Q2,648.95. Esta tabla incluye piezas clave para el ensamblaje, como tornillos, cables, llantas, chuchos, y sellantes, elementos esenciales para garantizar la seguridad y el funcionamiento adecuado del vehículo.

Cuadro 20. Desglose de costos para las autopartes producidas

Planchas de aluminio	Cantidad de planchas	Precio de la plancha	Tarifa pieza	Tarifa de mano de obra	Costo de pieza
Baul	1 plancha de aluminio	Q838.45	Q2.19	Q0.05	Q840.69
Capo	1 plancha de aluminio	Q806.20	Q2.19	Q0.10	Q808.49
Techo	1 plancha de aluminio	Q806.20	Q2.19	Q0.05	Q808.44
Costados	2 planchas de aluminio	Q806.20	Q2.19	Q0.10	Q808.49
Bomperes	2 planchas de aluminio	Q806.20	Q2.19	Q0.10	Q808.49
Piso trasero	1 plancha de aluminio	Q806.20	Q2.19	Q0.20	Q808.59
Piso frontal	1 plancha de aluminio	Q806.20	Q2.19	Q0.20	Q808.59
Guardafangos	2 planchas de aluminio	Q806.20	Q2.19	Q0.10	Q808.49
Estructura tablero	1 plancha de aluminio	Q806.20	Q2.19	Q0.20	Q808.59
Estructura maletero	1 plancha de Aluminio	Q806.20	Q2.19	Q0.20	Q808.59
Estructura delantera	1 plancha de Aluminio	Q1,612.40	Q2.19	Q0.20	Q1,614.79
Amazon lateral derecho	1 plancha de aluminio	Q1,612.40	Q2.19	Q0.20	Q1,614.79
Amazon lateral izquierdo	1 plancha de aluminio	Q1,612.40	Q2.19	Q2.00	Q1,616.59
Panel externo puerta trasera	2 planchas de aluminio	Q1,612.40	Q2.19	Q1.50	Q1,616.09
Panel externo puerta delantera	2 planchas de aluminio	Q1,612.40	Q2.19	Q1.50	Q1,616.09
Total		Q16,156.25	Q32.92	Q6.70	Q16,195.9

Fuente: Romero Casasola, 2023

El Cuadro 18 muestra el costo de las planchas de aluminio necesarias para la producción de diversas partes del vehículo. Cada fila de la tabla detalla la cantidad de planchas necesarias para cada componente, el precio unitario de cada plancha, la tarifa de consumo eléctrico por pieza, la tarifa de mano de obra por pieza, y el costo final por pieza.

En total, se requieren 24 planchas de aluminio con un costo total de Q16,124.00. La tarifa de consumo eléctrico por todas las piezas es Q32.92, mientras que la tarifa total de mano de obra es Q6.70. Finalmente, el costo total de todas las piezas, sumando el precio de las planchas, las tarifas de consumo eléctrico y de mano de obra, asciende a Q16,163.6.

5.2.1.8 Costos adicionales

Se deben de tomar en cuenta el costo de los servicios auxiliares como el el consumo eléctrico. En cuanto al consumo de energía de la planta, se debe de tomar en cuenta la potencia de cada una de las máquinas a utilizar. A continuación, se presenta el desglose del consumo de energía.

Cuadro 21. Consumo energético de máquinas industriales

Máquina	Cantidad de máquinas	Potencia (KW)	KWH mes	KWH año	Cargo por energía (Q/kwh)	Costo (Q/Kwh) 1 mes	Costo (Q/Kwh) 1 año
Brazo soldadura	12	3	528	6336	1.3740	Q 725.48	Q 8,705.82
Brazo ensamble ligero	16	1.2	211.2	2534.4	1.3740	Q 290.19	Q 3,482.33
Brazo ensamble pesado	8	8.6	1513.6	18163.2	1.3740	Q 2,079.72	Q 24,956.67
maquina pintura	1	15	2640	31680	1.3740	Q 3,627.42	Q 43,529.08
banda trsanportadora	16	15	2640	31680	1.3740	Q 3,627.42	Q 43,529.08
Maquina soldadora manual	0	0.8	140.8	1689.6	1.3740	Q 193.46	Q 2,321.55
Comprsor de 0,8	5	0.85	149.6	1795.2	1.3740	Q 205.55	Q 2,466.65
TOTAL			7823.2	93878.4		Q 10,749.26	Q 128,991.17

Fuente: Elaboración propia

El Cuadro 19 presenta el detalle del consumo energético y el costo asociado de diversas máquinas utilizadas en la planta de ensamblaje automotriz. Cada fila del cuadro representa un tipo de máquina, indicando la cantidad de máquinas en operación, su potencia en kilovatios (KW) y el consumo de energía en kilovatios-hora (KWH) tanto mensual como anual. Además, se calcula el costo de la energía basado en un precio de Q 1.3740 por KWH, que es el costo vigente en el departamento de Escuintla en julio de 2024. En total, el consumo mensual de energía para todas las máquinas es de 7,823 KWH, lo que se traduce en un costo mensual de Q10,749.26. Anualmente, el consumo total asciende a 93878.4 KWH, con un costo anual de Q 128,991.17

Cuadro 22. Consumo energético de la iluminación de la planta

Artículo	Cantidad	Horas de uso diario	Potencia (Kw)	Kwh mes	Kwh año	Costo (Q/Kwh)	Costo (Q/Kwh) mes	Costo (Q/Kwh) año
Panel led 2x4 metro (Oficinas)	26	8	0.06	274.56	3294.72	Q 1.3740	Q 377.25	Q 4,526.95
Panel led 2x2 metro (Ensamblaje)	100	8	0.06	1056	12672	Q 1.3740	Q 1,450.94	Q 17,411.33
Bombillas led set de 4 unidades	4	8	0.015	10.56	126.72	Q 1.3740	Q 14.51	Q 174.11
Total	130	24	0.135	1341.12	16093.44		Q 1,842.70	Q 22,112.39

Fuente: Elaboración propia

El Cuadro 20 presenta una estimación del consumo energético y los costos asociados a la iluminación en una planta de ensamblaje automotriz. Se detallan las cantidades, la potencia en kilovatios (kW) y las horas de uso diario de distintos tipos de paneles LED y bombillas, calculando su consumo mensual y anual en Kwh. Asimismo, se incluye el costo mensual y anual en quetzales basado en un precio de Q1.3740 por Kwh. El consumo total estimado es de 1,341.12 Kwh mensuales y 16,093.44 Kwh anuales, con un costo total de Q1,842.70 mensuales y Q22,112.39 anuales.

Cuadro 23. Depreciación anual de construcción y terreno

Inversiones	Monto	Plazo (años)	Depreciación anual	Valor de salvamento
Construcción	Q 45,173,762.00	20	Q 2,258,688.10	Q 33,880,321.50
Maquinarias	Q 8,764,824.46	10	Q 876,482.45	Q 4,382,412.23
Total	Q 53,938,586.46		Q 3,135,170.55	Q 38,262,733.73

Fuente: Elaboración propia

El Cuadro 21 muestra la depreciación anual de la construcción y maquinaria para una inversión total de Q53,938,586.46, con una depreciación anual combinada de Q3,135,170.55. El valor de salvamento proyectado al final del plazo es de Q38,262,733.73.

Por último, en cuanto a los costos incrementales, se debe considerar el costo del área destinada para almacenar los autos una vez finalizado su ensamblaje. Los costos incrementales son aquellos gastos adicionales que surgen directamente como consecuencia de la implementación del proyecto y que no existirían de no llevarse a cabo, como en este caso, el espacio necesario para el almacenamiento de los vehículos ensamblados. Sin embargo, este costo no será incluido en los cálculos de este trabajo, aunque deberá contemplarse para futuras etapas del proyecto.

Para calcular el área necesaria para almacenar 72 autos, que corresponde a la producción máxima esperada durante los cinco años proyectados como se ve en el Cuadro 29, se consideran las dimensiones del vehículo, con una longitud de 4.50 metros y un ancho de 1.74 metros, lo que genera un área ocupada de aproximadamente 7.82 metros cuadrados por auto (Especificaciones, Versiones, y Precios del Nissan Versa 2025, n.d.). Al multiplicar este valor por el número máximo de autos que se almacenarán diariamente, se obtiene un área total de 563.20 metros cuadrados.

Para calcular el costo de preparar el área destinada para el almacenamiento de los vehículos ensamblados, considerando que será un parqueo al aire libre, se combinarán los costos de excavación y movimiento de tierra y la fundición de pavimento de concreto. Según el Reglamento de Construcción, Urbanismo y Ornato de Escuintla, Escuintla, establecido por la municipalidad, los costos aplicables son los siguientes:

- Excavación y movimiento de tierra: Q3.00 por metro cúbico.
- Fundición de pavimento de concreto: Q1.75 por metro cuadrado.

Dado que el área de almacenamiento es de 563.20 metros cuadrados, el costo total se estima de la siguiente manera:

- Excavación y movimiento de tierra: Asumiendo un metro cúbico de tierra por cada metro cuadrado, el costo sería Q1,689.60
- Fundición de pavimento de concreto: El costo para pavimentar el área sería Q985.60.

Por lo tanto, el costo total estimado para la preparación del terreno y la pavimentación asciende a Q2,675.20.

5.2.2 Costeo basado en actividades

La metodología de costeo basado en actividades (ABC) es fundamental para la planificación y control de los recursos en la puesta en marcha de la planta automotriz. Este método permite una visión más detallada y precisa de cómo se distribuyen los costos en función de las actividades que se llevan a cabo durante la construcción, instalación de maquinaria y capacitación del personal. Al aplicar el costeo ABC se optimiza la asignación de recursos en cada etapa del proyecto ya que permite una distribución más precisa de los costos y asegura que cada actividad clave esté respaldada por una asignación de recursos adecuada. A continuación, se presenta el desglose del costeo basado en actividades (ABC) para la inversión inicial de la planta automotriz.

5.2.2.1 Identificación de las actividades

- Equipo de gestión de proyectos: el equipo de gestión de proyectos consta de un jefe de proyectos y dos miembros de soporte, encargados de la planificación, ejecución y monitoreo del proyecto de construcción de la planta automotriz.
 - Jefe de Proyectos: será el responsable de supervisar todas las fases del proyecto, gestionando los recursos, plazos y costos. También se encargará de la comunicación con la dirección y proveedores, así como de garantizar el cumplimiento de las normativas y licencias.
 - Miembros del Equipo (2): Asistirán al jefe en tareas como la supervisión diaria, la gestión de proveedores, el control de costos y la documentación del avance del proyecto.
- Adquisición de terreno y construcción de instalaciones: la segunda actividad del proyecto se refiere a todas las acciones necesarias para la creación física de la planta automotriz. Esta actividad incluye:
 - Compra del Terreno: Adquisición del terreno necesario para el proyecto.
 - Construcción de las Instalaciones: Esto abarca todas las actividades relacionadas con la construcción, como la nivelación del terreno, la creación de la estructura, fundición, armado, y la instalación de sistemas básicos como agua y electricidad. También incluye tanto el área de ensamblaje de vehículos como las áreas administrativas.
 - Licencias de Construcción y Ambiental: Se incluyen los costos asociados a la obtención de las licencias necesarias para la construcción y el cumplimiento de las normativas ambientales locales.
 - Trámites de Licencias: Este apartado incluye los costos y actividades relacionados con la gestión de las licencias de construcción y ambiental.
 - Equipamiento Mobiliario: Compra de mobiliario para todas las áreas administrativas y comunes de la planta, tales como oficinas, salas de reunión, y áreas de descanso.
 - Maquinaria: Adquisición de la maquinaria necesaria para la línea de ensamblaje de los vehículos.
 - Repuestos: compra de repuestos para el mantenimiento de la maquinaria, los cuales equivalen al 10% del costo total de adquisición de la maquinaria. Esto

con el objetivo asegurar que la planta esté preparada para realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de las máquinas desde el inicio de sus operaciones.

- Compra de Materia Prima: la tercera actividad es la compra de materias primas locales y extranjeras necesarias para cubrir el primer mes de operaciones de la planta automotriz. Esto es importante para asegurar que la planta tenga todos los insumos necesarios para iniciar su producción. La actividad incluye:
 - Materias Primas Locales: Adquisición de materiales producidos en el país que serán utilizados en el proceso de ensamblaje y producción, lo que puede incluir componentes metálicos, plásticos, y otros insumos de proveedores locales.
 - Materias Primas Extranjeras: Compra de materiales importados que no se pueden obtener localmente, tales como piezas automotrices especializadas, componentes electrónicos y otras materias primas de alta tecnología necesarias para cumplir con los estándares de producción internacional.
- Capacitación de personal: la capacitación de personal específicamente a los trabajadores de planta y estará a cargo de un capacitador especializado (consultor externo), quien cuenta con amplia experiencia en la industria automotriz y conocimientos técnicos especializados. Esta capacitación se realiza con el objetivo de brindar un entrenamiento que cubra desde los procesos de ensamblaje hasta el manejo adecuado de la maquinaria, así como la implementación de buenas prácticas de producción y control de calidad.
- Servicios básicos: la quinta actividad se refiere a él al uso de servicios de agua y electricidad durante el desarrollo de la planta automotriz. Estos servicios son esenciales para las actividades de construcción y puesta en marcha de las instalaciones. Durante el período de construcción y equipamiento, tanto el suministro de agua como el de electricidad son necesarios para la maquinaria, herramientas de construcción y para el consumo básico del personal en sitio. Además, estos servicios permiten la instalación y pruebas de los sistemas y maquinaria necesarias para el funcionamiento de la planta una vez antes de que comience a operar.

5.2.2.2 Clasificación en costos directos e indirectos

Para garantizar una planificación efectiva y una asignación adecuada de recursos en el proyecto de la planta automotriz, es importante clasificar las actividades en costos directos e indirectos. Esta clasificación permite identificar de manera precisa los elementos que inciden directamente en la construcción y operación del proyecto, como la compra de maquinaria o la construcción de las instalaciones y aquellas actividades que, aunque no son tan evidentes, son esenciales para su desarrollo, como la capacitación del personal o el equipo de gestión de proyectos. A continuación, se presenta la clasificación:

- Costos directos:
 - Compra del Terreno
 - Construcción de las Instalaciones
 - Licencias de Construcción y Ambiental
 - Trámites de Licencias:
 - Equipamiento Mobiliario
 - Compra de Maquinaria
 - Repuestos

- Compra de Materias Primas Locales
- Compra de Materias Primas extranjeras
- Costos indirectos:
 - Capacitación de personal
 - Equipo de gestión de proyectos
 - Servicio de agua
 - Servicio de energía

5.2.2.3 Determinación de tasa y base de aplicación para costos indirectos

Para el tercer paso, que es la determinación de la tasa y base de aplicación para los costos indirectos, el objetivo es establecer un mecanismo que permita asignar de manera precisa los costos indirectos. El siguiente procedimiento describe la determinación de la tasa de aplicación y la base de aplicación para los diferentes costos indirectos de la inversión inicial.

- Equipo de Gestión de Proyectos:

El equipo de gestión de proyectos está compuesto por un jefe y dos miembros de soporte, cuyo trabajo se distribuye a lo largo de 24 meses, durante los cuales se gestionan todas las fases del proyecto, desde la planificación inicial, pasando por la construcción, hasta que la planta está lista para operar. Para asignar los costos indirectos, se calculó una tasa de aplicación basada en el sueldo por hora del jefe de proyectos y los dos miembros de soporte, y la base de aplicación corresponde a las horas trabajadas a lo largo de esos 24 meses. (*Sueldo: Project Manager En Guatemala 2024*, n.d.)

- Sueldo del Jefe de Gestión de Proyectos: Q15,000 mensuales.
- Sueldo de los dos miembros del equipo de soporte: Q20,000 mensuales en total (Q10,000 cada uno).
- Tasa de aplicación del sueldo por hora: Q66.88 por hora.
- Base de aplicación: Número total de horas trabajadas por el equipo, que se calculan en función de 4 horas diarias durante 22 días al mes por un período de dos años (24 meses) lo cual da un total de 2,112 horas.
- Capacitación del personal

La capacitación del personal estará a cargo de un capacitador externo especializado, cuyo trabajo se distribuirá a lo largo de un mes. El sueldo del capacitador es de Q300 por hora, y la tasa de aplicación se calcula en función de este valor, considerando que trabajará 8 horas diarias durante 22 días al mes. La base de aplicación corresponde a un total estimado de 176 horas de capacitación al mes.

- Sueldo del capacitador externo: Q300 por hora.
- Tasa de aplicación: Se calcula el sueldo por hora del capacitador, quien trabajará 8 horas diarias durante 22 días al mes.
- Base de aplicación: 176 horas totales de capacitación estimadas para el primer mes.
- Consumo de energía

El consumo de energía se estima en función de las horas trabajadas a lo largo de los dos años del proyecto, con una tasa de aplicación de Q1.37 por kilowatt hora. La base de aplicación es una estimación basada en 7 horas de trabajo diarias durante 22 días al mes, resultando en un total de 3,696 horas trabajadas. Cabe resaltar que esta estimación de consumo de energía abarca tanto al equipo de gestión de proyectos como al equipo de construcción y la fase de prueba de las máquinas. Este cálculo permite estimar el consumo total de kilovatios, asegurando una asignación adecuada de los costos energéticos a lo largo del desarrollo del proyecto. (EEGSA, 2024)

- Tasa de aplicación: Q1.37 por kilowatt hora.
- Base de aplicación: Se basa en las horas trabajadas a lo largo de dos años (7 horas al día durante 22 días al mes), lo que resulta en un total de 3,696 horas.
- Consumo total estimado de energía: Kilovatios utilizados durante esas horas de trabajo.
- Consumo de agua

El consumo de agua se estima en función de los metros cúbicos utilizados a lo largo de los 24 meses de desarrollo del proyecto, con una tasa de aplicación de Q4.50 por metro cúbico. La base de aplicación corresponde a una estimación de 1,000 metros cúbicos de agua consumidos durante este período, lo que asegura una distribución precisa de los costos asociados al uso de este recurso en las distintas fases del proyecto. (Flores, 2024)

- Tasa de aplicación: Q4.50 por metro cúbico.
- Base de aplicación: Metros cúbicos consumidos durante el desarrollo del proyecto (24 meses), estimados en 1,000 metros cúbicos de agua.

5.2.2.4 Asignación de costos directos e indirectos

Para determinar el total de la inversión inicial del proyecto, es necesario clasificar y asignar tanto los costos directos como indirectos. Los costos directos abarcan aquellos relacionados con la infraestructura, maquinaria y materias primas, mientras que los costos indirectos incluyen la capacitación del personal, el consumo de energía y agua, entre otros. A continuación, se presenta una tabla que detalla el desglose de estos costos utilizando el método de costeo ABC.

Cuadro 24. Costo de inversión inicial por medio de costeo ABC

Costos directos	Horas invertidas	m ³ utilizados	Tasa de aplicación	Total
Terreno:	N/A		N/A	Q 18,382,374.41
Construcción:	N/A		N/A	Q 45,337,200.00
Maquinaria:	N/A		N/A	Q 8,764,824.46
Mobiliario y equipo	N/A			Q 1,792,002.16
Licencia ambiental	N/A		N/A	Q 20,000.00
Licencia de construcción	N/A		N/A	Q 1,360,116.00
Tramites licencia	N/A		N/A	Q 23,350.00
Materia prima importada	N/A		N/A	Q 88,377,743.76
Materia prima local	N/A		N/A	Q 2,527,102.12
Repuestos	N/A		N/A	Q 876,482.45
Total de costos indirectos				Q 167,461,195.35
Costos indirectos				
Capacitación de personal	176		Q 300.00	Q 52,800.00
Equipo de Gestión de proyectos	2112		Q 662.88	Q 5,600,000.00
Consumo de energía	3696		Q 1.37	Q 5,063.52
Consumo de agua		1000	Q 4.50	Q 4,500.00
Total de costos indirectos				Q 5,662,363.52
Total de costos				Q 173,123,558.87

Fuente: Elaboración propia

El último paso es la asignación de costos directos e indirectos, lo cual permite obtener el total de la inversión inicial necesaria para el proyecto de la planta automotriz. En este caso, los costos directos incluyen los gastos en terreno, construcción, maquinaria, mobiliario y equipo, licencias, trámites, materia prima, y repuestos. A cada uno de estos costos se les asignó con los montos establecidos previamente en las secciones anteriores, sumando un total de Q167,461,195.35 para los costos directos.

Para los costos indirectos, que incluyen la capacitación de personal, el equipo de gestión de proyectos, el consumo de energía y el consumo de agua, se han utilizado las bases de aplicación y las tasas de aplicación descritas anteriormente. Estos costos indirectos fueron asignados con base en las horas trabajadas, los kilowatts consumidos y los metros cúbicos de agua utilizados, ascendiendo a un total de Q5,662,363.52.

Finalmente, sumando ambos componentes, los costos directos e indirectos, el total de la inversión es de Q173,123,558.87, lo que refleja el monto necesario para poner en marcha la planta automotriz desde la fase de planificación hasta su operatividad total. Esta asignación de costos asegura que todos los gastos, tanto directos como indirectos, estén bien fundamentados y alineados con las necesidades del proyecto.

Además, se estableció un fondo de contingencia equivalente al 15% del total de la inversión, como margen de seguridad ante cualquier imprevisto o sobrecostos que puedan surgir durante el proyecto. Este fondo nos permite estar preparados para afrontar cualquier situación inesperada sin poner en riesgo la estabilidad financiera del proyecto. Por lo tanto, el monto asignado al fondo de contingencia equivale a Q25,968,533.83 (Guía Para Hacer Un Fondo De Emergencia | Oficina Para La Protección Financiera Del Consumidor, n.d.).

5.2.3 Viabilidad financiera

El siguiente apartado detalla el proceso de costeo, análisis financiero y proyección del flujo de efectivo que se llevó a cabo para el proyecto de la instalación de la planta de ensamblaje automotriz. A lo largo del análisis, se buscó proporcionar una visión clara sobre la asignación de los costos, tanto fijos como variables, así como la proyección de ingresos y egresos a lo largo del tiempo, con el fin de evaluar la viabilidad financiera del proyecto. Este análisis se realizó con una proyección de 5 años, permitiendo obtener una visión amplia del comportamiento financiero durante ese periodo.

El análisis abarcó la identificación de costos directos e indirectos, la estimación del volumen de producción, el cálculo del costo por unidad y la evaluación de los márgenes de ganancia bruta. Además, se proyectó un flujo de efectivo detallado que consideró los ingresos por ventas, costos operativos, gastos financieros e impuestos. El proyecto incluyó una estrategia de financiamiento combinada, balanceando capital propio y préstamos, lo que permitió mitigar riesgos en las primeras etapas.

Finalmente, se presentó un análisis de rentabilidad utilizando indicadores clave como la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Valor Presente Neto (VPN) y el periodo de recuperación, proporcionando una base sólida para la evaluación del proyecto a largo plazo.

5.2.3.1 Tipo de sociedad

Para el proyecto de la planta automotriz, se decidió constituir una Sociedad Anónima (S.A.), siguiendo las disposiciones del Código de Comercio de Guatemala (Decreto 2-70). Este tipo de sociedad es ideal porque permite una gestión flexible y limita la responsabilidad de los socios al monto que cada uno haya aportado. Además, la S.A. facilita la emisión de acciones, lo cual es clave para proyectos de gran envergadura como este. Según el Artículo 87 del Código de Comercio, la S.A. es una sociedad mercantil en la que el capital está representado por acciones, lo que brinda seguridad tanto a los inversionistas como a la propia empresa.

5.2.3.2 Financiamiento

El financiamiento del proyecto combina un 60% de capital líquido y un 40% a través de un préstamo bancario, cumpliendo con la normativa de la Ley de Bancos y Grupos Financieros (Decreto Número 19-2002). La inversión inicial total es de Q199,092,092.70, de los cuales Q79,636,837.08 serán financiados mediante un préstamo del Banco Industrial, con una tasa de interés del 14% anual y una garantía hipotecaria, respaldada por la propia construcción de la planta. El plazo del préstamo es de 10 años, lo que permite un manejo sostenible del flujo de caja mientras se consolida la operación de la planta.

5.2.3.3 Estructura de socios

En cuanto a los socios, se optó por tener tres, con un socio mayoritario que aportará el 60% del capital líquido, es decir, Q71,673,153.37, mientras que los otros dos socios contribuirán con el 20% cada uno, lo que equivale a Q23,891,051.12 por socio esto cubriría el capital líquido equivalente a Q119,455,255.62. Esta estructura no solo equilibra el control

de la empresa, otorgando mayor participación al socio mayoritario, sino que también asegura que haya suficiente capital disponible para arrancar el proyecto sin comprometer la liquidez.

5.2.3.4 Cálculo de intereses y amortización del préstamo

En el Cuadro 25 se presenta el cálculo de los intereses y la amortización del préstamo. Se utilizó la tasa de interés anual del 14%, acordada previamente con el Banco Industrial. El saldo inicial del préstamo fue de Q79,636,837.08 y los intereses se fueron reduciendo conforme se amortizó el capital. Se estableció un esquema de pagos anuales en el que la amortización del capital aumentaba cada año, lo que permitió disminuir progresivamente el saldo del préstamo y, en consecuencia, los intereses a pagar.

Por ejemplo, en el primer año se pagaron Q11,149,157.19 en intereses, con una amortización de Q4,118,302.83, lo que redujo el saldo final a Q75,518,534.25. Este proceso continuó a lo largo de los 10 años del préstamo, con los intereses disminuyendo conforme se abonaba más al capital, hasta que el préstamo quedó completamente liquidado en el décimo año, cuando el saldo final alcanzó Q0. Esta estructura de pagos facilitó una gestión más eficiente del flujo de caja, reduciendo los costos financieros a lo largo del tiempo y garantizando mayor estabilidad financiera para la empresa durante su operación.

Cuadro 25. Detalle de intereses y amortización del préstamo a 10 Años

Año	1		2		3		4		5	
Saldo inicial	Q	79,636,837.08	Q	75,518,534.25	Q	70,823,669.03	Q	65,471,522.67	Q	59,370,075.83
Interés	Q	11,149,157.19	Q	10,572,594.80	Q	9,915,313.66	Q	9,166,013.17	Q	8,311,810.62
Amortización	Q	4,118,302.83	Q	4,694,865.22	Q	5,352,146.35	Q	6,101,446.84	Q	6,955,649.40
Saldo final	Q	75,518,534.25	Q	70,823,669.03	Q	65,471,522.67	Q	59,370,075.83	Q	52,414,426.43
Año	6		7		8		9		10	
Saldo inicial	Q	52,414,426.43	Q	44,484,986.11	Q	35,445,424.15	Q	25,140,323.51	Q	13,392,508.79
Interés	Q	7,338,019.70	Q	6,227,898.06	Q	4,962,359.38	Q	3,519,645.29	Q	1,874,951.23
Amortización	Q	7,929,440.32	Q	9,039,561.96	Q	10,305,100.64	Q	11,747,814.73	Q	13,392,508.79
Saldo final	Q	44,484,986.11	Q	35,445,424.15	Q	25,140,323.51	Q	13,392,508.79	Q	0.00

Fuente: Elaboración propia

5.2.3.5 Clasificación y proyección de los costos

Se recopilaron y organizaron los montos obtenidos de los costos desglosados previamente. Se clasificaron en costos fijos y variables y además se distinguieron entre costos directos e indirectos, tomando como referencia que el objeto de costos son los vehículos ensamblados. Esta clasificación permitió estructurar de manera clara los gastos del proyecto y proyectarlos a lo largo del tiempo.

Los costos fijos directos son aquellos que están directamente relacionados con la producción de los vehículos, como los sueldos del personal de planta, el mantenimiento de la maquinaria y el consumo eléctrico necesario para operar las máquinas en el proceso de ensamblaje. Estos costos permanecen estables sin importar cuántos vehículos se produzcan.

En cuanto a los costos fijos indirectos, estos corresponden a aquellos que no están directamente involucrados en la producción pero que son necesarios para el funcionamiento general de la planta. Aquí se incluyen los sueldos administrativos y los gastos de oficina,

como el consumo de agua, energía, internet, limpieza y seguridad. Estos gastos permiten que tanto las áreas administrativas como las de apoyo operen correctamente.

Por último, los costos variables directos dependen del volumen de producción, ya que varían en función de la cantidad de vehículos ensamblados. En esta categoría están los gastos de materia prima local, importada y manufacturada, que son esenciales para el proceso de producción. Cuantos más vehículos se produzcan, mayor será el costo de las materias primas, lo que hace que estos costos sean muy importantes para evaluar la rentabilidad de la planta año tras año.

En el Cuadro 26, se detalla la clasificación y proyección de estos costos a lo largo de los próximos cinco años. Esto permite identificar claramente cómo se comportan los diferentes tipos de costos a lo largo del tiempo, proporcionando una base para analizar la viabilidad financiera del proyecto.

Cuadro 26. Clasificación y proyección de costos para el periodo 2025-2029.

	2025	2026	2027	2028	2029
Costos Fijos					
Costos Fijos Directos					
Sueldos de Operarios y personal de planta	Q 333,629.98	Q 347,999.75	Q 362,988.43	Q 378,622.70	Q 394,930.34
Consumo eléctrico de la maquinaria	Q 128,991.17	Q 134,362.84	Q 139,958.20	Q 145,786.58	Q 151,857.67
Costos Fijos Indirectos					
Sueldos Administrativos	Q 359,089.10	Q 374,555.42	Q 390,687.88	Q 407,515.19	Q 425,067.26
Gastos de oficina:					
Agua	Q 1,467.00	Q 1,528.09	Q 1,591.73	Q 1,658.01	Q 1,727.06
Luz	Q 1,842.70	Q 1,919.44	Q 1,999.37	Q 2,082.63	Q 2,169.36
Internet Corporativo y telefono	Q 2,000.00	Q 2,083.29	Q 2,170.04	Q 2,260.41	Q 2,354.54
Limpieza	Q 9,294.89	Q 9,681.97	Q 10,085.16	Q 10,505.14	Q 10,942.62
Seguridad	Q 9,553.57	Q 9,951.41	Q 10,365.83	Q 10,797.50	Q 11,247.14
Total costos fijos	Q 845,868.41	Q 882,082.20	Q 919,846.64	Q 959,228.15	Q 1,000,295.99
Costos Variables					
Costos Variables Directos					
Materia prima local	Q 2,648.95	Q 2,759.27	Q 2,874.17	Q 2,993.86	Q 3,118.54
Materia prima extranjera	Q 92,639.14	Q 96,496.98	Q 100,515.47	Q 104,701.30	Q 109,061.45
Materia prima manufacturada	Q 16,195.87	Q 16,870.32	Q 17,572.87	Q 18,304.66	Q 19,066.94
Total costos variables	Q 111,483.97	Q 116,126.57	Q 120,962.51	Q 125,999.83	Q 131,246.92

Fuente: Elaboración propia

Para realizar el pronóstico de costos durante los próximos cinco años, se calcularon gradientes de aumento basados en el Índice de Precios al Consumidor (IPC) y el salario mínimo, utilizando datos históricos de fuentes oficiales. El cálculo del gradiente de precios mostrado en el Cuadro 27, se basó en la información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística (INE) de Guatemala. Los datos del IPC de cada año, desde 2011 hasta 2023, fueron analizados para determinar la variación porcentual anual del IPC, y a partir de esto, se calculó el promedio de las variaciones, obteniendo un valor del 4.16%. Este porcentaje fue utilizado como gradiente de precios para proyectar los costos futuros en el análisis financiero del proyecto.

Cuadro 27. Cálculo del gradiente de precios a partir del IPC y variaciones anuales en Guatemala (2011-2023)

Año	IPC Guatemala	Variación	% Variación
2011	105.0933333	0	0
2012	108.1725	3.079	2.9%
2013	112.8708333	4.698	4.3%
2014	116.7291667	3.858	3.4%
2015	119.5175	2.788	2.4%
2016	124.8341667	5.317	4.4%
2017	130.3575	5.523	4.4%
2018	135.2483333	4.891	3.8%
2019	140.2525	5.004	3.7%
2020	144.7608333	4.508	3.2%
2021	150.9291667	6.168	4.3%
2022	161.3208333	10.392	6.9%
2023	171.3333333	10.013	6.2%
Promedio			4.16%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística Guatemala

De manera similar, se realizó el cálculo del gradiente de salarios mostrado en el Cuadro 28 basándose en los datos históricos del salario mínimo en Guatemala. Se analizaron los registros desde el año 2011 hasta el 2024, observando las variaciones anuales, lo que permitió obtener un promedio de incremento del 4.31%. Este promedio fue utilizado como el gradiente de salarios. Estos gradientes fueron aplicados en el modelo de costos para proyectar el aumento en los precios y salarios durante los cinco años del proyecto, garantizando que el análisis refleje adecuadamente las tendencias inflacionarias y salariales del mercado local.

Cuadro 28. Cálculo del gradiente salarial a partir del salario mínimo y variaciones anuales en Guatemala (2011-2024)

Años	Salario mínimo	Variación	% Variación
2011	1,937.50	0.00	0
2012	2,068.30	130.80	6.8%
2013	2,171.80	103.50	5.0%
2014	2,280.30	108.50	5.0%
2015	2,394.40	114.10	5.0%
2016	2,490.20	95.80	4.0%
2017	2,643.20	153.00	6.1%
2018	2,742.40	99.20	3.8%
2019	2,742.40	0.00	0.0%
2020	2,825.10	82.70	3.0%
2021	2,825.10	0.00	0.0%
2022	2,954.40	129.30	4.6%
2023	3,143.50	189.10	6.4%
2024	3,343.00	199.50	6.3%
Promedio			4.31%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística Guatemala

5.2.3.6 Proyección de la demanda y precio de venta

Los datos de la demanda mensual y anual de los vehículos fueron tomados del módulo: *"Análisis de la demanda de vehículos hatchback y determinación de la ubicación óptima de una planta de ensamblaje mediante técnicas de levantamiento de datos, modelado estadístico y análisis económico para comprender las preferencias del mercado, ajustar modelos de demanda, evaluar factores económicos y tomar decisiones informadas sobre la ubicación de la planta."*. Estos datos fueron utilizados como base para los análisis financieros. Es importante destacar que, para los fines de este estudio, se asumió que la planta automotriz produciría únicamente la cantidad de vehículos correspondiente a la demanda proyectada para cada mes y año, sin manejar inventarios. A continuación, en el Cuadro 29 se presenta la demanda mensual y anual proyectada para los años 2025 a 2029.

Cuadro 29. Demanda proyectada de vehículos por mes y año (2025-2029)

Mes	Demanda en unidades				
	2025	2026	2027	2028	2029
Enero	954	997	1040	1083	1126
Febrero	1003	1048	1093	1139	1184
Marzo	1101	1151	1200	1250	1300
Abril	928	970	1011	1053	1095
Mayo	1000	1045	1090	1135	1180
Junio	965	1009	1052	1096	1140
Julio	1016	1062	1108	1153	1199
Agosto	1045	1093	1140	1187	1234
Sepriembre	1039	1086	1133	1179	1226
Octubre	1135	1187	1238	1289	1340
Noviembre	1148	1200	1252	1304	1356
Diciembre	1333	1393	1454	1514	1574
Total	12667	13241	13811	14382	14954

Fuente: Elaboración propia con base en los datos del módulo “Análisis de la demanda de vehículos hatchback y determinación de la ubicación óptima de una planta de ensamblaje mediante técnicas de levantamiento de datos, modelado estadístico y análisis económico para comprender las preferencias del mercado, ajustar modelos de demanda, evaluar factores económicos y tomar decisiones informadas sobre la ubicación de la planta.”

El precio de venta del vehículo fue tomado de los datos proporcionados del mismo módulo en la Fase 2: Análisis de Escenarios con Variables Económicas del mismo megaproyecto mencionado anteriormente.

Cuadro 30. Proyección del precio de venta

Año	Precio de venta	
2025	Q	164,000.00
2026	Q	167,000.00
2027	Q	170,000.00
2028	Q	175,000.00
2029	Q	181,000.00

Fuente: Elaboración propia con base en los datos del módulo “Análisis de la demanda de vehículos hatchback y determinación de la ubicación óptima de una planta de ensamblaje mediante técnicas de levantamiento de datos, modelado estadístico y análisis económico para comprender las preferencias del mercado, ajustar modelos de demanda, evaluar factores económicos y tomar decisiones informadas sobre la ubicación de la planta.”

5.2.3.7 Cálculos de costos unitarios y análisis de márgenes de beneficio proyectados

Una vez establecida la demanda anual y mensual de vehículos a producir, así como los costos fijos y variables para cada año, se procedió a calcular el costo por unidad producida para los 12 meses de cada año proyectado, desde 2025 hasta 2029. Estos costos unitarios reflejan el total de los costos operativos (tanto fijos como variables) divididos entre las unidades de vehículos que se espera producir cada mes.

Posteriormente, con los costos por unidad establecidos y el precio de venta proyectado, que se había determinado previamente con un aumento anual del 4.16%, se calculó el margen por unidad. El margen por unidad es la diferencia entre el precio de venta y el costo por unidad producida. Además, se determinó el margen porcentual de beneficio, que representa la relación entre el margen por unidad y el precio de venta. Este porcentaje de beneficio es un indicador clave para evaluar la rentabilidad del proyecto a lo largo del tiempo.

A lo largo de los cinco años proyectados, se observa un incremento en los márgenes de beneficio conforme aumenta el precio de venta, mientras que los costos por unidad también suben debido al incremento en los costos operativos y de producción, pero en una proporción menor. Esta estructura permite que la empresa mantenga márgenes de beneficio saludables, garantizando la viabilidad financiera del proyecto a lo largo del tiempo.

En los cuadros 31 al 35 se muestran los valores detallados del costo por unidad, el precio de venta por unidad, el margen por unidad y el margen porcentual de beneficio mes a mes para cada año del periodo proyectado. Este análisis permite visualizar cómo la producción, costos y precios interactúan para generar márgenes estables, siendo fundamentales para la evaluación económica del proyecto.

Cuadro 31. Determinación de costos y márgenes por unidad en 2025

Año 2025								
Mes	Producción en unidades	Costos fijos	Cotos variables	Costo por unidad	Precio de venta por unidad	Margen por unidad	Margen de beneficio	
Enero	954	Q 845,868	Q 106,355,704	Q 112,371	Q 164,000	Q 51,629	31.5%	
Febrero	1003	Q 845,868	Q 111,818,419	Q 112,327	Q 164,000	Q 51,673	31.5%	
Marzo	1101	Q 845,868	Q 122,743,847	Q 112,252	Q 164,000	Q 51,748	31.6%	
Abril	928	Q 845,868	Q 103,457,121	Q 112,395	Q 164,000	Q 51,605	31.5%	
Mayo	1000	Q 845,868	Q 111,483,967	Q 112,330	Q 164,000	Q 51,670	31.5%	
Junio	965	Q 845,868	Q 107,582,028	Q 112,361	Q 164,000	Q 51,639	31.5%	
Julio	1016	Q 845,868	Q 113,267,710	Q 112,317	Q 164,000	Q 51,683	31.5%	
Agosto	1045	Q 845,868	Q 116,500,745	Q 112,293	Q 164,000	Q 51,707	31.5%	
Septiembre	1039	Q 845,868	Q 115,831,841	Q 112,298	Q 164,000	Q 51,702	31.5%	
Octubre	1135	Q 845,868	Q 126,534,302	Q 112,229	Q 164,000	Q 51,771	31.6%	
Noviembre	1148	Q 845,868	Q 127,983,594	Q 112,221	Q 164,000	Q 51,779	31.6%	
Diciembre	1333	Q 845,868	Q 148,608,128	Q 112,119	Q 164,000	Q 51,881	31.6%	
Total	12667	Q 10,150,420.95	Q 1,412,167,405.80					

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 32. Determinación de costos y márgenes por unidad en 2026

Año 2026								
Mes	Producción en unidades	Costos fijos	Cotos variables	Costo por unidad	Precio de venta por unidad	Margen por unidad	Margen de beneficio	
Enero	997	Q 882,082	Q 115,778,189	Q 117,011	Q 167,000	Q 49,989	29.93%	
Febrero	1048	Q 882,082	Q 121,700,644	Q 116,968	Q 167,000	Q 50,032	29.96%	
Marzo	1151	Q 882,082	Q 133,661,681	Q 116,893	Q 167,000	Q 50,107	30.00%	
Abril	970	Q 882,082	Q 112,642,772	Q 117,036	Q 167,000	Q 49,964	29.92%	
Mayo	1045	Q 882,082	Q 121,352,264	Q 116,971	Q 167,000	Q 50,029	29.96%	
Junio	1009	Q 882,082	Q 117,171,708	Q 117,001	Q 167,000	Q 49,999	29.94%	
Julio	1062	Q 882,082	Q 123,326,416	Q 116,957	Q 167,000	Q 50,043	29.97%	
Agosto	1093	Q 882,082	Q 126,926,340	Q 116,934	Q 167,000	Q 50,066	29.98%	
Septiembre	1086	Q 882,082	Q 126,113,454	Q 116,939	Q 167,000	Q 50,061	29.98%	
Octubre	1187	Q 882,082	Q 137,842,237	Q 116,870	Q 167,000	Q 50,130	30.02%	
Noviembre	1200	Q 882,082	Q 139,351,882	Q 116,862	Q 167,000	Q 50,138	30.02%	
Diciembre	1393	Q 882,082	Q 161,764,310	Q 116,760	Q 167,000	Q 50,240	30.08%	
Total	13241	Q 10,584,986.36	Q 1,537,631,895.62					

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 33. Determinación de costos y márgenes por unidad en 2027

Año 2027								
Mes	Producción en unidades	Costos fijos	Cotos variables	Costo por unidad	Precio de venta por unidad	Margen por unidad	Margen de beneficio	
Enero	1040	Q 919,847	Q 125,801,006	Q 121,847	Q 170,000	Q 48,153	28.33%	
Febrero	1093	Q 919,847	Q 132,212,019	Q 121,804	Q 170,000	Q 48,196	28.35%	
Marzo	1200	Q 919,847	Q 145,155,007	Q 121,729	Q 170,000	Q 48,271	28.39%	
Abril	1011	Q 919,847	Q 122,293,093	Q 121,872	Q 170,000	Q 48,128	28.31%	
Mayo	1090	Q 919,847	Q 131,849,131	Q 121,806	Q 170,000	Q 48,194	28.35%	
Junio	1052	Q 919,847	Q 127,252,556	Q 121,837	Q 170,000	Q 48,163	28.33%	
Julio	1108	Q 919,847	Q 134,026,456	Q 121,793	Q 170,000	Q 48,207	28.36%	
Agosto	1140	Q 919,847	Q 137,897,256	Q 121,769	Q 170,000	Q 48,231	28.37%	
Septiembre	1133	Q 919,847	Q 137,050,519	Q 121,774	Q 170,000	Q 48,226	28.37%	
Octubre	1238	Q 919,847	Q 149,751,582	Q 121,706	Q 170,000	Q 48,294	28.41%	
Noviembre	1252	Q 919,847	Q 151,445,057	Q 121,697	Q 170,000	Q 48,303	28.41%	
Diciembre	1454	Q 919,847	Q 175,879,483	Q 121,595	Q 170,000	Q 48,405	28.47%	
Total	13811	Q 11,038,159.69	Q 1,670,613,165.61					

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 34. Determinación de costos y márgenes por unidad en 2028

Año 2028								
Mes	Producción en unidades	Costos fijos	Cotos variables	Costo por unidad	Precio de venta por unidad	Margen por unidad	Margen de beneficio	
Enero	1083	Q 959,228	Q 136,457,815	Q 126,886	Q 175,000	Q 48,114	37.92%	
Febrero	1139	Q 959,228	Q 143,513,805	Q 126,842	Q 175,000	Q 48,158	37.97%	
Marzo	1250	Q 959,228	Q 157,499,786	Q 126,767	Q 175,000	Q 48,233	38.05%	
Abril	1053	Q 959,228	Q 132,677,820	Q 126,911	Q 175,000	Q 48,089	37.89%	
Mayo	1135	Q 959,228	Q 143,009,806	Q 126,845	Q 175,000	Q 48,155	37.96%	
Junio	1096	Q 959,228	Q 138,095,812	Q 126,875	Q 175,000	Q 48,125	37.93%	
Julio	1153	Q 959,228	Q 145,277,803	Q 126,832	Q 175,000	Q 48,168	37.98%	
Agosto	1187	Q 959,228	Q 149,561,797	Q 126,808	Q 175,000	Q 48,192	38.00%	
Septiembre	1179	Q 959,228	Q 148,553,798	Q 126,813	Q 175,000	Q 48,187	38.00%	
Octubre	1289	Q 959,228	Q 162,413,779	Q 126,744	Q 175,000	Q 48,256	38.07%	
Noviembre	1304	Q 959,228	Q 164,303,777	Q 126,735	Q 175,000	Q 48,265	38.08%	
Diciembre	1514	Q 959,228	Q 190,763,741	Q 126,633	Q 175,000	Q 48,367	38.19%	
Total	14382	Q 11,510,737.86	Q 1,812,129,538.31					

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 35. Determinación de costos y márgenes por unidad en 2029

Año 2029								
Mes	Producción en unidades	Costos fijos	Costos variables	Costo por unidad	Precio de venta por unidad	Margen por unidad	Margen de beneficio	
Enero	1126	Q 1,000,296	Q 147,784,037	Q 132,135	Q 181,000	Q 48,865	27.00%	
Febrero	1184	Q 1,000,296	Q 155,396,359	Q 132,092	Q 181,000	Q 48,908	27.02%	
Marzo	1300	Q 1,000,296	Q 170,621,002	Q 132,016	Q 181,000	Q 48,984	27.06%	
Abril	1095	Q 1,000,296	Q 143,715,383	Q 132,160	Q 181,000	Q 48,840	26.98%	
Mayo	1180	Q 1,000,296	Q 154,871,371	Q 132,095	Q 181,000	Q 48,905	27.02%	
Junio	1140	Q 1,000,296	Q 149,621,494	Q 132,124	Q 181,000	Q 48,876	27.00%	
Julio	1199	Q 1,000,296	Q 157,365,063	Q 132,081	Q 181,000	Q 48,919	27.03%	
Agosto	1234	Q 1,000,296	Q 161,958,705	Q 132,058	Q 181,000	Q 48,942	27.04%	
Septiembre	1226	Q 1,000,296	Q 160,908,730	Q 132,063	Q 181,000	Q 48,937	27.04%	
Octubre	1340	Q 1,000,296	Q 175,870,879	Q 131,993	Q 181,000	Q 49,007	27.08%	
Noviembre	1356	Q 1,000,296	Q 177,970,830	Q 131,985	Q 181,000	Q 49,015	27.08%	
Diciembre	1574	Q 1,000,296	Q 206,582,659	Q 131,882	Q 181,000	Q 49,118	27.14%	
Total	14954	Q 12,003,551.90	Q 1,962,666,511.39					

Fuente: Elaboración propia

5.2.3.8 Flujo de efectivo proyectado

El flujo de efectivo de la planta automotriz fue proyectado considerando los ingresos por ventas, los costos operativos, administrativos y financieros, así como el marco fiscal vigente en Guatemala, con un enfoque en el Régimen sobre las utilidades de actividades lucrativas, que establece un ISR del 25%. El proyecto comenzó con una inversión inicial significativa, la cual cubrió tanto el capital fijo como un fondo de reserva para las operaciones. A partir de este punto, el flujo de efectivo se estructuró en torno a las ventas anuales de vehículos, cuyo precio se ajustó anualmente siguiendo un incremento previamente determinado.

Los ingresos esperados fueron calculados con base en la demanda proyectada en el estudio de mercado, mostrando una tendencia de crecimiento a lo largo de los años de operación del proyecto. Es importante destacar que los únicos ingresos que obtiene la planta provienen exclusivamente de la venta de los vehículos ensamblados. Por lo tanto, cuando se mencione "ingresos" en el resto del trabajo, se refiere específicamente a los ingresos por la venta de estos vehículos. Los costos operativos, tanto fijos como variables, se ajustaron a las necesidades de producción y al crecimiento proyectado. Los costos fijos incluyen la mano de obra directa y los servicios esenciales para la operación de la planta, mientras que los costos variables dependen del volumen de producción, abarcando la adquisición de materias primas y otros insumos necesarios para ensamblar los vehículos.

El análisis también tomó en cuenta los gastos administrativos, relacionados con la gestión y operación del proyecto y los financieros, vinculados al pago de intereses por el préstamo y la depreciación de los activos. A lo largo del tiempo, la amortización del crédito y los ajustes en los costos permitieron optimizar el flujo de efectivo, reduciendo la carga financiera del proyecto y manteniendo un crecimiento estable.

Una vez descontados todos los costos y el pago del ISR, se proyectó un margen de ganancia neta estable, lo que garantiza que el proyecto será rentable. El flujo de efectivo

neto mostró un desempeño positivo cada año, lo que demuestra que el proyecto es financieramente sólido y capaz de generar ingresos de manera sostenible. Este análisis confirma que el proyecto está pensado para ser rentable a largo plazo, ya que puede cubrir sus costos operativos y cumplir con sus obligaciones financieras, manteniendo una operación eficiente y segura. En el Cuadro 36 se detalla cómo se proyectó este flujo de efectivo, considerando todos los factores mencionados anteriormente.

Cuadro 36. Flujo de efectivo proyectado para 2024-2025

Año	0	1	2	3	4	5
	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Tasas de aplicación		12667	13241	13811	14382	14954
Unidades vendidas	Q	164,000.00	Q 167,000.00	Q 170,000.00	Q 175,000.00	Q 181,000.00
Precio de venta						
FLUJO DE EFECTIVO						
Inversiones (Gastos de capital)						
Inversión inicial	Q	173,123,558.87				
Fondo	Q	25,968,533.83				
Total inversión	-Q	199,092,092.70	0	0	0	0
Ingresos						
Ingresos por ventas locales	Q	2,077,388,000	Q 2,211,247,000	Q 2,347,870,000	Q 2,516,850,000	Q 2,706,674,000
Ingresos netos totales	Q	2,077,388,000.00	Q 2,211,247,000.00	Q 2,347,870,000.00	Q 2,516,850,000.00	Q 2,706,674,000.00
Costos fijos						
(+) Producción						
Mano de Obra Directa	Q	4,003,559.74	Q 4,175,996.95	Q 4,355,861.19	Q 4,543,472.37	Q 4,739,164.13
Costos Directos (Electricidad, Agua, etc)	Q	1,547,894.10	Q 1,612,354.09	Q 1,679,498.44	Q 1,749,438.93	Q 1,822,291.99
Costo variable total	Q	5,551,453.84	Q 5,788,351.04	Q 6,035,359.64	Q 6,292,911.29	Q 6,561,456.13
Costos Variables						
Materia prima importada	Q	1,173,460,042.11	Q 1,277,716,495.64	Q 1,388,219,121.63	Q 1,505,814,109.30	Q 1,630,904,889.64
Materia prima local	Q	33,554,300.32	Q 36,535,443.46	Q 39,695,191.69	Q 43,057,741.24	Q 46,634,627.93
Materia prima manufacturada	Q	205,153,063.37	Q 223,379,956.53	Q 242,698,852.29	Q 263,257,687.77	Q 285,126,993.81
Total costos indirectos	Q	1,412,167,405.80	Q 1,537,631,895.62	Q 1,670,613,165.61	Q 1,812,129,538.31	Q 1,962,666,511.39
Gastos de administración, ventas y distribución						
Salarios administrativos	Q	4,309,069.20	Q 4,494,665.00	Q 4,688,254.58	Q 4,890,182.26	Q 5,100,807.16
Teléfono, celulares e internet		24,158	25,164	26,212	27,304	28,441
Total gastos admin, ventas y distr	Q	4,333,227.36	Q 4,519,829.19	Q 4,714,466.70	Q 4,917,485.95	Q 5,129,247.88
Gastos financieros						
Intereses por préstamo	Q	11,149,157.19	Q 10,572,594.80	Q 9,915,313.66	Q 9,166,013.17	Q 8,311,810.62
Depreciaciones	Q	3,143,342.45	Q 3,143,342.45	Q 3,143,342.45	Q 3,143,342.45	Q 3,143,342.45
Total gastos financieros	Q	14,292,499.64	Q 13,715,937.24	Q 13,058,656.11	Q 12,309,355.62	Q 11,455,153.06
Ganancia antes de impuestos	Q	641,043,413.37	Q 649,590,986.90	Q 653,448,351.94	Q 681,200,708.82	Q 720,861,631.54
ISR sobre utilidades	Q	160,260,853.34	Q 162,397,746.73	Q 163,362,087.99	Q 170,300,177.20	Q 180,215,407.89
Utilidad Neta	Q	480,782,560.03	Q 487,193,240.18	Q 490,086,263.96	Q 510,900,531.61	Q 540,646,223.66
(+) Depreciaciones	Q	3,143,342.45	Q 3,143,342.45	Q 3,143,342.45	Q 3,143,342.45	Q 3,143,342.45
(-) Amortizaciones del credito		Q4,118,302.83	Q4,694,865.22	Q5,352,146.35	Q6,101,446.84	Q6,955,649.40
(+) VS de maquinaria y terreno						Q 38,385,312.23
(-) valor terminal de prestamo						Q 59,370,075.83
FLUJO DE EFECTIVO NETO						
	-Q	199,092,092.70	Q 479,807,599.64	Q 485,641,717.40	Q 487,877,460.05	Q 507,942,427.22
Margen operativo		31%	29%	28%	27%	27%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 37. Margen operativo 2024-2025

Años	Margen operativo
2025	30.86%
2026	29.38%
2027	27.83%
2028	27.07%
2029	26.63%

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 37 se presenta el margen operativo obtenido del flujo de efectivo proyectado para los años 2025 a 2029. Como se muestra en la tabla, el margen operativo disminuyó ligeramente año tras año, comenzando con un 30.86% en 2025 y bajando hasta un 26.63% en 2029. Esto refleja la evolución de los costos operativos en relación con los ingresos proyectados, asegurando un desempeño financiero sólido a lo largo del tiempo.

5.2.3.9 Ajuste de precio de venta

Analizando el margen operativo de la industria automotriz a nivel global, es importante señalar que empresas como Toyota, Ford, y Volkswagen suelen operar con márgenes significativamente menores en comparación con los que se proyectan para este proyecto. Por ejemplo, Toyota, una de las empresas más rentables en la industria automotriz, reporta márgenes operativos que oscilan entre el 8% y el 10% en los últimos años, según informes financieros anuales. De manera similar, otras empresas automotrices líderes, como Volkswagen, reportan márgenes operativos en un rango que va del 6% al 7% (Lampinen, 2024).

Estos márgenes más bajos son típicos en una industria altamente competitiva y de alto costo, donde factores como la innovación tecnológica, los precios de las materias primas y los costos de manufactura tienen un impacto significativo en la rentabilidad. En este contexto, el margen operativo proyectado para la planta automotriz de Guatemala, que varía entre el 26.63% y el 30.86%, es considerablemente más alto que el promedio de la industria automotriz global.

Dado que la estructura de costos y los precios de venta proyectados son factores clave que afectan directamente el margen operativo, será necesario ajustar los precios de venta para alinearlos más de cerca con los márgenes operativos tradicionales de la industria. Esta estrategia de ajuste permitirá que la planta mantenga competitividad en el mercado, al tiempo que garantiza márgenes operativos sostenibles y acordes con los estándares de la industria automotriz.

Es importante hacer estos ajustes para evitar que el proyecto quede fuera de mercado debido a precios de venta no competitivos, lo que podría afectar negativamente la demanda

de vehículos ensamblados. Alinear los márgenes con los niveles tradicionales permitirá además una mejor planificación financiera y mayor estabilidad a largo plazo, lo que refleja las realidades de la industria automotriz internacional.

A continuación, se presenta la nueva proyección de precio de venta que se ajusta a márgenes operativos más tradicionales.

Cuadro 38. Precio de venta ajustado 2024-2025

Año	Precio de venta
2025	Q 122,000.00
2026	Q 127,080.53
2027	Q 132,372.63
2028	Q 137,885.11
2029	Q 143,627.15

Fuente: Elaboración propia

5.2.3.10 Cálculo de costos unitarios y flujo de efectivo proyectado con precio de venta actualizado

Con el precio de venta actualizado se prosiguió a realizar el cálculo del costo por unidad, el precio de venta por unidad, el margen por unidad y el margen porcentual de beneficio mes a mes para cada año del periodo proyectado como se observa en las tablas 39 a la 43.

Cuadro 39. Determinación de costos y márgenes por unidad en 2025

Año 2025							
Mes	Producción en unidades	Costos fijos	Cotos variables	Costo por unidad	Precio de venta por unidad	Margen por unidad	Margen de beneficio
Enero	954	Q 845,868.41	Q 106,355,704.20	Q 112,370.62	Q 122,000.00	Q 9,629.38	7.9%
Febrero	1003	Q 845,868.41	Q 111,818,418.57	Q 112,327.31	Q 122,000.00	Q 9,672.69	7.9%
Marzo	1101	Q 845,868.41	Q 122,743,847.30	Q 112,252.24	Q 122,000.00	Q 9,747.76	8.0%
Abril	928	Q 845,868.41	Q 103,457,121.07	Q 112,395.46	Q 122,000.00	Q 9,604.54	7.9%
Mayo	1000	Q 845,868.41	Q 111,483,966.67	Q 112,329.84	Q 122,000.00	Q 9,670.16	7.9%
Junio	965	Q 845,868.41	Q 107,582,027.84	Q 112,360.51	Q 122,000.00	Q 9,639.49	7.9%
Julio	1016	Q 845,868.41	Q 113,267,710.14	Q 112,316.51	Q 122,000.00	Q 9,683.49	7.9%
Agosto	1045	Q 845,868.41	Q 116,500,745.17	Q 112,293.41	Q 122,000.00	Q 9,706.59	8.0%
Septiembre	1039	Q 845,868.41	Q 115,831,841.37	Q 112,298.08	Q 122,000.00	Q 9,701.92	8.0%
Octubre	1135	Q 845,868.41	Q 126,534,302.17	Q 112,229.23	Q 122,000.00	Q 9,770.77	8.0%
Noviembre	1148	Q 845,868.41	Q 127,983,593.74	Q 112,220.79	Q 122,000.00	Q 9,779.21	8.0%
Diciembre	1333	Q 845,868.41	Q 148,608,127.57	Q 112,118.53	Q 122,000.00	Q 9,881.47	8.1%
Total	12667	Q 10,150,420.95	Q 1,412,167,405.80				

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 40. Determinación de costos y márgenes por unidad en 2026

Año 2026								
Mes	Producción en unidades	Costos fijos	Cotos variables	Costo por unidad	Precio de venta por unidad	Margen por unidad	Margen de beneficio	
Enero	997	Q 882,082.20	Q 115,778,188.95	Q 117,011.31	Q 127,080.53	Q 10,069.22	7.92%	
Febrero	1048	Q 882,082.20	Q 121,700,643.96	Q 116,968.25	Q 127,080.53	Q 10,112.28	7.96%	
Marzo	1151	Q 882,082.20	Q 133,661,680.53	Q 116,892.93	Q 127,080.53	Q 10,187.60	8.02%	
Abril	970	Q 882,082.20	Q 112,642,771.60	Q 117,035.93	Q 127,080.53	Q 10,044.60	7.90%	
Mayo	1045	Q 882,082.20	Q 121,352,264.25	Q 116,970.67	Q 127,080.53	Q 10,109.86	7.96%	
Junio	1009	Q 882,082.20	Q 117,171,707.78	Q 117,000.78	Q 127,080.53	Q 10,079.75	7.93%	
Julio	1062	Q 882,082.20	Q 123,326,415.92	Q 116,957.15	Q 127,080.53	Q 10,123.37	7.97%	
Agosto	1093	Q 882,082.20	Q 126,926,339.55	Q 116,933.60	Q 127,080.53	Q 10,146.93	7.98%	
Septiembre	1086	Q 882,082.20	Q 126,113,453.56	Q 116,938.80	Q 127,080.53	Q 10,141.73	7.98%	
Octubre	1187	Q 882,082.20	Q 137,842,237.00	Q 116,869.69	Q 127,080.53	Q 10,210.84	8.03%	
Noviembre	1200	Q 882,082.20	Q 139,351,882.39	Q 116,861.64	Q 127,080.53	Q 10,218.89	8.04%	
Diciembre	1393	Q 882,082.20	Q 161,764,310.14	Q 116,759.79	Q 127,080.53	Q 10,320.73	8.12%	
Total	13241	Q 10,584,986.36	Q 1,537,631,895.62					

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 41. Determinación de costos y márgenes por unidad en 2027

Año 2027								
Mes	Producción en unidades	Costos fijos	Cotos variables	Costo por unidad	Precio de venta por unidad	Margen por unidad	Margen de beneficio	
Enero	1040	Q 919,846.64	Q 125,801,005.88	Q 121,846.97	Q 132,372.63	Q 10,525.65	7.95%	
Febrero	1093	Q 919,846.64	Q 132,212,018.68	Q 121,804.09	Q 132,372.63	Q 10,568.54	7.98%	
Marzo	1200	Q 919,846.64	Q 145,155,006.79	Q 121,729.04	Q 132,372.63	Q 10,643.58	8.04%	
Abril	1011	Q 919,846.64	Q 122,293,093.22	Q 121,872.34	Q 132,372.63	Q 10,500.28	7.93%	
Mayo	1090	Q 919,846.64	Q 131,849,131.16	Q 121,806.40	Q 132,372.63	Q 10,566.23	7.98%	
Junio	1052	Q 919,846.64	Q 127,252,555.95	Q 121,836.88	Q 132,372.63	Q 10,535.74	7.96%	
Julio	1108	Q 919,846.64	Q 134,026,456.27	Q 121,792.69	Q 132,372.63	Q 10,579.94	7.99%	
Agosto	1140	Q 919,846.64	Q 137,897,256.45	Q 121,769.39	Q 132,372.63	Q 10,603.24	8.01%	
Septiembre	1133	Q 919,846.64	Q 137,050,518.91	Q 121,774.37	Q 132,372.63	Q 10,598.25	8.01%	
Octubre	1238	Q 919,846.64	Q 149,751,582.00	Q 121,705.52	Q 132,372.63	Q 10,667.11	8.06%	
Noviembre	1252	Q 919,846.64	Q 151,445,057.08	Q 121,697.21	Q 132,372.63	Q 10,675.42	8.06%	
Diciembre	1454	Q 919,846.64	Q 175,879,483.22	Q 121,595.14	Q 132,372.63	Q 10,777.49	8.14%	
Total	13811	Q 11,038,159.69	Q 1,670,613,165.61					

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 42. Determinación de costos y márgenes por unidad en 2028

Año 2028								
Mes	Producción en unidades	Costos fijos	Cotos variables	Costo por unidad	Precio de venta por unidad	Margen por unidad	Margen de beneficio	
Enero	1083	Q 959,228.15	Q 136,457,814.63	Q 126,885.54	Q 137,885.11	Q 10,999.57	8.67%	
Febrero	1139	Q 959,228.15	Q 143,513,805.04	Q 126,842.00	Q 137,885.11	Q 11,043.12	8.71%	
Marzo	1250	Q 959,228.15	Q 157,499,786.04	Q 126,767.21	Q 137,885.11	Q 11,117.90	8.77%	
Abril	1053	Q 959,228.15	Q 132,677,819.76	Q 126,910.78	Q 137,885.11	Q 10,974.33	8.65%	
Mayo	1135	Q 959,228.15	Q 143,009,805.73	Q 126,844.96	Q 137,885.11	Q 11,040.15	8.70%	
Junio	1096	Q 959,228.15	Q 138,095,812.40	Q 126,875.04	Q 137,885.11	Q 11,010.07	8.68%	
Julio	1153	Q 959,228.15	Q 145,277,802.65	Q 126,831.77	Q 137,885.11	Q 11,053.34	8.71%	
Agosto	1187	Q 959,228.15	Q 149,561,796.83	Q 126,807.94	Q 137,885.11	Q 11,077.17	8.74%	
Septiembre	1179	Q 959,228.15	Q 148,553,798.20	Q 126,813.42	Q 137,885.11	Q 11,071.69	8.73%	
Octubre	1289	Q 959,228.15	Q 162,413,779.37	Q 126,743.99	Q 137,885.11	Q 11,141.12	8.79%	
Noviembre	1304	Q 959,228.15	Q 164,303,776.80	Q 126,735.43	Q 137,885.11	Q 11,149.68	8.80%	
Diciembre	1514	Q 959,228.15	Q 190,763,740.86	Q 126,633.40	Q 137,885.11	Q 11,251.71	8.89%	
Total	14382	Q 11,510,737.86	Q 1,812,129,538.31					

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 43. Determinación de costos y márgenes por unidad en 2029

Año 2029							
Mes	Producción en unidades	Costos fijos	Cotos variables	Costo por unidad	Precio de venta por unidad	Margen por unidad	Margen de beneficio
Enero	1126	Q 1,000,295.99	Q 147,784,037.17	Q 132,135.29	Q 143,627.15	Q 11,491.87	8.00%
Febrero	1184	Q 1,000,295.99	Q 155,396,358.80	Q 132,091.77	Q 143,627.15	Q 11,535.38	8.03%
Marzo	1300	Q 1,000,295.99	Q 170,621,002.06	Q 132,016.38	Q 143,627.15	Q 11,610.77	8.08%
Abril	1095	Q 1,000,295.99	Q 143,715,382.50	Q 132,160.44	Q 143,627.15	Q 11,466.72	7.98%
Mayo	1180	Q 1,000,295.99	Q 154,871,371.10	Q 132,094.63	Q 143,627.15	Q 11,532.52	8.03%
Junio	1140	Q 1,000,295.99	Q 149,621,494.11	Q 132,124.38	Q 143,627.15	Q 11,502.78	8.01%
Julio	1199	Q 1,000,295.99	Q 157,365,062.67	Q 132,081.20	Q 143,627.15	Q 11,545.95	8.04%
Agosto	1234	Q 1,000,295.99	Q 161,958,705.03	Q 132,057.54	Q 143,627.15	Q 11,569.62	8.06%
Septiembre	1226	Q 1,000,295.99	Q 160,908,729.64	Q 132,062.83	Q 143,627.15	Q 11,564.33	8.05%
Octubre	1340	Q 1,000,295.99	Q 175,870,879.05	Q 131,993.41	Q 143,627.15	Q 11,633.74	8.10%
Noviembre	1356	Q 1,000,295.99	Q 177,970,829.84	Q 131,984.61	Q 143,627.15	Q 11,642.55	8.11%
Diciembre	1574	Q 1,000,295.99	Q 206,582,659.42	Q 131,882.44	Q 143,627.15	Q 11,744.72	8.18%
Total	14954	Q 12,003,551.90	Q 1,962,666,511.39				

Fuente: Elaboración propia

Con el precio de venta actualizado, se procedió a realizar el nuevo flujo de efectivo proyectado. Este flujo ajustado toma en cuenta el nuevo precio, asegurando que los márgenes operativos se ajusten más adecuadamente a los estándares de la industria. De esta manera, se calcularon los principales indicadores financieros, ofreciendo una proyección más realista del desempeño esperado de la planta y mejorando la precisión en cuanto a la rentabilidad y sostenibilidad del proyecto. El flujo de efectivo proyectado con el precio de venta ajustado se encuentra a continuación en el Cuadro 44.

Cuadro 44. Flujo de efectivo proyectado con el precio de venta actualizado

Año	0	1	2	3	4	5
	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Tasas de aplicación		12667	13241	13811	14382	14954
Unidades vendidas	Q	122,000.00	Q 127,080.53	Q 132,372.63	Q 137,885.11	Q 143,627.15
Precio de venta						
FLUJO DE EFECTIVO						
Inversiones (Gastos de capital)						
Inversión inicial	Q	173,123,558.87				
Fondo	Q	25,968,533.83				
Total inversión	-Q	199,092,092.70	0	0	0	0
Ingresos						
Ingresos por ventas locales	Q	1,545,374,000	Q 1,682,673,275	Q 1,828,198,371	Q 1,983,063,666	Q 2,147,800,455
Ingresos netos totales	Q	1,545,374,000.00	1,682,673,274.65	1,828,198,370.52	1,983,063,666.28	2,147,800,455.47
Costos fijos						
(+) Producción						
Mano de Obra Directa	Q	4,003,559.74	Q 4,175,996.95	Q 4,355,861.19	Q 4,543,472.37	Q 4,739,164.13
Costos Directos (Electricidad, Agua, et	Q	1,547,894.10	Q 1,612,354.09	Q 1,679,498.44	Q 1,749,438.93	Q 1,822,291.99
Costo variable total	Q	5,551,453.84	5,788,351.04	6,035,359.64	6,292,911.29	6,561,456.13
Costos Variables						
Materia prima importada	Q	1,173,460,042.11	Q 1,277,716,495.64	Q 1,388,219,121.63	Q 1,505,814,109.30	Q 1,630,904,889.64
Materia prima local	Q	33,554,300.32	Q 36,535,443.46	Q 39,695,191.69	Q 43,057,741.24	Q 46,634,627.93
Materia prima manufacturada	Q	205,153,063.37	Q 223,379,956.53	Q 242,698,852.29	Q 263,257,687.77	Q 285,126,993.81
Total costos indirectos	Q	1,412,167,405.80	1,537,631,895.62	1,670,613,165.61	1,812,129,538.31	1,962,666,511.39
Gastos de administración, ventas y distribución						
Salarios administrativos	Q	4,309,069.20	Q 4,494,665.00	Q 4,688,254.58	Q 4,890,182.26	Q 5,100,807.16
Teléfono, celulares e internet		24,158	25,164	26,212	27,304	28,441
Total gastos admin, ventas y distr	Q	4,333,227.36	4,519,829.19	4,714,466.70	4,917,485.95	5,129,247.88
Gastos financieros						
Intereses por préstamo	Q	11,149,157.19	Q 10,572,594.80	Q 9,915,313.66	Q 9,166,013.17	Q 8,311,810.62
Depreciaciones	Q	3,143,342.45	Q 3,143,342.45	Q 3,143,342.45	Q 3,143,342.45	Q 3,143,342.45
Total gastos financieros	Q	14,292,499.64	13,715,937.24	13,058,656.11	12,309,355.62	11,455,153.06
Ganancia antes de impuestos	Q	109,029,413.37	121,017,261.55	133,776,722.47	147,414,375.10	161,988,087.01
ISR sobre utilidades	Q	27,257,353.34	30,254,315.39	33,444,180.62	36,853,593.77	40,497,021.75
Utilidad Neta	Q	81,772,060.03	90,762,946.16	100,332,541.85	110,560,781.32	121,491,065.26
(+) Depreciaciones	Q	3,143,342.45	Q 3,143,342.45	Q 3,143,342.45	Q 3,143,342.45	Q 3,143,342.45
(-) Amortizaciones del credito	Q	4,118,302.83	Q 4,694,865.22	Q 5,352,146.35	Q 6,101,446.84	Q 6,955,649.40
(+) VS de maquinaria y terreno						Q 38,385,312.23
(-) valor terminal de prestamo						Q 59,370,075.83
FLUJO DE EFECTIVO NETO						
	-Q	199,092,092.70	Q 80,797,099.64	Q 89,211,423.39	Q 98,123,737.94	Q 107,602,676.93
						Q 96,693,994.70

Fuente: Elaboración propia

5.2.3.11 Indicadores financieros

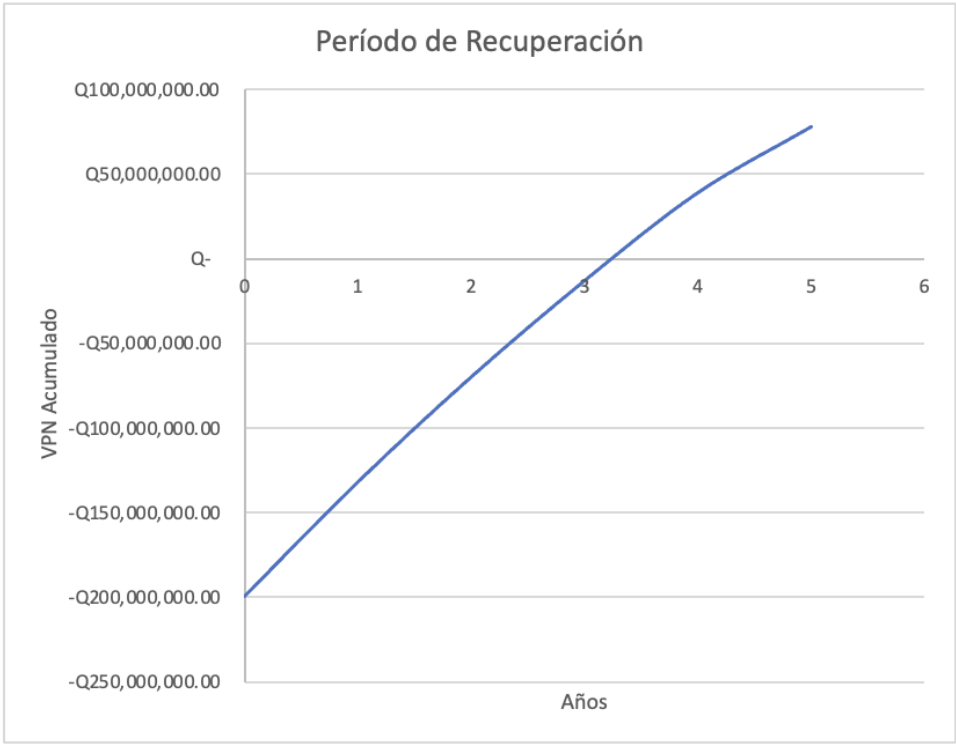
A partir del análisis del flujo de efectivo proyectado del Cuadro 44 para la planta automotriz, se calcularon indicadores clave que confirman la viabilidad y rentabilidad del proyecto. Uno de los principales indicadores obtenidos fue la Tasa Interna de Retorno (TIR), que alcanzó un 35.94%. Este valor es muy positivo, ya que supera ampliamente la Tasa Mínima Aceptable de Retorno (TMAR), la cual fue fijada en un 20% por los accionistas del proyecto como el rendimiento mínimo esperado. Esta diferencia significativa entre la TIR y la TMAR garantiza que el proyecto no solo cubrirá los costos de inversión, sino que generará una rentabilidad superior a lo esperado, lo que lo convierte en una apuesta financiera atractiva.

Otro indicador importante es el Valor Presente Neto (VPN), que resultó en Q77,726,642.47. Este valor positivo refleja que, descontando los flujos de efectivo futuros al presente, el proyecto generará un valor adicional considerable a la inversión inicial. Un VPN

positivo es una confirmación clara de que el proyecto no solo recupera su inversión, sino que también genera ganancias adicionales, lo que justifica su viabilidad económica a largo plazo.

En cuanto al periodo de recuperación, este se estimó en 3.26 años, lo cual es muy favorable, ya que implica que el capital invertido será recuperado en un tiempo relativamente corto. Este corto periodo de recuperación es fundamental, ya que asegura a los inversionistas que podrán comenzar a recibir beneficios en poco más de tres años. Para calcular y confirmar este periodo de recuperación, se utilizaron dos enfoques complementarios. Primero, se graficó el Valor Presente Neto Acumulado a lo largo de los años, lo que permitió identificar el punto exacto en que el valor acumulado pasa de negativo a positivo. Este cambio indica el momento en que la inversión ha sido completamente recuperada.

Figura 11. Periodo de recuperación basado en el Valor Presente Neto Acumulado



Fuente: Elaboración propia

Para mayor precisión, se utilizó el método de pronóstico en Excel aplicado a los datos de valor presente individual para cada año y el neto mostrado en el Cuadro 45. Con este cálculo se confirma que el periodo de recuperación exacto es de 3.26 años. Este método es especialmente útil para ajustar los datos y obtener una cifra exacta, ofreciendo un complemento confiable al análisis gráfico.

Cuadro 45. Cálculo del Valor Presente Neto Individual y Acumulado por Año

No.	Año	VPN Individual	VPN Acumulado
0	2024	-Q 199,092,092.70	-Q 199,092,092.70
1	2025	Q 67,330,916.37	-Q 131,761,176.33
2	2026	Q 61,952,377.35	-Q 69,808,798.97
3	2027	Q 56,784,570.57	-Q 13,024,228.41
4	2028	Q 51,891,723.05	Q 38,867,494.65
5	2029	Q 38,859,147.82	Q 77,726,642.47

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 46. Indicadores financieros clave: TIR, TMAR, VPN y Periodo de recuperación

Indicador	Valor
TIR	35.94%
TMAR	20.00%
Valor Presente Neto	Q 77,726,642.47
Periodo Recuperación	3.250988552

Fuente: Elaboración propia

En resumen, el Cuadro 46 muestra, los indicadores financieros obtenidos la TIR del 35.94%, el VPN positivo de Q77,726,642.47 y el periodo de recuperación de 3.26 años confirman que el proyecto no solo es rentable, sino que también recuperará su inversión en un tiempo breve, ofreciendo un retorno financiero considerable. Esto refuerza la viabilidad económica del proyecto a largo plazo y asegura que los inversionistas verán resultados favorables en los primeros años de operación.

Cuadro 47. Margen operativo de la planta de ensamblaje para 2025-2029

Años	Margen operativo
2025	7.06%
2026	7.19%
2027	7.32%
2028	7.43%
2029	7.54%

Fuente: Elaboración propia

El margen operativo, como se muestra en el Cuadro 47 refleja la proporción de las ganancias generadas por las operaciones de la planta en relación con sus ingresos, después de cubrir los costos operativos. En este caso, el margen comienza en 7.06% en 2025 y aumenta gradualmente hasta 7.54% en 2029. Este crecimiento indica que la planta está siendo más eficiente en la gestión de sus costos, generando mayores ingresos operativos y asegurando la rentabilidad a largo plazo.

5.2.4 Análisis de sensibilidad

Para obtener una comprensión completa de la viabilidad del proyecto, se llevó a cabo un análisis de sensibilidad tanto de la Tasa Interna de Retorno (TIR) como del Valor Presente Neto (VPN), variando las principales variables en un rango de -35% a +35%. Este proceso permitió evaluar cómo los cambios en diversas variables clave, como la inversión inicial, el precio de venta, los salarios, las materias primas y la demanda proyectada, impactan en la rentabilidad del proyecto.

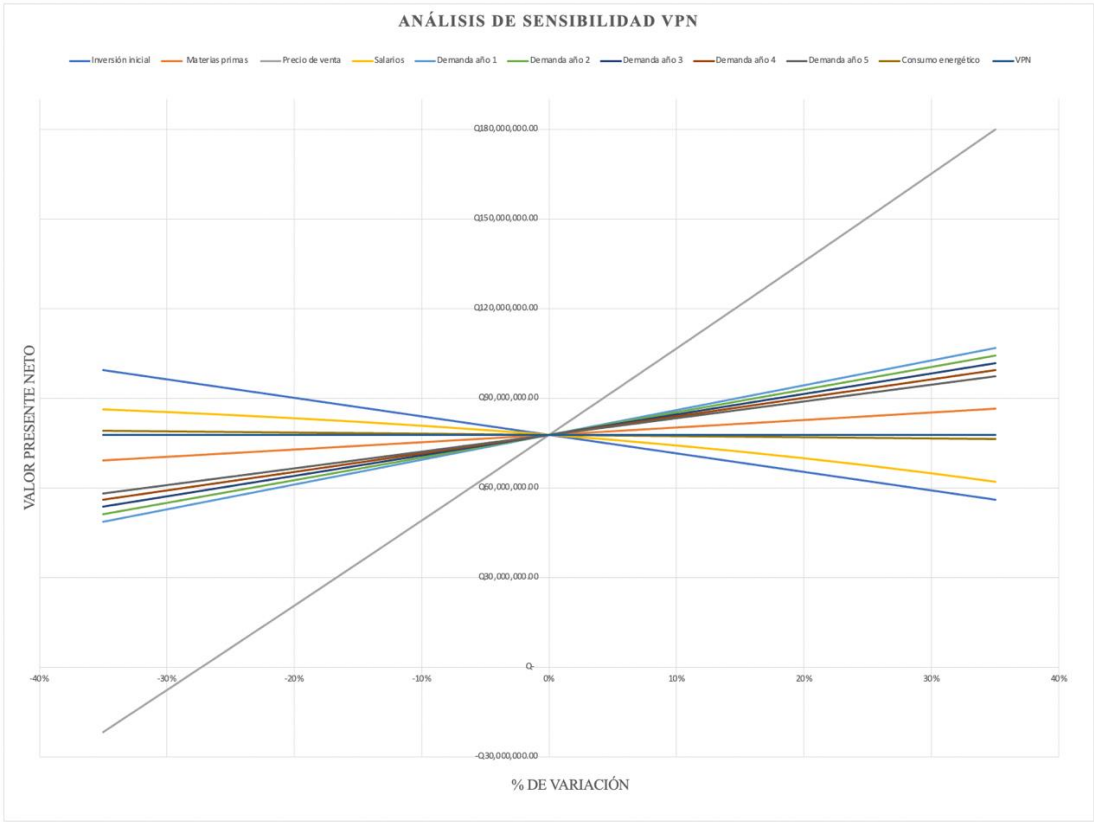
El análisis de sensibilidad es una herramienta esencial para identificar qué variables deben ser controladas de manera más estricta para garantizar la rentabilidad y qué variables ofrecen una mayor flexibilidad ante posibles variaciones.

5.2.4.1 Impacto de las variables en la TIR y el VPN

Los gráficos de sensibilidad, como se muestra a continuación en las figuras 12 y 13 permiten identificar qué variables tienen un mayor impacto en la TIR y el VPN. Las líneas más inclinadas (mayor pendiente) indican que un pequeño cambio en esa variable afecta

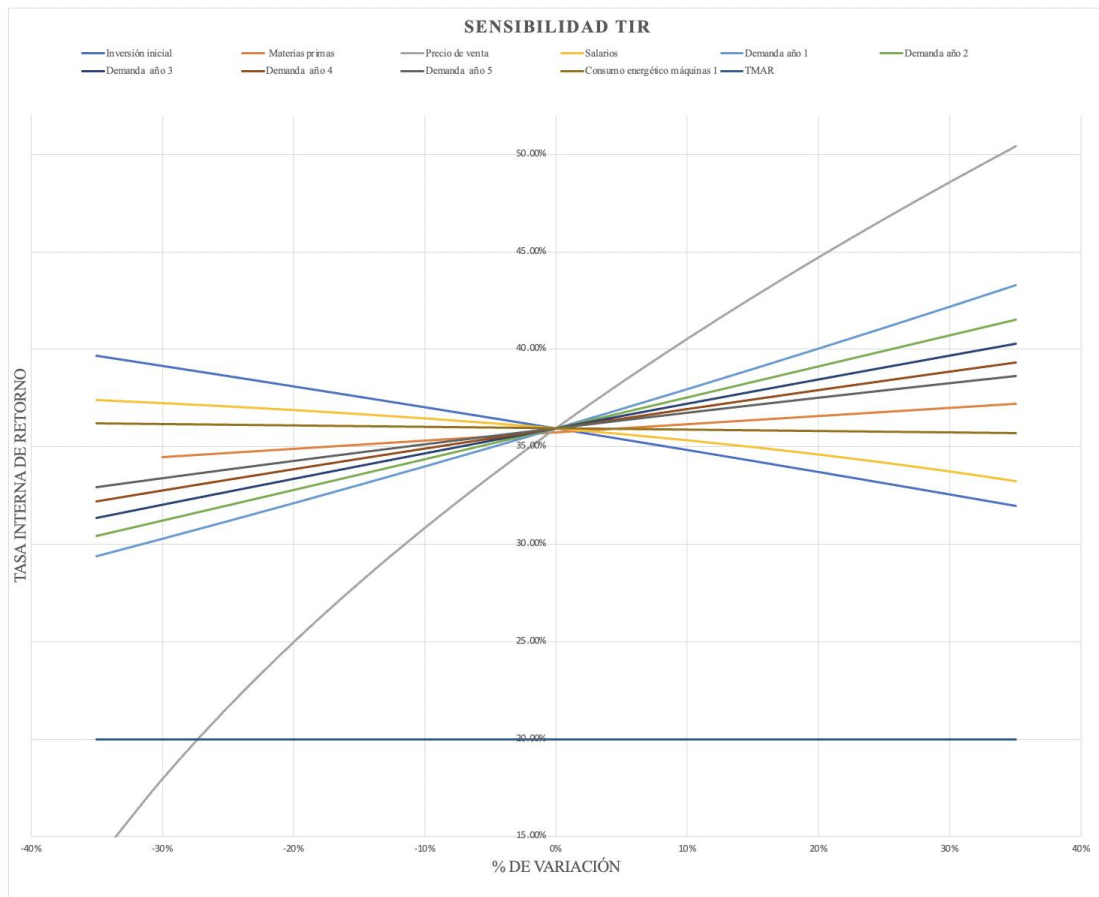
significativamente la rentabilidad del proyecto. Por otro lado, las líneas más horizontales sugieren que incluso grandes variaciones en esas variables tendrán un impacto mínimo.

Figura 12. Análisis de sensibilidad evaluando el Valor Presente Neto (VPN)



Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Análisis de sensibilidad evaluando la Tasa Mínima Atractiva de Retorno (TIR)



Fuente: Elaboración propia

5.2.4.2 Variables de Alto Impacto

- **Precio de venta:** El precio de venta se identificó como la variable más influyente tanto para la TIR como para el VPN. Un incremento en el precio de venta mejora de manera significativa los ingresos del proyecto, lo que lleva a un aumento directo en la rentabilidad. Por lo tanto, es fundamental establecer un precio competitivo y mantener un control sobre esta variable, ya que cualquier disminución podría llevar rápidamente el proyecto a una zona de no rentabilidad.
- **Inversión inicial:** La inversión inicial también se mostró como una variable de alto impacto. A medida que aumentan los costos de inversión, la TIR y el VPN se ven reducidos, ya que se incrementa la cantidad que el proyecto debe recuperar para ser rentable. Por otro lado, una reducción en la inversión inicial tiene un efecto positivo sobre estos indicadores, mejorando la viabilidad del proyecto.
- **Demanda proyectada:** La demanda en los primeros años del proyecto es otra variable de gran importancia. Si las ventas proyectadas se cumplen o superan, el proyecto generará mayores ingresos, lo que elevará la TIR y el VPN. Sin embargo, si la demanda cae por debajo de lo esperado, la rentabilidad se verá afectada, lo que resalta

entonces la importancia de las estrategias de marketing y ventas para asegurar un volumen de ventas adecuado.

5.2.4.2 Variables de Bajo de Impacto

- **Consumo energético:** El consumo energético de las máquinas mostró un impacto relativamente bajo en la TIR y el VPN. Aunque sigue siendo un costo operativo importante, los cambios en esta variable no tienen un efecto significativo en la rentabilidad general del proyecto.
- **Salarios:** Los salarios al igual que el consumo eléctrico, aunque representan un costo operativo considerable, no muestran un gran impacto en la rentabilidad del proyecto. Las variaciones en los costos laborales no afectan de manera significativa los indicadores financieros, lo que otorga más flexibilidad en la gestión de esta variable.
- **Materias primas:** Aunque las materias primas son fundamentales en el proceso productivo, su impacto en la TIR y el VPN es moderado en comparación con variables como el precio de venta o la inversión inicial. Un aumento en los costos de insumos afectará la rentabilidad, pero en menor medida que las variables de alto impacto.

5.2.4.3 Puntos de Equilibrio de las Variables Críticas

El análisis de sensibilidad también permitió calcular los puntos de equilibrio de cada variable clave. El punto de equilibrio es el valor en el que la variable cruza la línea de la TMAR (Tasa Mínima Aceptable de Retorno) o el VPN hacia la región de no aceptación, lo que significa que el proyecto dejaría de ser rentable si la variable supera o cae por debajo de ciertos límites.

5.2.4.4 Punto de Equilibrio del Precio de Venta

Dado que el precio de venta tiene el mayor impacto, es fundamental determinar el valor mínimo que puede tener esta variable antes de que la rentabilidad del proyecto se vea comprometida. El punto de equilibrio del precio de venta indica el precio más bajo que se puede cobrar por los vehículos sin poner en riesgo la viabilidad financiera del proyecto.

Cuadro 48. Punto de equilibrio para el precio de venta 2025-2028

Año	PDE precio de venta
2025	Q 119,653.42
2026	Q 124,636.23
2027	Q 129,826.54
2028	Q 135,232.99
2029	Q 140,864.59

Fuente: Elaboración propia

Se observa en el Cuadro 48, que en el año 2025 el precio de equilibrio es Q119,653.42, lo que significa que cualquier precio inferior a este pondría en riesgo la rentabilidad del proyecto. A medida que avanzan los años y los costos operativos aumentan, también sube el precio mínimo necesario para mantener la rentabilidad. En 2026, el precio

de equilibrio es de Q124,636.23, reflejando el aumento de los costos previstos. Para 2027, se requiere un precio mínimo de Q129,826.54 para cubrir los gastos y asegurar la viabilidad financiera. En 2028, el precio mínimo de venta sube a Q135,232.99, lo que indica que se debe ajustar constantemente el precio de venta a medida que los costos incrementan. Finalmente, para 2029, el punto de equilibrio del precio de venta es Q140,864.59.

Estos valores permiten establecer una estrategia clara para fijar los precios de los vehículos a lo largo del tiempo, asegurando que, aunque los costos operativos suban, el precio de venta mantenga el proyecto dentro de un rango rentable. Así, se podrá mantener la estabilidad financiera del proyecto de la planta de ensamblaje a lo largo de los cinco años proyectados, evitando que el precio de venta caiga por debajo de los niveles críticos que comprometería su viabilidad.

5.2.4.5 Punto de Equilibrio de la Inversión Inicial:

El Punto de Equilibrio de la Inversión Inicial refleja el valor máximo que esta variable puede alcanzar antes de que el proyecto deje de ser rentable. En este análisis, se determinó que el punto de equilibrio de la inversión inicial es de Q276,818,735.16, lo que significa que cualquier valor superior a este comprometería la viabilidad financiera del proyecto. Mantener la inversión inicial bajo control es crucial, ya que los costos de inversión tienen un impacto directo en los indicadores financieros como la TIR y el VPN.

Este punto de equilibrio permite definir un límite claro para los gastos de capital y garantiza que el proyecto se mantenga dentro de un rango rentable. Además, es una herramienta importante para la planificación financiera, ya que ayuda a identificar hasta qué punto es viable realizar inversiones adicionales sin poner en riesgo la rentabilidad a largo plazo. Al establecer este límite, se asegura que el proyecto pueda recuperar su inversión y generar rendimientos suficientes para ser considerado financieramente exitoso.

5.2.4.6 Punto de Equilibrio de la Demanda

El Punto de Equilibrio de la Demanda es una herramienta clave que permite identificar la cantidad mínima de unidades que deben venderse cada año para asegurar que el proyecto mantenga su rentabilidad. A través del análisis de sensibilidad, se observó que, si las ventas caen por debajo de esta cantidad, el proyecto comenzaría a perder su viabilidad financiera.

Este punto de equilibrio establece metas claras de ventas, que resultan esenciales para que los ingresos cubran tanto los costos fijos como los costos variables. La tabla a continuación presenta los valores calculados para los años 2025 a 2029, mostrando las unidades mínimas que deben venderse en cada año para que el proyecto continúe siendo rentable. Estos valores se basan en los costos fijos y variables estimados, así como en el margen de contribución por unidad vendida.

Como se observa en el Cuadro 49, en 2025, el proyecto requiere la venta de al menos 996 unidades para cubrir sus costos y mantener su viabilidad financiera. En 2029, esta cantidad disminuye a 374 unidades debido a los ajustes en los costos fijos y en el precio de

venta. Estos puntos de equilibrio permiten planificar con mayor precisión, estableciendo objetivos de ventas que se alinean con las proyecciones financieras del proyecto.

Cuadro 49. Punto de equilibrio para las unidades vendidas 2025-2028

Año	2025		2026		2027		2028		2029	
Costos fijos anuales	Q	10,150,420.95	Q	10,584,986.36	Q	11,038,159.69	Q	11,510,737.86	Q	12,003,551.90
Precio de venta	Q	122,000.00	Q	127,080.53	Q	132,372.63	Q	137,885.11	Q	143,627.15
Costos variables por unidad	Q	111,483.97	Q	111,483.97	Q	111,483.97	Q	111,483.97	Q	111,483.97
Margen de contribución	Q	10,516.03	Q	15,596.56	Q	20,888.66	Q	26,401.14	Q	32,143.19
PDE unidades vendidas		966		679		529		436		374

Fuente: Elaboración propia

5.3 Discusión

5.3.1 Análisis del proceso de recolección y distribución de costos

Uno de los aspectos más destacados del análisis del proyecto es la selección de Escuintla como la ubicación óptima para la planta automotriz. Este departamento ofrece ventajas estratégicas debido a su proximidad al Puerto Quetzal, facilitando tanto la importación de materias primas como la exportación de vehículos. Además, cuenta con una infraestructura sólida y terrenos a precios competitivos, lo que reduce los costos operativos en comparación con otras opciones. Estos factores aseguran que la planta opere de manera eficiente y rentable a largo plazo.

En cuanto al terreno, se realizó una inversión significativa. Dado que la planta requiere espacio adicional para futuras expansiones, se adquirió un terreno de 15,000 metros cuadrados, cuyo costo aproximado fue de Q18,382,374.41. Esta adquisición garantiza que la planta tenga suficiente espacio para crecer y adaptarse a las necesidades del mercado a largo plazo, lo que refuerza aún más la viabilidad de Escuintla como la mejor opción para este proyecto.

En cuanto a los costos relacionados con el personal, el análisis muestra que los gastos mensuales totales ascienden a Q698,383.87, como se refleja en la Tabla 5. Este monto incluye los salarios base y las contribuciones adicionales obligatorias. Los cargos clave, como el Gerente General, con un salario mensual de Q45,517.83, y el Gerente de Producción, que percibe Q26,117.33, representan una inversión esencial para garantizar la gestión eficiente de las operaciones diarias de la planta. La planificación salarial asegura que la estructura organizativa esté bien preparada para cumplir con los objetivos productivos y organizacionales de la planta.

La inversión en maquinaria también es un factor crítico en la planificación del proyecto. El costo total de los equipos alcanza Q8,746,824.46, según se detalla en la Tabla 6. La adquisición de equipos clave como los brazos de ensamblaje, máquinas de soldadura y de pintura es esencial para asegurar la capacidad productiva de la planta. El consumo energético de la planta es otro componente relevante en los costos operativos. De acuerdo con el análisis energético de las máquinas el gasto mensual de energía se estima en Q10,749.26, lo que implica un costo anual de Q128,991.17. Además, el consumo energético para la iluminación de la planta asciende a Q1,842.70 mensuales. Estos valores evidencian la importancia de implementar estrategias de eficiencia energética, ya que optimizar el consumo podría generar ahorros sustanciales a largo plazo, contribuyendo a la rentabilidad del proyecto.

El costo de las materias primas es otro factor determinante. El valor total 16 muestra asciende a Q110,439.69, de los cuales Q92,639.14 corresponde a piezas importadas, Q2,648.95 a piezas adquiridas localmente y Q16,195.93 a las materias primas manufacturadas en la planta, principalmente planchas de aluminio utilizadas para la fabricación de autopartes. Estos costos reflejan la importancia de optimizar las fuentes de abastecimiento, ya que la posibilidad de fabricar o adquirir componentes localmente podría

ofrecer ventajas competitivas, como la reducción de costos y una mayor flexibilidad ante fluctuaciones en los mercados internacionales.

Por último, el mobiliario y equipo necesario para la planta también representa una inversión importante, con un costo total estimado en Q1,759,252.81. Este presupuesto incluye todo lo necesario para las oficinas, áreas comunes y espacios operativos, asegurando que la planta funcione sin contratiempos desde el primer día de operación. [06]

5.3.2 Análisis de la implementación del costeo ABC y Determinación de Inversión Inicial

La aplicación del Costeo Basado en Actividades (ABC) fue fundamental para gestionar de manera eficiente los recursos en el proyecto de la planta automotriz. A diferencia de métodos tradicionales, el ABC permitió vincular los costos directamente a las actividades específicas, como la adquisición de maquinaria, construcción y capacitación del personal. Esto no solo mejoró la precisión en la asignación de recursos, sino que también ofreció una mayor transparencia, facilitando el control de gastos y la identificación de posibles ineficiencias desde etapas tempranas.

Una de las mayores ventajas del enfoque ABC fue su capacidad para dar visibilidad a los costos indirectos, como el consumo de energía, servicios básicos y la gestión del equipo de proyectos. Estos costos, a menudo difíciles de rastrear, fueron asignados con claridad, lo que permitió optimizar el presupuesto sin descuidar ninguna parte crítica del proyecto. Además, esta metodología fomentó una planificación dinámica, permitiendo ajustes rápidos y efectivos en función de las necesidades del proyecto.

Finalmente, el desglose detallado en la Tabla 20 de los costos totales, que asciende a Q173,123,558.87, junto con la previsión de un fondo de contingencia del 15%, asegura que el proyecto pueda enfrentar imprevistos sin comprometer su viabilidad financiera.

5.3.3 Análisis de viabilidad del proyecto

El análisis del flujo de efectivo proyectado evidenció que el proyecto de la planta automotriz era financieramente sólido. La Tasa Interna de Retorno (TIR), alcanzando un 35.94%, superó de manera considerable la Tasa Mínima Aceptable de Retorno (TMAR) fijada en el 20%. Este margen superior entre ambas tasas subrayó que el proyecto ofrecía una rentabilidad notable, más allá de los mínimos establecidos por los inversionistas. En otras palabras, no solo se cubrieron los costos de inversión, sino que también se generaron utilidades significativas, lo que destacó el atractivo financiero del proyecto.

Por otro lado, el Valor Presente Neto (VPN), calculado en Q77,726,642.47, confirmó la capacidad del proyecto para generar beneficios adicionales al monto inicial de inversión. Este resultado positivo demostró que la inversión no solo sería recuperada, sino que también proporcionaría ingresos superiores al capital invertido. A largo plazo, esto reafirmó la viabilidad económica del proyecto, haciendo que la operación se mantuviera rentable en un horizonte de cinco años.

El periodo de recuperación estimado en 3.26 años resultó ser especialmente favorable. Este tiempo de recuperación corto brindó confianza a los inversionistas, quienes sabrían que podrían comenzar a recibir beneficios en un plazo relativamente breve. Para asegurar la precisión de este dato, se utilizó el Valor Presente Neto Acumulado, que permitió determinar el momento exacto en que la inversión pasaría de pérdidas a ganancias. Este análisis fue clave para garantizar la estabilidad financiera del proyecto en el corto plazo.

En cuanto a la estructura de los precios de venta, se evidenció la necesidad de realizar ajustes para garantizar la competitividad en el mercado. Al comparar los márgenes operativos proyectados para la planta con los estándares de la industria automotriz internacional, se encontró que compañías como Toyota, Ford y Volkswagen operaban con márgenes significativamente menores, oscilando entre el 6% y el 10%. Esto contrastaba con los márgenes esperados para la planta automotriz en Guatemala, que se ubicaban entre el 26.63% y el 30.86%.

Dado que los márgenes proyectados eran considerablemente más altos que los promedios del sector, fue necesario realizar un ajuste en los precios de venta. Mantener precios elevados podría haber afectado la demanda, haciendo que el proyecto perdiera competitividad en el mercado. Alinear los precios con los estándares globales permitió mejorar la rentabilidad sin comprometer la competitividad del producto. El ajuste de los precios de venta proyectados (Cuadro 38) ayudó a que la planta pudiera mantenerse en línea con las dinámicas de la industria automotriz global.

En resumen, el ajuste de precios no solo fue una acción correctiva necesaria, sino una medida estratégica clave para garantizar que el proyecto pudiera prosperar en un mercado global, sin sacrificar los márgenes operativos, asegurando así la viabilidad del proyecto en el futuro.

5.3.4 Análisis de sensibilidad y variables críticas para el proyecto de la planta automotriz

El análisis de sensibilidad, ilustrado en las figuras 12 y 13 fue fundamental para entender cómo variaciones en las principales variables podrían afectar la rentabilidad del proyecto automotriz. Durante este proceso, se identificó que el precio de venta tenía el mayor impacto en la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Presente Neto (VPN). Incluso pequeños cambios en el precio de venta generaban efectos significativos en los ingresos, lo que subrayaba la importancia de mantener un precio competitivo.

Otro aspecto clave fue la inversión inicial. El análisis demostró que controlar esta inversión por debajo del punto de equilibrio de Q276,818,735.16 es vital para asegurar la rentabilidad del proyecto a largo plazo. Una reducción en la inversión habría disminuido los costos y mejorado los márgenes de ganancia, algo que aportaría una mayor estabilidad financiera al proyecto.

La demanda proyectada también resultó ser una variable crítica. Según las proyecciones, si la demanda no alcanzaba los niveles esperados, el proyecto habría visto comprometida su viabilidad.

Por último, variables como los salarios y el consumo energético presentaron menos impacto, lo que ofrece mayor flexibilidad para realizar ajustes sin comprometer los resultados financieros. Este análisis proporcionó una visión clara sobre cómo manejar las áreas críticas del proyecto bajo las estrategias planteadas.

6. Análisis de la demanda de vehículos hatchback y determinación de la ubicación óptima de una planta de ensamblaje mediante técnicas de levantamiento de datos, modelado estadístico y análisis económico para comprender las preferencias del mercado, ajustar modelos de demanda, evaluar factores económicos y tomar decisiones informadas sobre la ubicación de la planta.

6.1. Marco teórico

6.1.1. Conceptos generales

6.1.1.1. Ingeniería industrial y su posición en la industria

En primer lugar, la ingeniería industrial se define como una disciplina que se concentra en el diseño, mejora e implementación de sistemas integrados, que involucran personas, recursos, información, energía y materiales para crear productos y servicios de manera eficiente y efectiva. Su evolución histórica, desde sus inicios hasta la actualidad, muestra hitos importantes y cambios en su enfoque y perspectivas.

Algunas de las funciones principales de la ingeniería industrial incluyen la gestión de operaciones, la optimización de procesos, el control de calidad, la logística, la gestión de la cadena de suministro y la gestión de proyectos. Además, esta disciplina se aplica en una amplia gama de sectores industriales, como manufactura, servicios, salud, transporte y energía, entre otros. Es preciso mencionar la relevancia de la ingeniería industrial para la mejora y optimización de todo tipo de procesos en la industria; ya que esta se enfoca en la mejora continua mediante la identificación y el análisis de procesos, utilizando herramientas como el control de calidad y Six Sigma para reducir defectos y optimizar la eficiencia de manera constante (UTECH, 2022).

Esta disciplina también se centra en la eficiencia operativa al optimizar el uso de recursos, incluyendo materiales, mano de obra y tiempo, a través de técnicas como el diseño de sistemas y la optimización de la cadena de suministro. Su aplicación ha demostrado ser crucial para el éxito de organizaciones en diferentes sectores, mediante la implementación de conceptos y herramientas específicas (Universidad El Bosque s. f.).

6.1.1.2. Demanda

La demanda se refiere a la cantidad de un bien o servicio que los consumidores están dispuestos y son capaces de comprar a un determinado precio y en un período de tiempo específico. Es un concepto fundamental en economía que refleja la relación entre el precio de un producto y la cantidad que los consumidores desean adquirir. La demanda puede estar influenciada por diversos factores, como el precio del bien, el ingreso de los consumidores, los gustos y preferencias, y los precios de bienes sustitutos o complementarios (Ucha, 2024).

6.1.1.3. Oferta

En el contexto del mercado automotriz, la oferta se refiere a la cantidad de vehículos hatchback que los fabricantes están dispuestos a vender a diferentes precios en un período de tiempo determinado. Esta cantidad está determinada por la capacidad de producción de las plantas ensambladoras, los costos de producción, la disponibilidad de materias primas y componentes, así como por las estrategias comerciales de las empresas fabricantes. La oferta puede variar en función de la demanda del mercado y de las condiciones económicas y comerciales (Pedrosa, 2024).

6.1.1.4. Modelado estadístico

El modelado estadístico es un enfoque utilizado para analizar datos y comprender las relaciones entre variables. Consiste en utilizar técnicas estadísticas para desarrollar modelos matemáticos que describan y expliquen el comportamiento de un conjunto de datos. Estos modelos pueden utilizarse para predecir valores futuros, identificar tendencias y patrones, y tomar decisiones informadas (IBM Documentation, s. f.).

Entre los diferentes modelos estadísticos que se pueden utilizar para analizar la demanda se encuentran:

1. **Regresión lineal:** Es un método que busca establecer una relación lineal entre una variable dependiente y una o más variables independientes. Se utiliza para predecir el valor de una variable basándose en los valores de otras variables relacionadas.
2. **Modelos de series temporales:** Estos modelos se utilizan para analizar datos que varían con el tiempo. Se centran en identificar patrones y tendencias en los datos a lo largo de períodos de tiempo consecutivos. Pueden utilizarse para predecir valores futuros en función de observaciones pasadas.

3. **Suavizamiento exponencial:** Es una técnica de pronóstico que utiliza promedios móviles ponderados para suavizar series temporales y eliminar fluctuaciones aleatorias. Funciona asignando un mayor peso a los datos más recientes, con este peso disminuyendo exponencialmente a medida que se retrocede en el tiempo, siendo la constante de suavizado crucial para determinar la importancia de los datos históricos.

6.1.1.5. Mercado

El mercado, en términos generales, se refiere al entorno donde se encuentran los compradores y vendedores que participan en el intercambio de bienes y servicios. Es el lugar o la situación donde se lleva a cabo la oferta y la demanda de productos y servicios, con el objetivo de satisfacer las necesidades y deseos de los consumidores. En el contexto del mercado automotriz, específicamente para vehículos hatchback, el mercado se refiere al conjunto de consumidores interesados en adquirir este tipo de vehículos, así como a las empresas fabricantes y vendedoras que ofrecen estos productos.

6.1.1.6. Análisis económico

El análisis económico es el estudio sistemático de las relaciones económicas, como la producción, distribución y consumo de bienes y servicios, así como los factores que influyen en estas actividades, como la oferta, la demanda, los precios y las políticas gubernamentales. Este análisis utiliza herramientas y técnicas de la teoría económica para comprender y evaluar diferentes aspectos de la actividad económica, con el fin de tomar decisiones informadas y formular políticas económicas eficaces (elEconomista.es, 2024).

6.1.1.7. Ensamblaje automotriz

El ensamblaje automotriz es el proceso de fabricación de vehículos mediante la unión de diferentes componentes y partes para crear un producto completo, listo para su uso y venta. Este proceso implica la integración de diversas operaciones, como el montaje de carrocerías, la instalación de motores, la colocación de sistemas eléctricos y la aplicación de acabados exteriores e interiores. El ensamblaje automotriz se lleva a cabo en plantas especializadas que cuentan con equipos y tecnologías específicas para garantizar la eficiencia y calidad en la producción de vehículos (Ensamblaje Automotriz: El Cuerpo - FerrePro, s. f.).

6.1.1.8. Microeconomía

La microeconomía es una rama de la economía que se centra en el estudio del comportamiento económico de agentes individuales, como consumidores, empresas y trabajadores, así como en la interacción entre ellos en mercados específicos. Se ocupa de analizar cómo se toman decisiones en relación con la asignación de recursos limitados para satisfacer necesidades y deseos, así como de estudiar la formación de precios y la oferta y demanda de bienes y servicios en mercados particulares (¿Qué Son la Micro y la Macroeconomía?, s. f.).

6.1.1.9. Macroeconomía

Por su parte, la macroeconomía es una rama de la economía que se enfoca en el estudio de fenómenos económicos a nivel agregado, como el crecimiento económico, la inflación, el desempleo y las fluctuaciones económicas a gran escala. Se encarga de analizar variables económicas a nivel nacional o global, como el Producto Interno Bruto (PIB), la tasa de interés, la política fiscal y monetaria, y el comercio internacional, con el objetivo de comprender y predecir el funcionamiento de la economía en su conjunto (¿Qué Son la Micro y la Macroeconomía?, s. f.).

6.1.1.10. Variables económicas

Las variables económicas son medidas cuantitativas que representan diferentes aspectos del desempeño económico de un país, región o mercado. Estas variables pueden incluir indicadores como el Producto Interno Bruto (PIB), la tasa de inflación, el desempleo, la producción industrial, el consumo, la inversión, las tasas de interés, el tipo de cambio, entre otros. Las variables económicas se utilizan para analizar y comprender la situación económica, identificar tendencias, evaluar el impacto de políticas y eventos económicos, y tomar decisiones informadas en áreas como la inversión, la política monetaria y fiscal, y la planificación empresarial (López, 2021).

6.1.1.11. Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad es una técnica utilizada para evaluar cómo cambian los resultados de un modelo o una decisión ante variaciones en ciertas variables clave. Consiste en identificar y cuantificar el impacto que tienen cambios en determinadas variables sobre los resultados del análisis. Este análisis ayuda a comprender la robustez de un modelo o de una decisión frente a diferentes escenarios y a identificar las variables que más influyen en los resultados.

6.1.1.12. Producto Interno Bruto

El Producto Interno Bruto (PIB) es una medida económica que cuantifica el valor total de todos los bienes y servicios finales producidos dentro de las fronteras de un país en un período específico, generalmente un año o un trimestre. Es un indicador crucial de la salud económica de una nación, proporcionando una estimación del tamaño y el rendimiento de su economía.

El PIB es fundamental para economistas y responsables de políticas económicas porque proporciona una visión general de la actividad económica, lo que influye en la toma de decisiones en áreas como la política fiscal y monetaria. Su análisis permite evaluar el crecimiento económico, comparar el rendimiento económico entre diferentes países y períodos, y diseñar estrategias para mejorar la economía (Santander, s. f.).

6.1.1.13. Tasa de interés

La tasa de interés es el porcentaje cobrado o pagado por el uso de dinero prestado o invertido durante un período específico. Representa el costo del dinero cuando se toma un préstamo y la recompensa recibida cuando se presta dinero. Aplicada en contextos como préstamos personales, hipotecas, tarjetas de crédito y depósitos bancarios, la tasa de interés influye en el consumo, la inversión y las decisiones de ahorro. Además, es una herramienta crucial para los bancos centrales en el control de la inflación y la estabilidad económica (CMF Educa - ¿Qué es la Tasa de Interés?, s. f.).

6.1.1.14. Tasa de inflación

La tasa de inflación es el porcentaje que indica el aumento generalizado y sostenido de los precios de bienes y servicios en una economía durante un período determinado, generalmente un año. Refleja la pérdida de poder adquisitivo del dinero, ya que con el tiempo, una cantidad fija de dinero compra menos bienes y servicios. La inflación puede ser medida mediante índices como el Índice de Precios al Consumidor (IPC). Un nivel moderado de inflación es normal en una economía saludable, pero niveles muy altos o muy bajos pueden indicar problemas económicos (Morales, 2022).

6.1.1.15. Tasa de desempleo

La tasa de desempleo es un indicador económico que representa el porcentaje de personas en la fuerza laboral que están activamente buscando empleo, pero no pueden encontrar trabajo. Se calcula dividiendo el número de desempleados por la suma de los empleados y los desempleados, y luego multiplicando el resultado por 100 para obtener el porcentaje. Esta tasa proporciona información sobre la salud del mercado laboral y la economía en general; una tasa alta puede señalar problemas económicos, mientras que una baja indica un mercado laboral fuerte (Burguillo, 2021).

6.1.2. Herramientas a emplear

6.1.2.1. R y RStudio

R es un lenguaje de programación y un entorno de software especializado en análisis estadístico y visualización de datos. Al ser de código abierto, es gratuito y cuenta con una comunidad activa de usuarios y desarrolladores que contribuyen a su mejora continua y popularización. A su vez, ofrece una amplia gama de paquetes y bibliotecas que permiten realizar análisis estadísticos avanzados, modelado de datos, manipulación de datos y generación de gráficos de alta calidad. La flexibilidad y extensibilidad de R lo hacen adecuado para una variedad de aplicaciones en diferentes campos, desde la investigación científica hasta el análisis de negocios (Rafa, 2020).

Por su parte, RStudio es un entorno de desarrollo integrado, el cual está diseñado específicamente para trabajar en conjunto con R. Esta herramienta, ofrece una interfaz de usuario intuitiva que simplifica la escritura, la depuración y la ejecución de código en R. Además, proporciona herramientas adicionales para la gestión de proyectos, la visualización de datos, la generación de informes y la integración con otras herramientas y servicios (Rafa, 2020).

6.1.2.2. AutoCAD

AutoCAD es un software de diseño asistido por computadora el cual es desarrollado por Autodesk. Se utiliza en diversos campos como arquitectura, ingeniería y construcción y permite crear, editar y visualizar dibujos en dos y tres dimensiones con precisión milimétrica. Esta plataforma ofrece herramientas avanzadas para la edición, visualización en 3D, gestión de capas y presentación de dibujos. Aunado a esto, es de vital importancia para la comunicación de ideas, la planificación de proyectos y la documentación técnica en diferentes industrias (Quispe, 2020).

6.1.2.3. Power BI

Power BI es un software gratuito de análisis y visualización de datos con una interfaz intuitiva similar a Microsoft Office. Entre algunos de sus beneficios cabe mencionar que permite conectar con diversas fuentes de datos, ofrece herramientas para la limpieza y transformación de datos, y facilita la creación de informes interactivos y dashboards. Con esta herramienta, los usuarios pueden tomar decisiones más informadas, mejorar la comprensión de los datos, identificar tendencias y patrones en los datos, y colaborar fácilmente entre equipos. Este se puede emplear en áreas como ventas, marketing, finanzas, operaciones y análisis de clientes (Urrutia, 2023).

6.1.2.4. Google Colab (Python)

Google Colab es una plataforma en línea gratuita desarrollada por Google que permite a los usuarios escribir y ejecutar código de forma colaborativa. Esta plataforma brinda acceso a recursos informáticos útiles para tareas que requieren un alto poder de cálculo, como el aprendizaje automático. Al estar basada en la nube, Google Colab permite trabajar desde cualquier ubicación y compartir fácilmente proyectos con otros colaboradores (Google Colab, s. f.).

6.2. Metodología

La metodología propuesta para el presente trabajo de graduación se estructuró en torno a la organización por fases de los objetivos específicos diseñados para abordar de manera integral el análisis de la demanda de vehículos hatchback y la identificación de la ubicación óptima para una planta de ensamblaje automotriz. Cada uno de estos se enmarcó en un proceso metodológico detallado que abarcó desde la recopilación de datos hasta la formulación de recomendaciones estratégicas, con el fin de proporcionar un enfoque completo y riguroso para la investigación.

El primer objetivo específico se centró en el levantamiento de datos de demanda de vehículos hatchback. Esta fase inicial del proceso metodológico implicó la recolección de información sobre las preferencias del mercado, las tendencias de consumo y los patrones de compra de los consumidores. Para lograrlo, se emplearon diversas técnicas de investigación, como la revisión de fuentes secundarias, la realización de encuestas y entrevistas, y el análisis de datos históricos y actuales. Este enfoque garantizó la obtención de datos robustos y representativos que sirvieron como base para el análisis posterior.

Seguidamente, se tuvo como objetivo el modelado mediante modelos estadísticos en el contexto de la producción de vehículos hatchback. Esta etapa implicó el análisis y ajuste de los datos de demanda utilizando técnicas estadísticas avanzadas para pronosticar tendencias futuras con mayor precisión. Además, se establecieron criterios claros para determinar cuándo un vehículo estaba listo para su comercialización, lo que garantizó la coherencia en la interpretación de los resultados y la objetividad en la toma de decisiones.

Posterior a esto, se tuvo como objetivo el análisis de variables económicas a nivel micro y macroeconómico que pudieran influir en la demanda de vehículos hatchback. Esta fase del proceso metodológico implicó una revisión puntual de fuentes externas, como informes económicos y análisis sectoriales, para identificar factores económicos clave que pudieran impactar en el mercado automotriz. Este análisis proporcionó una comprensión más profunda del entorno económico y permitió anticipar posibles cambios en la demanda del mercado.

El cuarto punto se basó en realizar un análisis de sensibilidad de variables económicas para evaluar el impacto potencial de ciertos cambios en el entorno económico en la demanda de vehículos hatchback. Esta etapa del proceso metodológico implicó la exploración de diferentes escenarios y la evaluación de su impacto en la demanda del mercado. Este análisis ayudó a identificar posibles riesgos y oportunidades, permitiendo a las empresas desarrollar estrategias de mitigación y adaptación.

Como quinto objetivo, se definió la ubicación óptima de la planta de ensamblaje de vehículos hatchback. Este proceso de toma de decisiones se basó en toda la información recopilada y analizada en las etapas anteriores, considerando factores como la demanda del mercado, la disponibilidad de recursos y los costos operativos. El resultado fue la identificación de las ubicaciones que ofrecieron las mejores oportunidades para el éxito a largo plazo de la planta, respaldada por un análisis riguroso y datos sólidos.

Los datos recolectados se analizaron utilizando técnicas estadísticas y herramientas propias de ingeniería. Se realizó un proceso de limpieza y preparación de datos, seguido de análisis estadístico descriptivo para identificar patrones. Para el modelado de la demanda, se empleó un modelo estadístico con el software de PowerBI. Se realizó un análisis de sensibilidad de variables económicas utilizando técnicas de ingeniería económica y herramientas como análisis de escenarios y modelos de simulación. Esto proporcionó información para la toma de decisiones estratégicas en el sector automotriz guatemalteco.

Es preciso mencionar que el enfoque del presente trabajo de graduación se justificó como una investigación tanto descriptiva como cualitativa. Esto se debió a una serie de factores, entre los cuales destacaron tanto el objetivo principal, como los específicos. En primer lugar, al analizar la demanda de carros hatchback en el mercado automotriz guatemalteco, se requirió una comprensión detallada de las tendencias y patrones de compra, lo cual implicó describir las preferencias del consumidor y los factores que influyen en las decisiones de este. Dicho análisis se basó en la recopilación y revisión de datos históricos, así como en la literatura relacionada, para identificar tendencias observadas.

Además, al determinar y analizar las ventas esperadas del vehículo ensamblado en Guatemala, se necesitó un enfoque cualitativo para evaluar las variables micro y macroeconómicas que pudieron llegar a afectar las ventas del vehículo, tales como las tasas de interés y la evolución del precio de venta de los vehículos. Por lo anterior, el estudio implicó una descripción detallada de los factores que influyeron en las decisiones de compra, así como una proyección cualitativa de las ventas futuras en función de dichas variables.

6.2.1. Fase 1: Levantamiento de datos y modelado estadístico

6.2.1.1. Revisión de literatura y recopilación general de datos: Se llevó a cabo una revisión completa de la literatura existente relacionada con la demanda de vehículos hatchback, buscando estudios previos, informes de mercado y análisis sectoriales relevantes. Además, se recopilaron datos básicos de fuentes confiables, como instituciones gubernamentales, asociaciones de la industria automotriz y bases de datos especializadas, para obtener información histórica y actual sobre la demanda de vehículos hatchback.

6.2.1.2. Encuestas, entrevistas y reconocimiento de datos: Se realizaron encuestas y entrevistas a potenciales compradores de vehículos hatchback, así como a expertos del sector automotriz, para obtener percepciones y opiniones directas sobre las preferencias del mercado y los factores que influyen en la demanda. Posteriormente, se llevó a cabo un reconocimiento y ordenamiento de los datos recopilados para identificar posibles tendencias, patrones y relaciones significativas que pudieron ayudar a comprender mejor la demanda de vehículos hatchback.

6.2.1.3. Modelado estadístico: Una vez recopilados y ordenados los datos, se procedió a evaluar diferentes modelos estadísticos, como regresión lineal y series temporales, para determinar cuál fue el más adecuado para modelar la demanda de vehículos hatchback. Posteriormente, se ajustaron los modelos seleccionados utilizando los datos recopilados, calibrando los parámetros y realizando pruebas de validez y precisión.

6.2.1.4. Análisis de errores de modelos: Con los modelos ajustados y conociendo la precisión de los mismos, se realizó un análisis de los errores presentes en estos con el objetivo de asegurar que no hubo sesgo, que se presentó normalidad, homocedasticidad y que se conoció el impacto de los errores para garantizar resultados fiables y precisos.

6.2.2. Fase 2: Análisis de escenarios con variables económicas

6.2.2.1. Identificación de variables económicas: Se llevó a cabo la clasificación y definición de variables relevantes a nivel micro y macroeconómico, incluyendo aspectos como el crecimiento del PIB, las tasas de interés y el precio del petróleo.

6.2.2.2. Recolección de datos económicos: Se realizó la recopilación de datos económicos de fuentes confiables como bancos centrales e instituciones financieras, con el objetivo de obtener información relevante para el análisis del impacto económico en el mercado de vehículos hatchback.

6.2.2.3. Análisis económico: Se llevó a cabo un examen detallado de la relación entre las variables económicas identificadas que tuvieron impacto en el modelo con la utilización de una matriz de correlación para realizar el análisis estadístico pertinente, así como determinar y discutir sobre la intercorrelación entre las mismas.

6.2.2.4. Análisis de sensibilidad con variables económicas: Se definieron diferentes escenarios económicos que representaron posibles cambios en las variables clave identificadas, seguido de la simulación del impacto de estos escenarios en la demanda de vehículos hatchback utilizando modelos estadísticos ajustados.

6.2.2.5. Evaluación de sensibilidad: Se realizó una evaluación de riesgos y oportunidades asociados con cada escenario económico, y se identificaron estrategias para mitigar riesgos y capitalizar oportunidades identificadas.

6.2.3. Fase 3: Definición de ubicación óptima de planta de ensamblaje

6.2.3.1. Análisis de ubicaciones potenciales: Se identificaron diferentes ubicaciones potenciales para la planta de producción de vehículos hatchback, considerando factores como la disponibilidad de recursos, la infraestructura existente y la proximidad a los mercados objetivo.

6.2.3.2. Evaluación de factibilidad: Se evaluó la viabilidad técnica, económica y logística de cada ubicación potencial, analizando los costos y beneficios asociados con cada opción.

6.2.3.3. Selección de ubicación óptima: Se seleccionó la ubicación óptima para la planta de producción de vehículos hatchback, basándose en el análisis detallado de los datos recopilados en los objetivos específicos anteriores y en la evaluación de cada ubicación potencial en función de los criterios establecidos.

6.3. Resultados

6.3.1. Fase 1: Levantamiento de datos y modelado estadístico

Sección 1: Análisis de ventas y población

Para la recolección de datos históricos de las ventas de vehículos hatchback, se tomó como referencia un histórico de 11 años, es decir, desde el año 2013, hasta el finalizado año 2023. Es por esto que, al recolectar dichos datos, se identificaron patrones y tendencias que agregaron solidez a la recolección de datos obtenidos. Aunado a esto, al acceder a bases de datos, se validaron los datos recopilados con expertos en el sector, ya que, de esta forma, se podrá tener una visión más realista y fiel de la investigación.

Adicionalmente, es preciso mencionar que según CarMax, el 96% de los habitantes en América conducen automóviles automáticos, y en Estados Unidos, solamente el 2% de los vehículos vendidos en 2018 fueron de transmisión manual. A su vez, Ivan Dury, de edmunds.com afirmó que la desaparición de los autos manuales facilitará las cosas para fabricantes y distribuidores debido a las demandas del mercado (Jen McCaffery, 2021).

Por lo anterior, la mayoría de los fabricantes de autos han dejado de producir modelos manuales, y el precio resultó no ser un factor determinante para tomar en cuenta para la producción. No obstante, algunas marcas como Volkswagen, Mini y Porsche todavía los fabrican bajo pedidos especiales de sus respectivos clientes. También, los autos deportivos en Estados Unidos, como Mustang, Corvette y Camaro, siguen ofreciendo transmisión manual debido a la experiencia de conducción que se puede llegar a tener, sin embargo; estos representan casos aislados.

Ahora bien, en lo que respecta al color de los vehículos, según una encuesta realizada por la empresa química BASF acerca de las tendencias de colores en la industria automotriz a nivel regional y mundial, Guatemala se caracteriza por preferir colores sobrios en los vehículos, siendo el negro, blanco y gris los más comunes. Colores llamativos como amarillo, violeta o verde intenso son raros, aunque tonos como rojo y azul son más frecuentes.

Además, empresas automotrices consultadas confirmaron que, además de los acromáticos, los colores azul y rojo también son populares, tal como indica el informe. Es preciso mencionar que, aunque los colores llamativos están ganando popularidad, los colores clásicos continúan dominando el mercado. El blanco es el color más utilizado y uno de los más revendidos, y mientras que mundialmente el negro es el segundo color más popular, en América Latina el gris ocupa ese lugar después del blanco (Farfán, 2023).

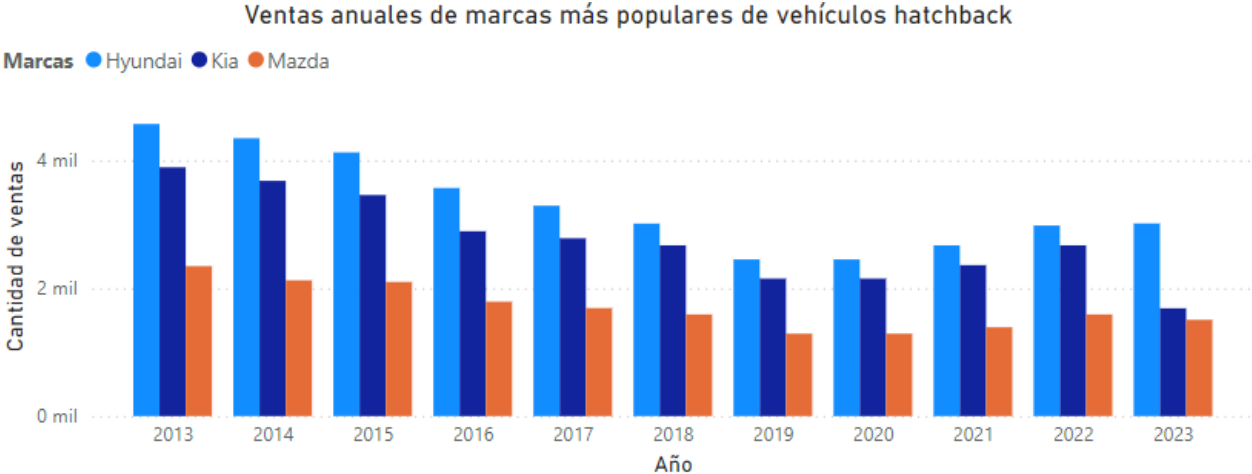
Es por esto que, para la presente recolección de datos, se tomarán como referencia vehículos tipo hatchback con transmisión automática, de colores blanco, negro y gris; los cuales son los más comunes a nivel regional y mundial.

En el caso del proceso de obtención de datos para el análisis de la demanda, es pertinente mencionar que este se realizó tomando como base lo investigado en las bases de

datos respecto a la demanda de vehículos hatchback, como lo son el Instituto Nacional de Estadística (INE) o la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT). No obstante, la entrevista con el ejecutivo de Mazda fue de vital importancia para hacer una nueva validación de los datos recabados y las tendencias identificadas en cada uno de los análisis, principalmente en lo que respecta a la demanda de los vehículos hatchback. Por lo anterior, se puede inferir que la información no se encuentra sesgada, ya que únicamente se validaron los datos recabados con la opinión experta de Edwin Laines, ejecutivo de ventas de Mazda y se tomaron como referencia sus estándares y experiencias con respecto a la popularidad creciente de los vehículos rodados en comparación a los de agencia.

En adición a esto, es preciso mencionar que al abordar datos históricos desde el 2013, se logró tener una visión más amplia y completa del panorama de los vehículos hatchback, ya que se identificaron tendencias a lo largo de los años y la forma en la que estos han ido aumentando tanto en popularidad, como en confiabilidad por parte de los usuarios.

Figura 14. Cantidad de ventas anuales de vehículos tipo hatchback por marca



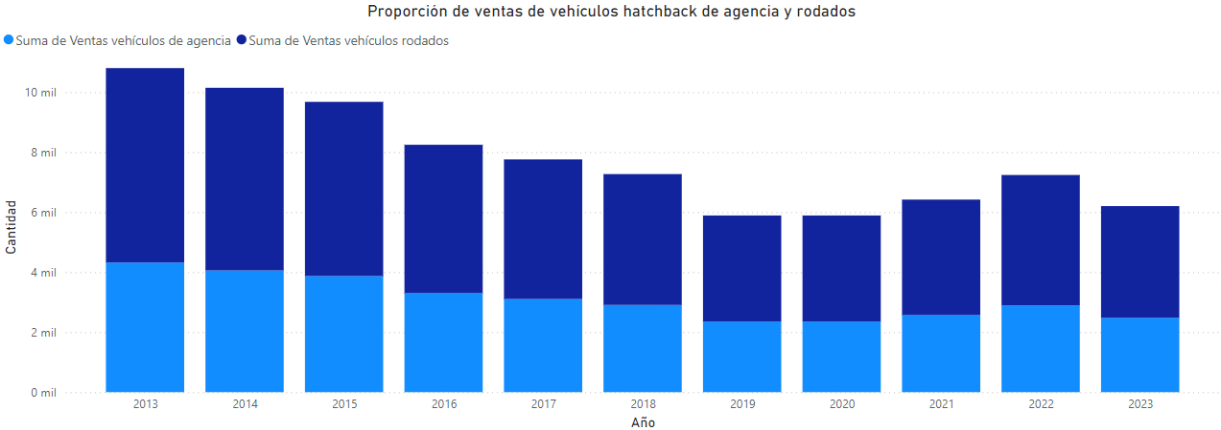
Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE)

Del gráfico anterior se puede inferir que el mercado automovilístico guatemalteco entre 2013 y 2023 muestra un decrecimiento general en las ventas de vehículos tipo hatchback, siendo Hyundai, Kia y Mazda; las tres marcas que lideran este giro de negocio. Aunque se observan fluctuaciones anuales, la disminución constante en las ventas puede atribuirse a la inestabilidad del mercado, la tendencia de los compradores hacia otro top de vehículos o cómo se puede notar en el año 2020, a factores internacionales como el brote de Covid-19; del cual se muestra una ligera recuperación en los años posteriores. Es por esto por lo que se puede apreciar una leve recuperación en los años posteriores al 2020, lo cual dictamina que el mercado de los vehículos tipo hatchback sigue en crecimiento a pesar de años con ventas irregulares.

Para tener una mejor comprensión y perspectiva de la literatura relacionada con el mercado automotriz en Guatemala, se realizó una entrevista con Edwin Laines, ejecutivo de ventas de Mazda Central.

Un aspecto importante que recalcó el ejecutivo de ventas es que aproximadamente, el 60% de los automóviles vendidos, contando los hatchbacks, provienen de otros países; es decir, son rodados. Cabe mencionar que la principal razón por la que los consumidores prefieren este tipo de vehículos se debe al factor económico. Por lo anterior, con la iniciativa de implementar la planta de ensamblaje automotriz en Guatemala, se busca tanto fomentar el comercio local, como garantizar productos de calidad a los consumidores a un precio competitivo.

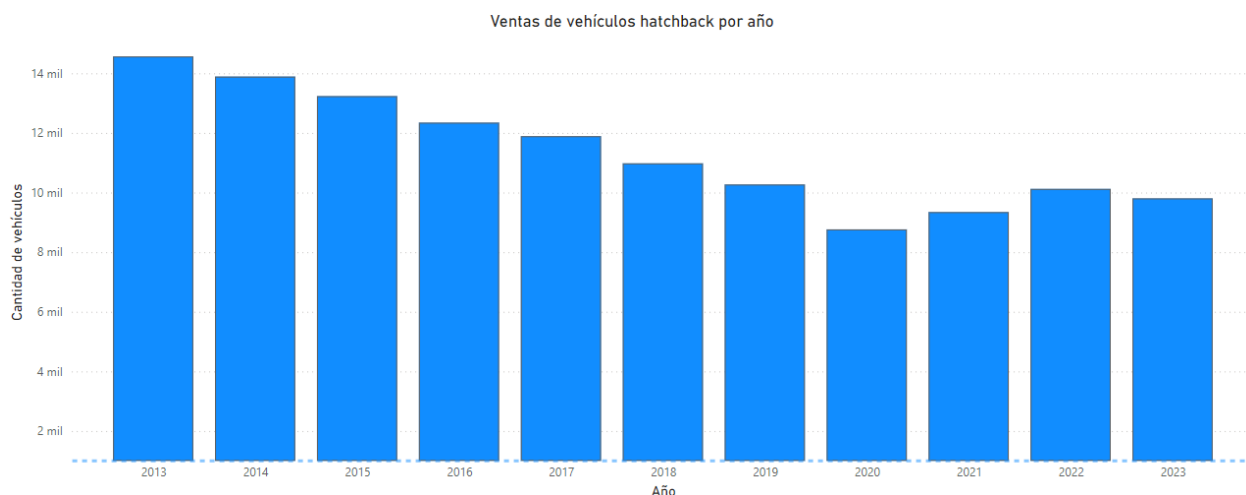
Figura 15. Proporción de ventas de vehículos de agencia y rodados



Fuente: Edwin Laines, Ejecutivo de ventas de Mazda

En el gráfico anterior se puede observar en azul oscuro, el cual representa la cantidad de vehículos rodados que se comercializan al año en Guatemala. Este es un factor clave a tomar en cuenta de cara a identificar el mercado objetivo y las preferencias del consumidor que se tienen en la actualidad. Es preciso mencionar que el segmento de mercado es un aspecto vital para determinar la vía de adquisición de vehículos, por lo que se realizó también una investigación respecto a las edades que tienden a preferir este tipo de opciones y con la experiencia del ejecutivo de ventas de Mazda, se llegó a la conclusión que este segmento abarca las edades de entre 18 y 30 años.

Figura 16. Cantidad de ventas de vehículos hatchback por año



Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE)

Del gráfico anterior se puede notar que las ventas totales se han visto disminuidas desde el año 2013. Esta tendencia sigue hasta el año 2021, en donde se puede apreciar que después de la caída drástica de ventas en 2020 a causa de la pandemia de Covid-19; se tiene un ligero aumento que se traslada también al año 2022. Sin embargo, según el ejecutivo de ventas de Mazda y datos históricos recopilados, las personas han optado cada vez más por vehículos tipo SUV, lo cual ha reducido considerablemente la demanda de vehículos hatchback, principalmente en los últimos años, tal y como se puede apreciar una ligera disminución en el año 2023.

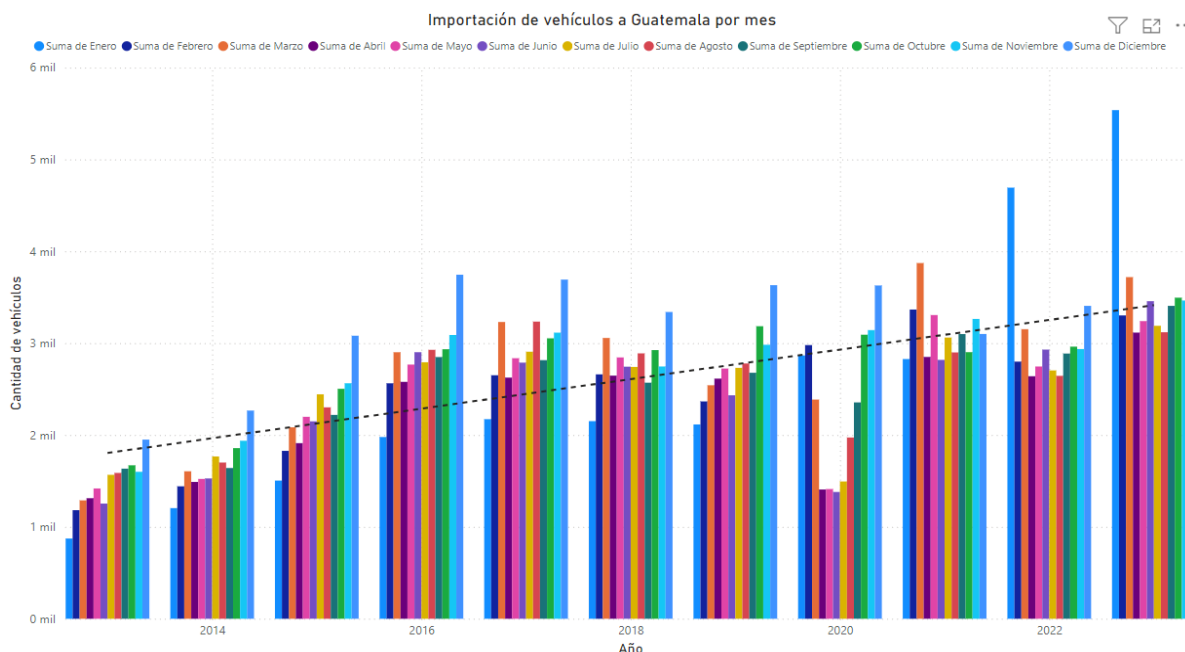
A su vez, es preciso mencionar también que el volumen y la rentabilidad de los vehículos hatchback se mantienen relativamente estables en comparación con otros tipos de vehículos en el mercado; por lo que esto no es un factor determinante a la hora de comercializar este tipo de vehículos. En lo que respecta a la rentabilidad, aunque existen variaciones entre diferentes modelos y marcas, según Edwin Laines, ejecutivo de ventas de Mazda, se sitúa alrededor del 20%.

Es preciso mencionar que los planes de expansión para este segmento se ven limitados debido a la creciente popularidad de las camionetas tipo SUV, que han eclipsado en cierta medida la demanda de hatchbacks. Esta tendencia ha llevado a una disminución en la atención y el enfoque en la fabricación y promoción de nuevos modelos de hatchback por parte de las compañías automotrices. Además, la presencia de vehículos híbridos y eléctricos en el mercado ha influido en mantener la demanda de hatchbacks en un nivel moderado, ya que algunos consumidores optan por estas opciones más ecológicas en lugar de los modelos tradicionales.

Sin embargo, el ensamble de vehículos tipo hatchback en Guatemala representa una enorme oportunidad para popularizar de nuevo este tipo de vehículos, al hacerlos más asequibles en términos de costo y disponibilidad. Por otro lado, la popularización de los vehículos SUV, según Edwin Laines, se debe a la necesidad de las personas de más espacio

y comodidad en sus vehículos, por lo que al mejorar las prestaciones de los vehículos hatchback en estos aspectos, podría significar una nueva oportunidad para estos vehículos, los cuales se ofrecerían a un precio bastante menor del que se tiene actualmente, haciéndolos más populares y convenientes.

Figura 17. Importación de vehículos a Guatemala por mes



Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE)

El gráfico anterior referente a la importación de vehículos a Guatemala por mes desde 2013 hasta 2023, muestra una tendencia general al alza en las importaciones, evidenciada por una línea de tendencia que indica un incremento constante a lo largo de los años. La cantidad de vehículos importados varía significativamente entre los meses, con picos más altos en enero y diciembre, lo cual posiblemente sea a causa de la renovación de flotas y promociones de fin de año.

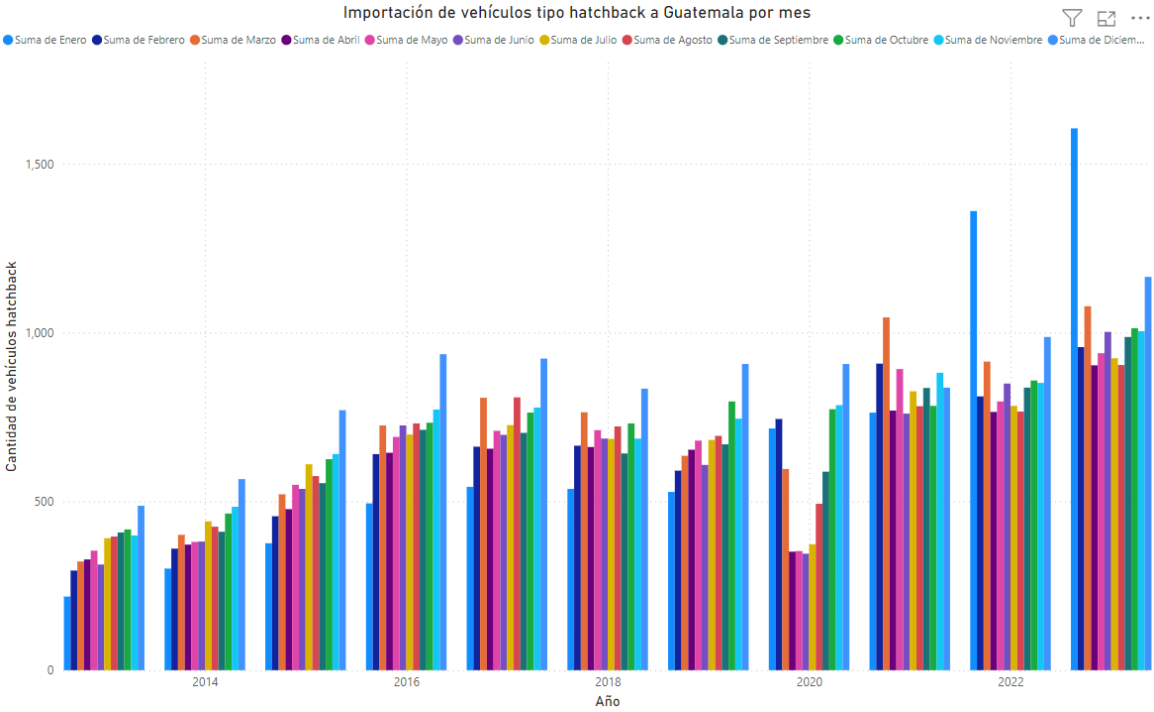
Es preciso mencionar que se observan picos notables en meses específicos como diciembre de cada año y especialmente en el mes de enero del 2022 y 2023, los cuales indican importaciones considerablemente altas en esos periodos. A su vez, se registran descensos significativos, especialmente en 2020, la razón de esto es debido al impacto de la pandemia de COVID-19 en el comercio y la economía global.

A partir de 2017, se presenta un aumento más pronunciado en las importaciones, con varios meses superando las 3,000 unidades. En años recientes, especialmente en 2022 y 2023, enero sigue siendo un mes destacado, aunque otros meses también muestran cifras elevadas, indicando una distribución más uniforme de las importaciones a lo largo del año.

Ahora bien, en lo que comprende a los vehículos tipo hatchback, en 2019, se estimó que el 25% de los vehículos importados a Guatemala eran de este tipo. Este porcentaje se mantuvo en 2020 debido a la pandemia. En 2021, aumentó a 27% por la recuperación económica y la preferencia por vehículos eficientes. Para 2022 y 2023 se siguió la tendencia de crecimiento de este mercado, alcanzando entre 28% y 30% de la totalidad del parque vehicular.

Entre algunos de los factores con más influencia en este aumento de la preferencia por vehículos hatchback cabe mencionar: el aumento del precio del combustible, una mayor oferta de modelos y las condiciones económicas del país. Por lo anterior, se mostrará un gráfico de tendencia de la cantidad de importaciones de este tipo de vehículos de los últimos años.

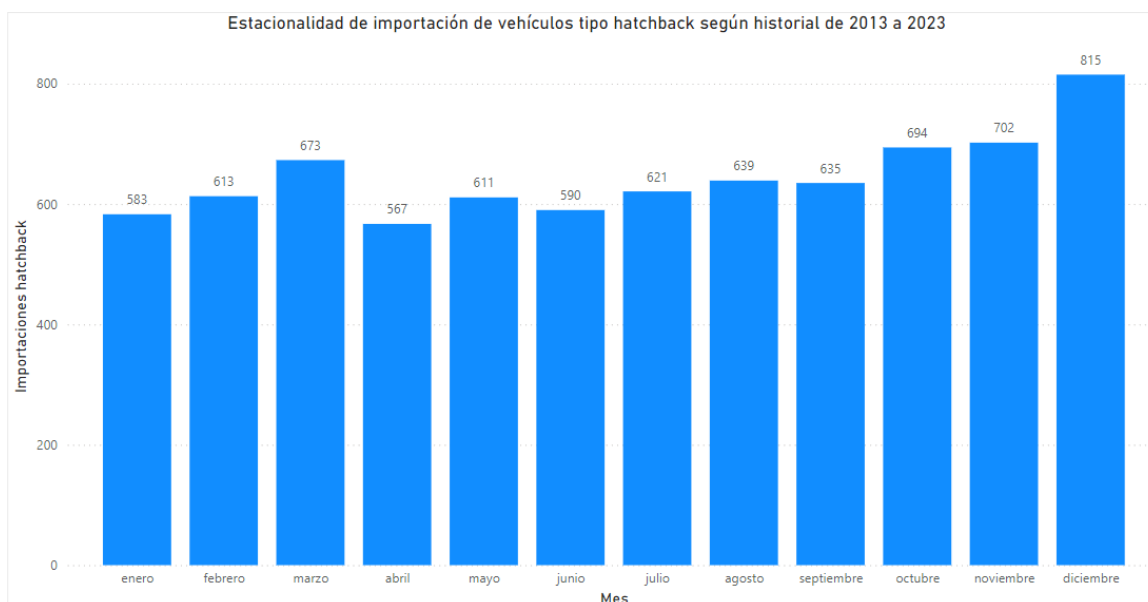
Figura 18. Importación de vehículos tipo hatchback a Guatemala por mes



Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE)

El gráfico anterior muestra la importación mensual de vehículos hatchback a Guatemala desde 2013 hasta 2023, con una tendencia general al alza. A pesar de la variabilidad mensual, las importaciones han crecido constantemente. Es pertinente mencionar que se observan picos significativos en 2016, 2022 y 2023, posiblemente por promociones y nuevos modelos. Sin embargo, en 2020, las importaciones cayeron notablemente a causa de la pandemia de COVID-19, no obstante, se muestra una sólida recuperación a partir de 2021. A partir de inicios del 2021, las importaciones llegan a superar los 1200 vehículos, mientras que en los primeros años estaban por debajo de 400.

Figura 19. Estacionalidad de importación de vehículos tipo hatchback a Guatemala



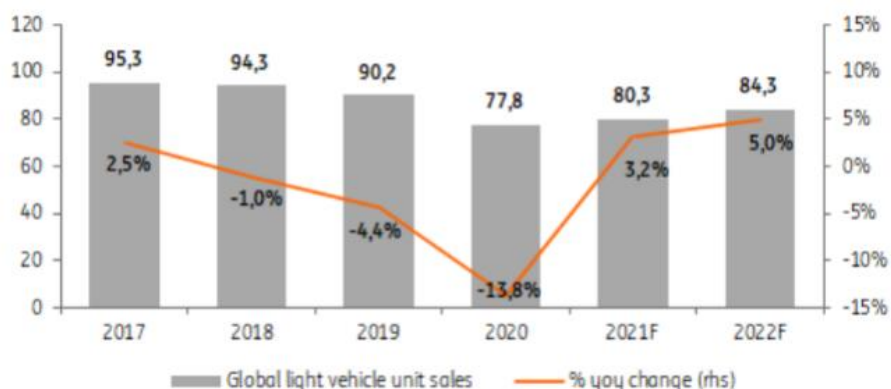
Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE)

Con respecto a la estacionalidad en la importación de vehículos hatchback a Guatemala, se destacan notables variaciones mensuales. En el caso de diciembre, se tiene que es el mes con mayor volumen de importaciones, superando los 800 vehículos en promedio, esto se debe tanto a las festividades de la época, como a la introducción de nuevos modelos para el siguiente año. A su vez, también cabe mencionar que los meses de marzo, mayo y junio también presentan altos volúmenes, lo cual seguramente sea a causa de bonos de medio año, como lo es el bono 14 y otros incentivos durante el primer semestre.

Por otro lado, abril es un mes que se destaca por tener una cantidad menor de importaciones, oscilando alrededor de los 500 vehículos. De igual manera, febrero también se encuentra por debajo del promedio anual. Tal y como se mencionó anteriormente, meses como junio, julio, agosto y septiembre muestran importaciones estables, mientras que octubre y noviembre tienen una tendencia al alza, la cual se acentúa en diciembre.

Por lo anterior, se puede concluir que las importaciones de vehículos tipo hatchback a Guatemala son estacionales, ya que poseen picos en los meses de marzo y diciembre; teniendo una menor cantidad de importaciones en abril, lo cual se encuentra estrechamente relacionado con factores promocionales y comerciales.

Figura 20. Recopilación de ventas mundiales de vehículos ligeros



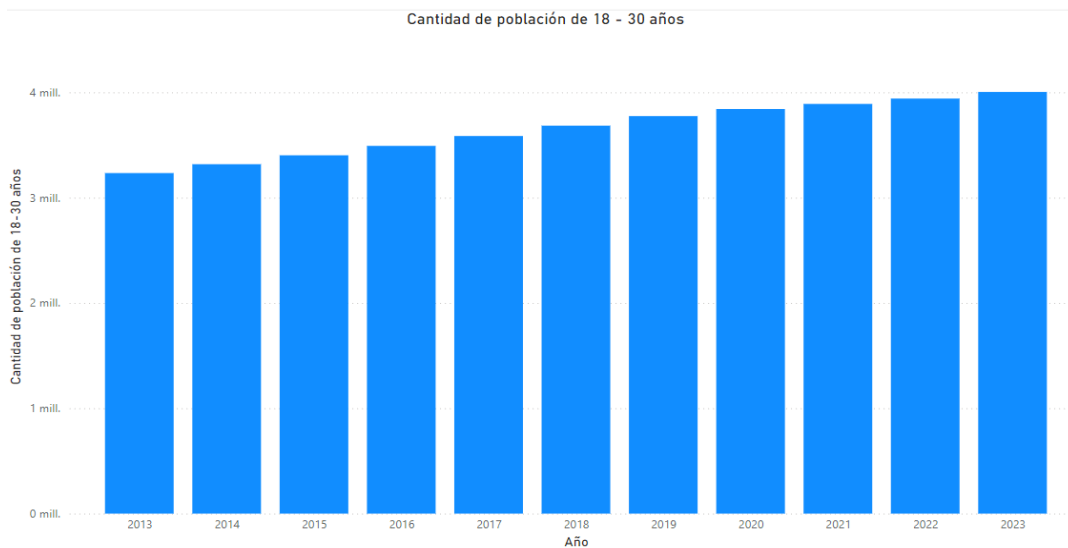
Fuente: Sector automóviles (2022)

Del gráfico anterior, se puede notar que se espera que las ventas de vehículos ligeros, tanto sedán como hatchback, continúen creciendo a un ritmo de entre 3 y 5 puntos porcentuales de manera anual. Es preciso notar que después de la caída de ventas del año 2020, se ha visto una notable recuperación en este rubro, puesto que, con este nivel de crecimiento, se espera que para el año 2025, se regrese a las cantidades de ventas que se tenían antes del brote de COVID 19.

No obstante, es pertinente mencionar que antes del año 2020, las ventas de vehículos livianos estaban teniendo una pequeña disminución, por lo que era de esperar que después de una baja tan notable como la del 2020, las ventas aumentaron de manera considerable en los años posteriores; esto es algo que sugiere que el crecimiento de ventas se detendrá y estabilizará en algún punto, y es un factor de vital importancia a tomar en cuenta de cara a un mediano y largo plazo.

Con esta proyección, se logró comprender de una mejor manera el panorama de ventas de vehículos hatchback, y la tendencia que se pudiera llegar a tener en años próximos. Es preciso mencionar que tanto los automóviles hatchback, como los sedanes, pertenecen a esta categoría de vehículos ligeros y se podrían considerar ambos modelos como una oportunidad de mercado y de mediano y largo plazo debido a su alta rentabilidad y popularidad.

Figura 21. Crecimiento de población de personas entre 18 y 30 años en Guatemala



Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE)

En el gráfico anterior se puede observar un aumento en la población de 18 a 30 años desde 2013 hasta 2023, esto representado de manera anual. La tendencia general indica crecimiento constante, aunque con pequeñas fluctuaciones en algunos años. Es preciso mencionar que desde 2018, el crecimiento es más pronunciado, lo que puede deberse a un aumento en la tasa de natalidad en los años anteriores o a la inmigración de jóvenes adultos a Guatemala.

Sección 2: Encuestas y análisis de preferencias de potenciales consumidores

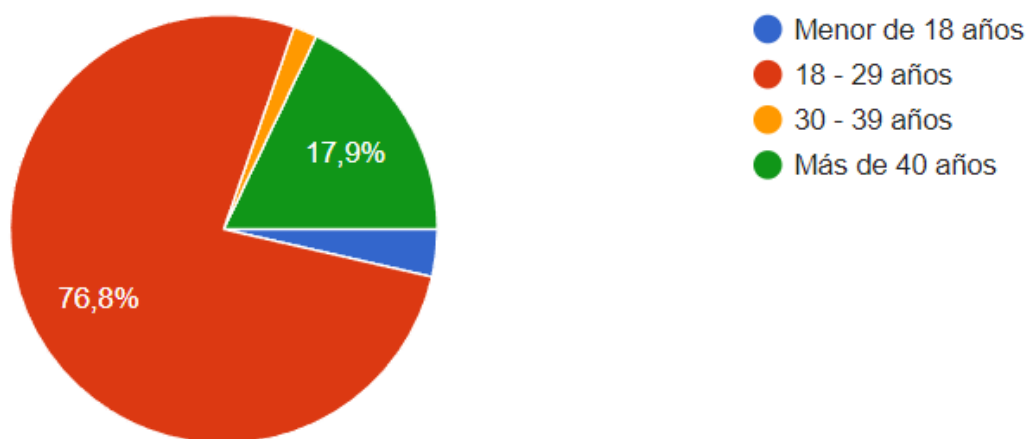
Previo a la presentación de los resultados obtenidos en las encuestas, es de carácter imperativo detallar el proceso llevado a cabo para la realización de estas, y con esto proporcionar un contexto adecuado sobre la metodología utilizada y el origen y validez de los datos recolectados.

Primeramente, cabe mencionar que el procedimiento para la realización de la encuesta se desarrolló a través de una herramienta en línea, específicamente Google Forms. En lo que comprende a la elaboración de las preguntas, se contó con la valiosa asesoría de Edwin Laines, ejecutivo de ventas de Mazda, cuya experiencia y conocimiento del mercado aportaron un valor significativo a la formulación y validación del contenido de la encuesta. Este enfoque permitió asegurar que las preguntas fueran pertinentes y estuvieran alineadas con los objetivos de la investigación, además de facilitar un entendimiento claro para los participantes.

En lo que respecta a la encuesta, esta fue dirigida a un grupo de personas con interés en la adquisición de vehículos, sin mostrar una preferencia particular hacia los modelos hatchback, lo que permitió que los resultados se mantuvieran imparciales y reflejaran una visión más general del mercado. En total, se logró encuestar a 70 personas, una muestra suficiente para captar tendencias relevantes en las preferencias de los consumidores.

En adición a esto, el método de selección de los encuestados fue aleatorio, lo cual contribuyó a minimizar sesgos y asegurar que las respuestas representaran una diversidad de perfiles y opiniones. Esta selección aleatoria se implementó para incrementar la representatividad de la muestra y garantizar que los resultados fueran aplicables a un segmento más amplio de potenciales compradores de vehículos.

Figura 22. Rango de edad de personas interesadas en adquirir vehículos hatchback



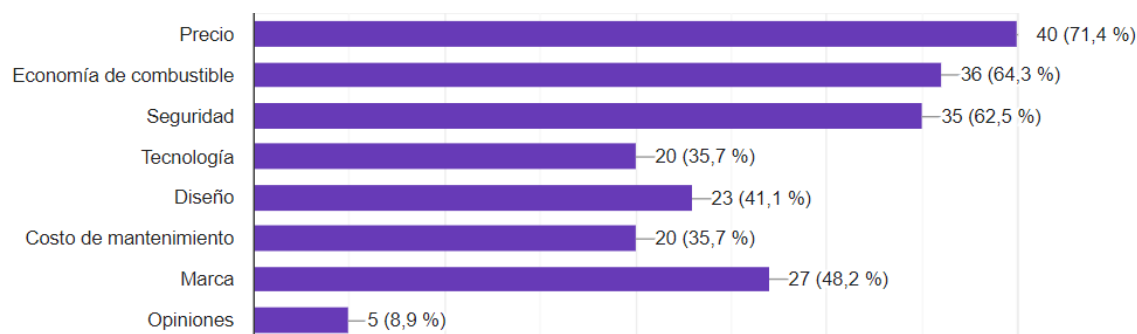
Fuente: Elaboración propia.

Para tener una mejor noción de la situación actual y de las preferencias de los potenciales consumidores, se realizó una encuesta general a personas que dijeron estar interesadas en adquirir vehículos tipo hatchback; esto con el objetivo de tener un mejor conocimiento y panorama de los posibles clientes potenciales de este tipo de automóvil. En lo que concierne al gráfico anterior, se puede apreciar que, de las personas encuestadas, la mayoría pertenece al rango de edad de 18 a 29 años, representando el 76.8% de la muestra. Esto indica que los jóvenes adultos son los más involucrados o interesados en la adquisición de este tipo de vehículos.

Por su parte, el segundo grupo más grande es el de personas mayores de 40 años, el cual constituye el 17.9% de los encuestados. Aunque es significativamente menor que el grupo de jóvenes adultos, esta participación muestra una implicación notable de personas de más edad. Por otro lado, el grupo de 30 a 39 años representa solo el 3.6% de los encuestados, y los menores de 18 años son el 1.8%, siendo este el grupo con menor representación en la encuesta.

El análisis anterior sugiere que las conclusiones y recomendaciones derivadas de esta encuesta estarán fuertemente influenciadas por las opiniones de los jóvenes adultos. La baja representación de los otros grupos de edad podría indicar diferentes prioridades a la hora de adquirir un vehículo y de las funciones que este debe de cumplir. En resumen, el foco predominante en los jóvenes adultos debe ser considerado en cualquier decisión basada en estos datos.

Figura 23. Factores de mayor influencia a la hora de adquirir un vehículo hatchback



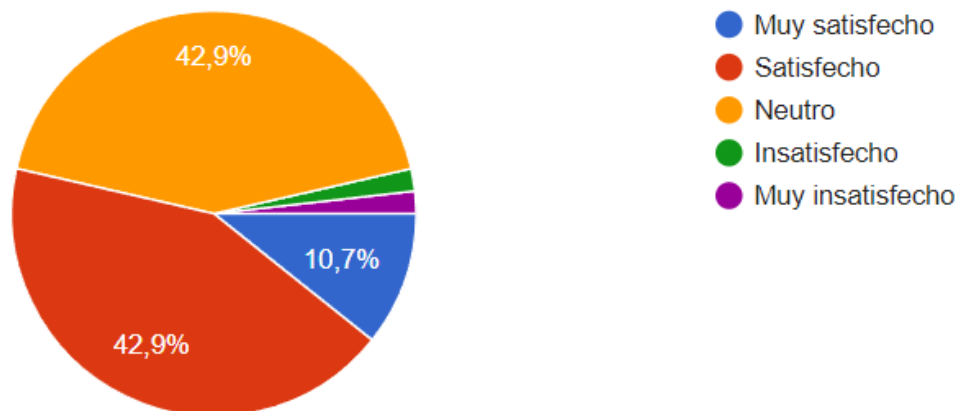
Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico anterior se puede notar que al considerar los factores clave a la hora de adquirir un vehículo tipo hatchback, el precio encabeza la lista con un 71.4%, seguido de cerca por la economía de combustible con un 64.3% y la seguridad con un 62.5%. Estos altos porcentajes son un claro indicador de que los consumidores priorizan el costo inicial, el gasto operativo y la protección al considerar la compra de este tipo de vehículos.

Además, otros factores como el diseño (41.1%), la reputación de la marca (48.2%), la tecnología (35.7%) y el costo de mantenimiento (35.7%) también influyen en las decisiones de compra, aunque en menor medida. Por lo anterior, se les podría considerar como factores secundarios, ya que a pesar de que son relevantes para el consumidor, no están presentes ni en el 50% de las personas encuestadas. Adicional a esto, las opiniones de otros consumidores tienen la menor importancia con sólo un 8.9%, indicando una influencia limitada en comparación con otros factores clave.

En suma, el precio, la economía de combustible y la seguridad son los aspectos más significativos para los compradores de vehículos hatchback, seguidos de cerca por consideraciones adicionales como el diseño, la marca, la tecnología y el costo de mantenimiento, mientras que las opiniones de terceros tienen un impacto mínimo.

Figura 24. Nivel de satisfacción respecto a la oferta actual de vehículos hatchback



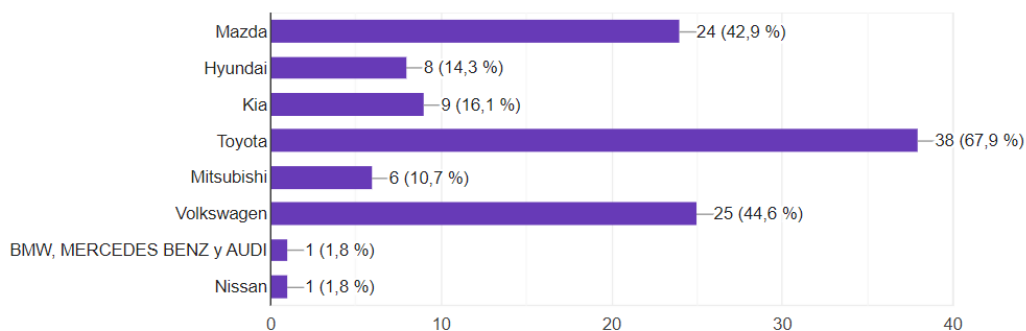
Fuente: Elaboración propia.

El gráfico anterior revela que un 53.6% de los encuestados se encuentran contentos con la oferta actual, combinando un 10.7% de "muy satisfechos" y un 42.9% de "satisfechos". Esto sugiere que más de la mitad de los encuestados perciben la oferta como adecuada y están satisfechos con lo que el mercado ofrece.

Por otro lado, un 42.9% de los encuestados se mantienen en una posición neutral. Este grupo de personas puede tener opiniones mixtas, estando satisfechas con ciertos aspectos y no tanto con otros, o simplemente no tienen una opinión definida sobre la oferta de vehículos hatchback. Por último, solamente un 3.6% de los encuestados expresan insatisfacción, con un 1.8% "insatisfechos" y un 1.8% "muy insatisfechos". Esto indica que la cantidad de consumidores descontentos es mínima.

Por lo anterior, se puede inferir que la mayoría de los encuestados parecen estar satisfechos con la oferta de vehículos hatchback en el mercado. Sin embargo, el alto porcentaje de personas neutrales sugiere que podría haber áreas que necesitan mejoras o aspectos del mercado que no se están satisfaciendo completamente.

Figura 25. Marcas de automóviles que las personas consideran más confiables



Fuente: Elaboración propia.

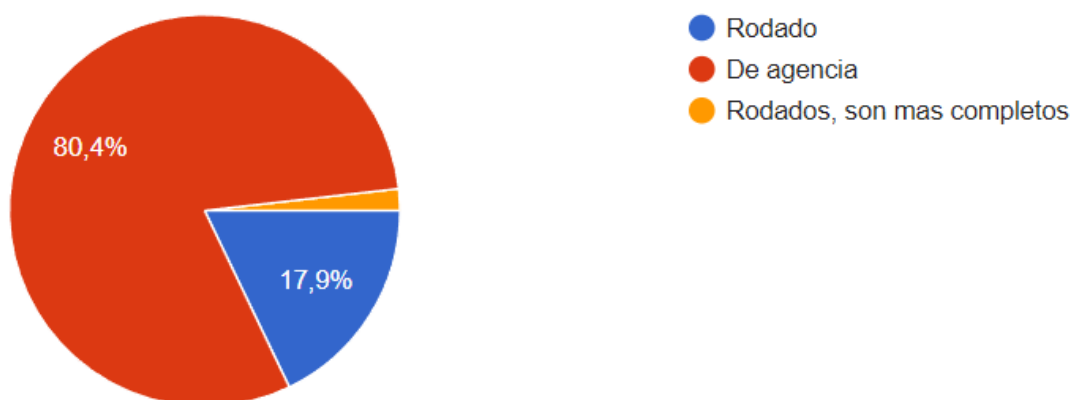
El análisis de las preferencias de confiabilidad en marcas de vehículos hatchback revela una clara predominancia de Toyota, que se destaca con un 67.9% de las respuestas, lo que refleja una fuerte percepción de fiabilidad entre los consumidores. Volkswagen, con un 44.6%, se posiciona como la segunda marca más confiable, seguida de cerca por Mazda, que alcanza un 42.9%. Estas tres marcas lideran en términos de confianza entre los encuestados.

Por su parte, Kia y Hyundai, con un 16.1% y 14.3% respectivamente, también son vistas como confiables por una porción significativa de los encuestados, aunque no alcanzan los niveles de las marcas líderes. Mitsubishi, con un 10.7%, tiene una presencia notable, aunque con menor confianza en comparación con las otras marcas.

Las marcas premium BMW, Mercedes Benz y Audi, junto con Nissan, recibieron solo un 1.8% de las menciones cada una, lo que indica que, a pesar de su reconocimiento general, no son percibidas como las más confiables dentro del segmento de vehículos hatchback por los encuestados en esta muestra.

Es preciso mencionar que de las tres marcas de vehículos hatchback más comercializadas en el país (Mazda, Kia y Hyundai), solamente Mazda se encuentra entre las tres marcas más confiables para los consumidores. Esto es algo que puede sugerir que existen aspectos en Toyota y Volkswagen que hace que los clientes no los adquieran con tanta frecuencia, como podría ser el precio de estos vehículos o la disponibilidad de estos.

Figura 26. Preferencia de los potenciales consumidores respecto a vehículos de agencia o rodados



Fuente: Elaboración propia.

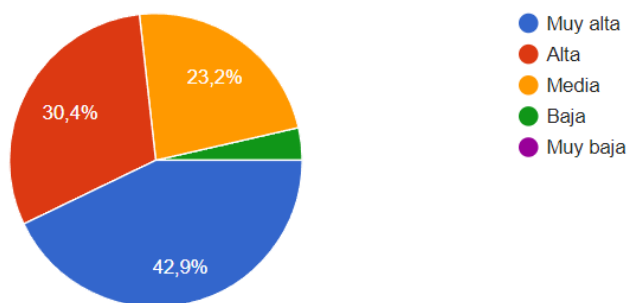
En lo que refiere a la procedencia de los vehículos hatchback, se puede notar que la mayoría de los encuestados, con un 80.4%, prefiere vehículos de agencia. Esta tendencia puede estar influenciada por factores como la confiabilidad y respaldo que ofrecen las agencias, la calidad de los acabados e incluso, la facilidad para una futura venta del mismo.

Por otro lado, un 17.9% de los encuestados opta por vehículos rodados. Los motivos detrás de esta elección pueden incluir factores como el costo menor en comparación con los

autos nuevos, la menor depreciación y posiblemente una variedad más amplia de opciones en términos de características y personalizaciones.

Por lo anterior, se puede notar que la muestra revela una clara inclinación hacia la compra de vehículos de agencia entre los encuestados, aunque un segmento más pequeño sigue valorando las ventajas de adquirir un vehículo rodado. Es preciso mencionar que estas preferencias pueden variar dependiendo del mercado y las circunstancias personales de los consumidores.

Figura 27. Influencia de la marca de vehículos hatchback en la decisión de compra



Fuente: Elaboración propia.

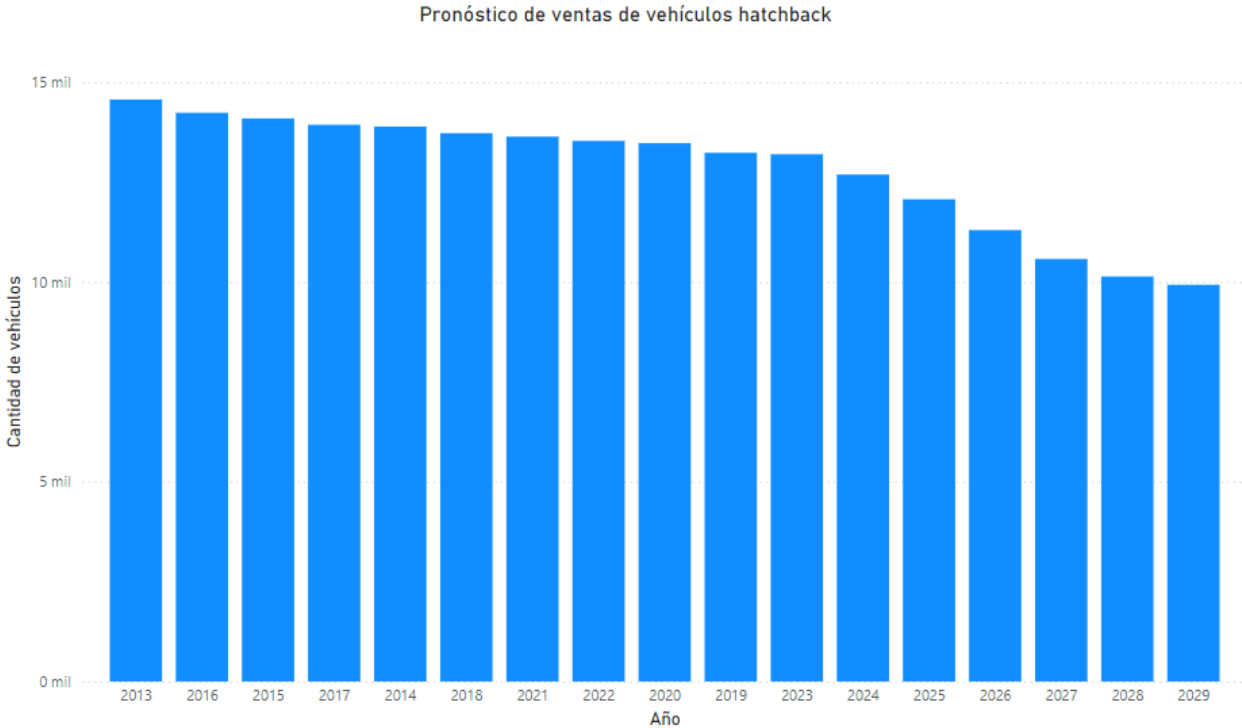
El gráfico anterior revela la influencia de la reputación de la marca en la decisión de compra de vehículos hatchback. Un 42.9% de los encuestados considera que la reputación de la marca tiene una influencia muy alta en su elección de vehículo, lo que indica que para casi la mitad de los encuestados, la percepción de la marca es un factor crucial. Adicional a esto, un 30.9% de los encuestados valora la reputación de la marca como alta. Aunque no es tan predominante como el grupo anterior, sigue siendo un factor importante para una parte considerable de los compradores, por lo que más del 70% de los encuestados consideran que la marca es parte importante en la decisión del vehículo a adquirir.

Por otro lado, un 23.6% considera que la influencia de la reputación de la marca es de nivel medio, sugiriendo que estos compradores están dispuestos a considerar otras variables además de la reputación de la marca. En lo que concierne a los segmentos que consideran la importancia de la reputación de la marca como baja (3.6%) y muy baja (0%) representan a aquellos que no consideran este factor como determinante en su elección.

Con lo anterior, se puede concluir que la reputación de la marca es un aspecto relevante para la mayoría de los compradores de vehículos hatchback, aunque la importancia varía entre los encuestados.

Sección 3: Proyecciones de demanda y comparación con crecimiento de población objetivo

Figura 28. Tendencia de ventas de vehículos hatchback mediante suavizamiento exponencial



Fuente: Elaboración propia.

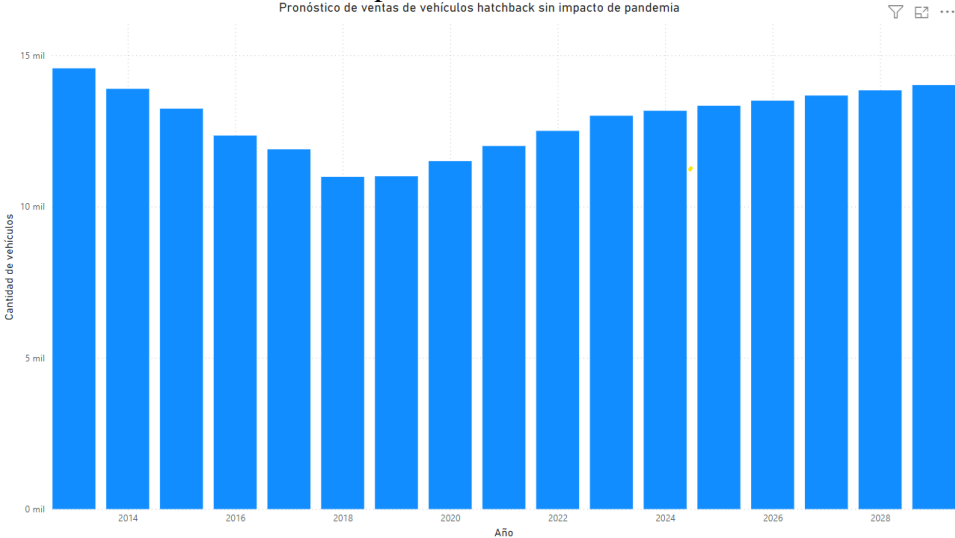
El gráfico anterior proyecta una ligera disminución en las ventas de vehículos hatchback desde 2013 hasta 2029. Es preciso mencionar que entre 2013 y 2023, las ventas fueron relativamente estables, oscilando entre 13,000 y 15,000 vehículos por año. Sin embargo, a partir de 2024, las ventas se ven disminuidas de manera pronunciada, llegando a situarse y estabilizarse alrededor de los 10,000 vehículos para el año 2029.

Por lo anterior, es preciso mencionar que esta tendencia sugiere una posible disminución en la popularidad de los hatchbacks, posiblemente debido a un cambio en las preferencias del mercado hacia otros tipos de vehículos como SUVs, o bien, a la falta de innovación de estos e incluso al precio de venta que estos poseen al ser importados desde otros países. Es por esto que los distribuidores podrían necesitar ajustar sus estrategias de producción y marketing para contrarrestar esta tendencia o bien, disminuir el costo de estos vehículos al ensamblarlos en el país.

Es preciso mencionar que, para asegurar la validez y precisión del modelo, se utilizó una constante de suavizado (Alpha), de 0.7, lo cual hace referencia al peso y relevancia que se le da a los datos actuales recopilados. Por esto, se puede inferir que entre más fiables sean los datos de las ventas actuales, mayor peso en el modelo deben de tener; sin embargo, al asignar un peso demasiado alto, se perdería el factor de la predicción para los futuros años.

Por lo anterior, no existe un error predeterminado en este tipo de modelo, sino que la precisión y exactitud de este se basa directamente en el impacto que los datos históricos tengan en el mismo. En este caso, se tomó como referencia el valor de 0.7 mencionado anteriormente ya que este se considera como un parámetro estándar y fiable para este tipo de predicciones de demanda.

Figura 29. Tendencia de ventas de vehículos hatchback mediante suavizamiento exponencial sin considerar efectos de pandemia



Fuente: Elaboración propia.

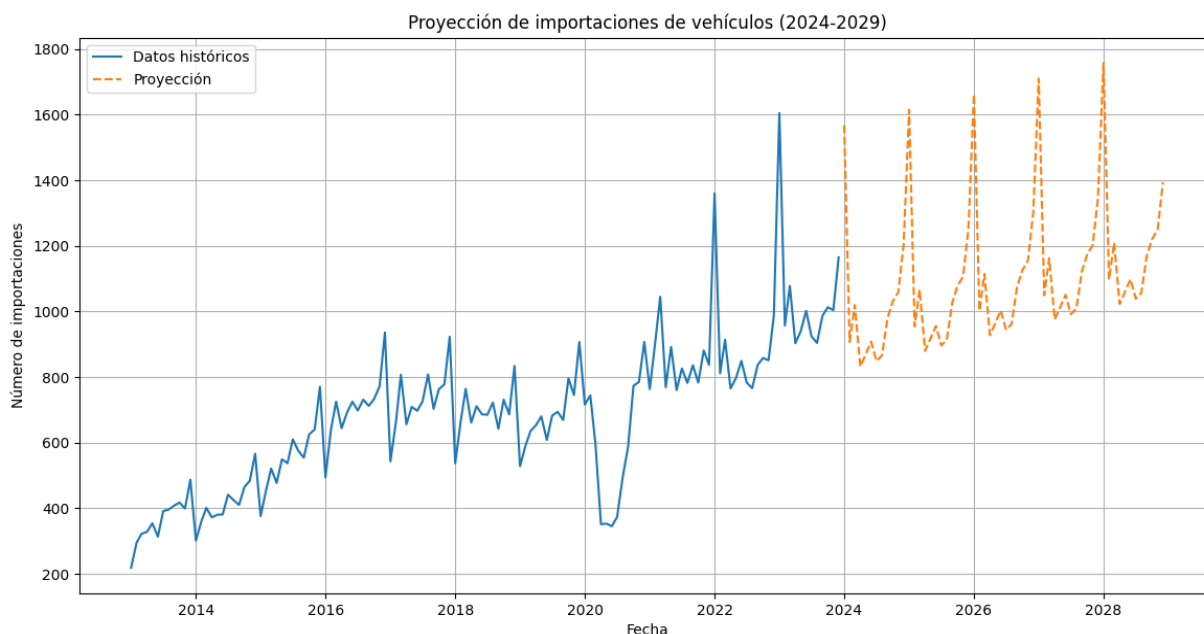
En el gráfico anterior se puede apreciar la proyección de ventas de vehículos hatchback desde 2013 hasta 2029, utilizando un modelo de suavizamiento exponencial. Es preciso mencionar que, en este caso particular, no se tomó en consideración el impacto de la pandemia en la demanda de estos vehículos, por lo que se proyectó un panorama idealizado de las ventas.

Es preciso considerar que en los primeros años del análisis (2013-2018), se observa una tendencia descendente significativa. Las ventas de vehículos hatchback caen de casi 15 mil unidades en 2013 a aproximadamente 10 mil en 2018. Esta disminución puede estar relacionada con factores económicos, cambios en las preferencias del consumidor o una mayor competencia de otros segmentos de vehículos.

No obstante, a partir de 2020, se puede notar una recuperación lenta y una estabilización en torno a las 11 mil unidades anuales. Por esto, se puede apreciar que esta fase de recuperación se encuentra aislada o bien, desconectada de los eventos que afectaron al mercado mundial, como la pandemia, ya que el modelo no toma en cuenta la caída de la demanda que ocurrió durante ese periodo entre los años 2019 y 2020. Por lo tanto, este pronóstico subestima el impacto que tuvo la pandemia en la industria automotriz y presenta un escenario de ventas más optimista.

En última instancia, a partir de 2023, el gráfico proyecta un crecimiento constante, llegando cerca de las 15 mil unidades en 2028 y 2029. Este pronóstico optimista sugiere que, en un contexto sin pandemia, la demanda de vehículos hatchback podría haber mantenido una tendencia de crecimiento, impulsada por la recuperación económica y cambios en las preferencias hacia vehículos más compactos y eficientes. Sin embargo, el análisis se debe considerar con precaución, ya que ignora la baja en la demanda generada por la pandemia.

Figura 30. Proyección de demanda de vehículos hatchback por mes mediante suavizamiento exponencial

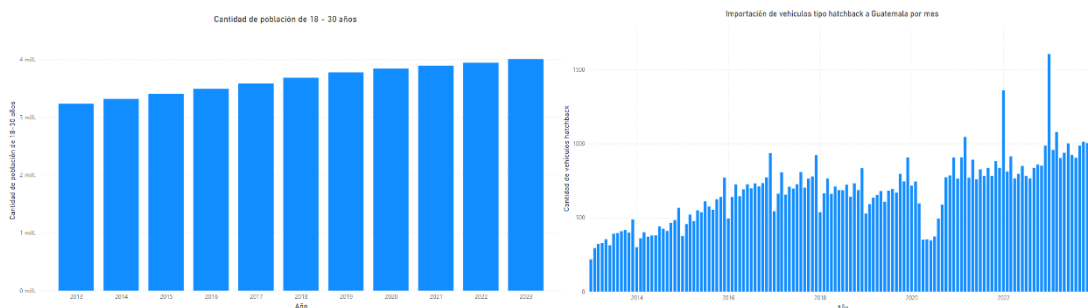


Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE)

Mediante la técnica de suavizamiento exponencial, se puede apreciar que el gráfico muestra tanto los datos históricos de importaciones por mes de vehículos hatchback desde 2013 hasta 2023, como la proyección desde 2024 hasta 2029. Históricamente, y con la estacionalidad determinada previamente, se puede notar que las importaciones muestran una tendencia al alza con fluctuaciones y caídas, principalmente en el año 2020 debido a la pandemia de COVID-19. En lo que respecta a la proyección para los años de 2024 a 2029, representada por una línea naranja discontinua, se refleja esta estacionalidad y sugiere un crecimiento continuo.

Por lo anterior, es preciso mencionar que el modelo utilizado captura de manera correcta las tendencias, proporcionando una herramienta útil para la planificación empresarial y estratégica, siempre considerando la continuidad de las condiciones económicas y de mercado actuales.

Figura 31. Comparación entre crecimiento de población de entre 18 a 30 años y crecimiento de demanda de vehículos hatchback



Fuente: Elaboración propia.

En lo que comprende al gráfico de la cantidad de población de 18-30 años, esta muestra una pendiente de crecimiento positiva con una inclinación del 2.17%. Esto indica un crecimiento gradual y estable en este aspecto, sugiriendo una entrada constante de jóvenes adultos a la población. Por su parte, en el gráfico referente a la importación de vehículos tipo hatchback, se observa de igual manera una pendiente de crecimiento positiva, la cual posee una inclinación del 7.76%. Por lo anterior, es preciso mencionar que esta inclinación más pronunciada sugiere un mercado en rápida expansión para los hatchbacks.

Al comparar ambos porcentajes de inclinación, es perceptible que tanto el mercado de importación de vehículos hatchback, como la población joven; se encuentran en constante crecimiento y sugieren que la tendencia seguirá de la misma manera. Por lo anterior, se puede considerar que la demanda de vehículos tipo hatchback podría estar siendo impulsada en gran medida por el segmento joven de la población analizado de 18-30 años. Esto ya que, según el ejecutivo de ventas de Mazda, Edwin Laines, y las encuestas realizadas, la mayor parte del mercado de este tipo de vehículos lo abarca este segmento de población; lo cual reafirma las tendencias al alza que se pueden apreciar en los gráficos anteriores.

Es preciso considerar que tanto la venta de vehículos, como la demanda de estos, son dos aspectos que varían notablemente y que no tienen porqué tener una tendencia similar. Esto ya que las ventas de vehículos no abarcan solamente los que recién ingresan al país en un año determinado, sino que comprenden las ventas internas tanto de los importados como de los que ya se encuentran en el país desde años anteriores. Por lo anterior, la demanda anual se centra netamente en la importación de vehículos, en este caso de tipo hatchback, en un año en concreto.

Para tener un panorama más amplio y conciso, la demanda histórica en unidades de vehículos tipo hatchback es la siguiente:

Cuadro 50. Demanda histórica de vehículos hatchback

Año	Demanda
2013	4,328
2014	4,985
2015	6,690
2016	8,501
2017	8,775
2018	8,324
2019	8,188
2020	7,024
2021	10,082
2022	10,577
2023	12,481

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE)

6.3.2. Fase 2: Análisis de escenarios con variables económicas

En el caso de las variables económicas a nivel micro y macroeconómico, es preciso mencionar que estas influyen directamente en las decisiones de consumidores y empresas dentro de un mercado específico. Es por esto por lo que, en el contexto del mercado automotriz, estas variables son de vital importancia para comprender de mejor manera cómo se comporta la demanda de vehículos hatchback y la forma en la que los cambios en estas variables pueden afectar el consumo y las estrategias de producción. Este tipo de variables abarcan aspectos tales como los precios de los vehículos, los ingresos de los consumidores, las preferencias individuales y la competencia que se tiene en este mercado tan competitivo y dinámico.

Para tener una mejor percepción de la relación entre las variables, es preciso realizar un análisis de estas. Es por eso que se tiene como principal objetivo en esta fase investigar la relación entre las variables económicas identificadas como relevantes para el modelo de la demanda. Por lo anterior, la implementación de una matriz de correlación es vital para una mejor comprensión de estas, ya que comprende una herramienta estadística fundamental que permite explorar y cuantificar la naturaleza de las asociaciones entre estas variables.

Este enfoque toma una relevancia considerable en el estudio de mercados complejos como el automotriz, donde múltiples factores interactúan simultáneamente. Por esto, el

comprender estas interacciones ayuda en gran medida a la toma de decisiones y a predecir de mejor manera cómo responderán las variables económicas ante diversos escenarios, tales como fluctuaciones en los precios de los vehículos, variaciones en los ingresos de los consumidores, o cambios en las preferencias de compra.

Es preciso considerar que además de la matriz de correlación, el análisis detallado mediante regresión lineal ayudará en gran medida a la comprensión del impacto de las variables a analizar, ya que reflejará el impacto de cada una de estas en la futura demanda de los vehículos hatchback y su comportamiento. Por lo anterior, el análisis de regresión lineal resulta particularmente valioso para establecer relaciones causales y proyectar tendencias a partir de los datos obtenidos, lo que facilitará la elaboración de modelos predictivos y escenarios futuros.

A partir de los resultados obtenidos con la matriz de correlación y el análisis de regresión lineal, se podrá desarrollar una discusión informada sobre el impacto y las implicaciones de estas relaciones interdependientes en el modelo analizado. Este análisis proporcionará una base sólida que sustente y agregue validez a la toma de decisiones estratégicas y económicas, ayudando a los interesados a adaptarse de manera más eficiente a los cambios del mercado y a diseñar políticas comerciales más efectivas.

Dado lo anterior, se presenta una introducción a las principales variables microeconómicas relevantes para el análisis de la demanda de vehículos hatchback.

- **Precio de los vehículos hatchback**

Como primer punto, el precio de los vehículos hatchback es una variable fundamental que afecta notablemente la demanda de estos productos. Los consumidores suelen ser sensibles a cambios en los precios, y un aumento o disminución en el precio de los vehículos puede tener un impacto significativo en las decisiones de compra. El precio también influye en la percepción de valor y en la competitividad de los vehículos hatchback en comparación con otras opciones disponibles en el mercado.

- **Ingresos de los consumidores**

El nivel de ingresos de los consumidores es otra variable crítica a tomar en cuenta. Los ingresos disponibles determinan de manera directa la capacidad de compra de los consumidores y su disposición a gastar en bienes duraderos, como los vehículos. Un incremento en los ingresos puede resultar en una mayor demanda de vehículos hatchback, mientras que una disminución puede reducir la capacidad de los consumidores para adquirir estos bienes.

- **Preferencias del consumidor**

Por su parte, las preferencias del consumidor también reflejan características y atributos que los compradores valoran en un vehículo. Aspectos como la eficiencia de

combustible, el diseño, las características tecnológicas y la marca juegan un papel crucial en las decisiones de compra; tal y como se logró apreciar en la fase anterior. Por esto, es imperativo que las empresas de producción y ensamblaje de vehículos de todo tipo entiendan estos aspectos.

Para ello, es preciso que se disponga en todo momento de la ayuda de los fabricantes para diseñar y comercializar vehículos que satisfagan de mejor manera las necesidades y deseos de los consumidores.

- **Competencia en el mercado automotriz**

La competencia en el mercado automotriz también es una variable importante para tomar en cuenta. No es algo nuevo el hecho de que la presencia de múltiples fabricantes que ofrecen vehículos hatchback influye en las estrategias de precios, innovación y calidad de los productos disponibles. Por esto, un mercado altamente competitivo puede beneficiar a los consumidores a través de precios más bajos y productos de mejor calidad, pero también puede representar desafíos para las empresas en términos de cuota de mercado y rentabilidad a largo plazo.

Por otro lado, en lo que concierne a las variables a nivel macroeconómico, estas involucran factores generales que afectan la economía en su conjunto y tienen un impacto significativo en la demanda de bienes y servicios, incluidos los vehículos hatchback. Para ello, es preciso conocer y comprender estas variables, ya que es crucial para evaluar el entorno económico general en el que operan las empresas automotrices y para anticipar cómo las fluctuaciones en estos factores pueden influir en el comportamiento del mercado. Para esto, se presenta una introducción a algunas de las variables macroeconómicas más relevantes:

- 1. Producto Interno Bruto (PIB)**

El PIB es una variable económica la cual tiene como principal funcionalidad medir el valor total de los bienes y servicios producidos en un país durante un período específico, el cual generalmente se establece como un año. Por esto, es un indicador clave de la salud económica de una nación; por lo que un crecimiento sólido del PIB generalmente indica una economía en expansión, lo cual puede aumentar la confianza del consumidor y, en consecuencia, la demanda de vehículos de todo tipo, incluyendo los hatchbacks.

- 2. Tasas de interés**

Por su parte, las tasas de interés representan el costo del dinero en un periodo determinado de tiempo y generalmente son establecidas por los bancos centrales de cada país. En el contexto de la comercialización de vehículos hatchback, tasas de interés más bajas reducen el costo de los préstamos, lo que puede incentivar a los consumidores a financiar la compra de vehículos. Por el contrario, tasas de interés más altas pueden desalentar el endeudamiento y reducir la demanda.

3. Tasa de inflación

La tasa de inflación mide el aumento generalizado de los precios de bienes y servicios en la economía. El poseer una inflación moderada es normal, pero una inflación alta puede deteriorar el poder adquisitivo de los consumidores, afectando negativamente la demanda de vehículos. Por otro lado, una deflación puede indicar una economía en desaceleración, lo cual también puede tener un impacto contrario en la demanda.

4. Tasa de desempleo

La tasa de desempleo indica el porcentaje de la fuerza laboral que está sin trabajo pero que busca empleo de manera activa. El que un país posea altas tasas de desempleo puede conducir a una reducción del ingreso de los consumidores y disminuir su capacidad para comprar vehículos. Una tasa de empleo baja, en cambio, suele correlacionarse con una mayor demanda de bienes duraderos, como los automóviles.

5. Precio del petróleo

Los precios del petróleo afectan significativamente los costos de operación de los vehículos. Es por esto por lo que los precios elevados del petróleo, como consecuencia, aumentan el costo del combustible, lo cual podría disuadir a los consumidores de comprar vehículos menos eficientes en términos de consumo de combustible. Esto puede influir en una mayor demanda de vehículos hatchback, los cuales suelen ser más eficientes respecto al consumo del combustible, por lo que podría llegar a tomarse como una oportunidad para resaltar de los demás tipos de vehículos.

6. Política fiscal y monetaria

Otro factor que pudiera llegar a afectar la decisión de compra de vehículos tipo hatchback son las decisiones gubernamentales en términos de impuestos, gasto público y políticas monetarias. Estas pueden influir significativamente en la economía; siendo las políticas expansivas las que puedan estimular la economía y aumentar la demanda de vehículos, mientras que políticas restrictivas pueden tener el efecto contrario, al disminuir la capacidad de un país y de sus habitantes de tener la posibilidad de adquirir bienes de todo tipo, entre los cuales se encuentran los vehículos hatchback.

Según lo anterior, se puede notar que, tanto las variables microeconómicas como macroeconómicas desempeñan roles cruciales en la comprensión y análisis de la demanda de vehículos hatchback. En el caso de las variables microeconómicas, estas permiten una visión detallada y específica del mercado automotriz, proporcionando información esencial sobre

cómo se toman las decisiones individuales de los consumidores y la forma en la que las empresas pueden optimizar sus operaciones para satisfacer estas demandas.

Por otro lado, las variables macroeconómicas ofrecen una perspectiva más amplia del entorno económico general. Estas ayudan a las empresas a prever tendencias económicas globales y a entender cómo los cambios en la política económica y en las condiciones del mercado a nivel nacional e internacional pueden afectar la demanda de vehículos.

Al integrar el análisis e impacto de estas variables, se puede llegar a obtener una visión más clara y completa que permita a las empresas automotrices tomar decisiones informadas. Este enfoque ayuda tanto a ajustar la producción y las estrategias de marketing, como a facilitar la planificación a largo plazo, la gestión de riesgos y la identificación de oportunidades de crecimiento en el mercado de vehículos hatchback.

Con el objetivo de llevar a cabo un análisis completo y enriquecedor del impacto económico en el mercado de vehículos hatchback en Guatemala, es fundamental contar con datos económicos sólidos, precisos y actualizados. Es por esto que la recopilación de estos datos se realizará a partir de fuentes confiables y reconocidas, como bancos centrales e instituciones financieras.

Es pertinente mencionar que los datos económicos incluirán indicadores clave como el Producto Interno Bruto (PIB), tasas de interés, inflación, tipo de cambio y precios de materias primas, especialmente el petróleo. Estos indicadores ayudarán de manera significativa a comprender las dinámicas económicas que afectan la demanda y oferta de vehículos hatchback en el país. Aunado a esto, se considerarán estadísticas sectoriales y datos sobre el comportamiento del consumidor, obtenidos de encuestas y estudios de mercado realizados por instituciones nacionales e internacionales.

Al utilizar fuentes acreditadas y confiables, como el Banco de Guatemala, el Instituto Nacional de Estadística (INE), el Ministerio de Economía, la Superintendencia de Bancos, y organismos internacionales como el Banco Mundial, se asegurará la fiabilidad y precisión de los datos. Estos datos permitirán identificar tendencias y evaluar el impacto de variables económicas en el mercado automotriz para con esto, tomar decisiones informadas sobre la demanda futura de vehículos hatchback.

En lo que respecta al Producto Interno Bruto del país, se tiene que Guatemala es la mayor economía de Centroamérica tanto en términos de población, (17,3 millones en 2022) y PIB (US \$92,7 mil millones en 2022). Es por esto que se puede mencionar que el país ha tenido un crecimiento económico estable, con un promedio del 3,5% durante los años 2010-2019, y una de las menores contracciones en la región de América Latina y el Caribe durante la pandemia de COVID-19 (-1,8%). Aunado a esto, en el año 2022, un año de recuperación después de la pandemia, el PIB creció un 4,1% y se espera que continúe creciendo en los próximos años.

No obstante, dicho crecimiento no ha reducido significativamente la pobreza, ya que actualmente el país posee una de las tasas de pobreza y desigualdad más altas de la región. En el año 2023, se estimó que el 55,1% de la población vivía en pobreza y que el 71,1% de

la población ocupada trabajaba en el sector informal, representando el 49% del PIB. Por ello, la economía informal y la falta de servicios básicos y oportunidades laborales han llevado a altas tasas de emigración y dependencia de las remesas, que en 2022 representaron el 19% del PIB.

A pesar de estos desafíos, Guatemala posee un alto potencial de crecimiento debido a sus recursos naturales, biodiversidad y proximidad a Estados Unidos. El presidente Bernardo Arévalo, desde enero de 2024, ha prometido mejorar la inversión social y económica, combatir la corrupción, y promover reformas para cerrar las brechas en desarrollo humano, infraestructura e inclusión económica; lo cual, de cumplirse, podría llegar a representar una clara oportunidad para la inversión extranjera (Guatemala Panorama General, s. f.).

Cuadro 51. Valor de PIB y variación desde el año 2000

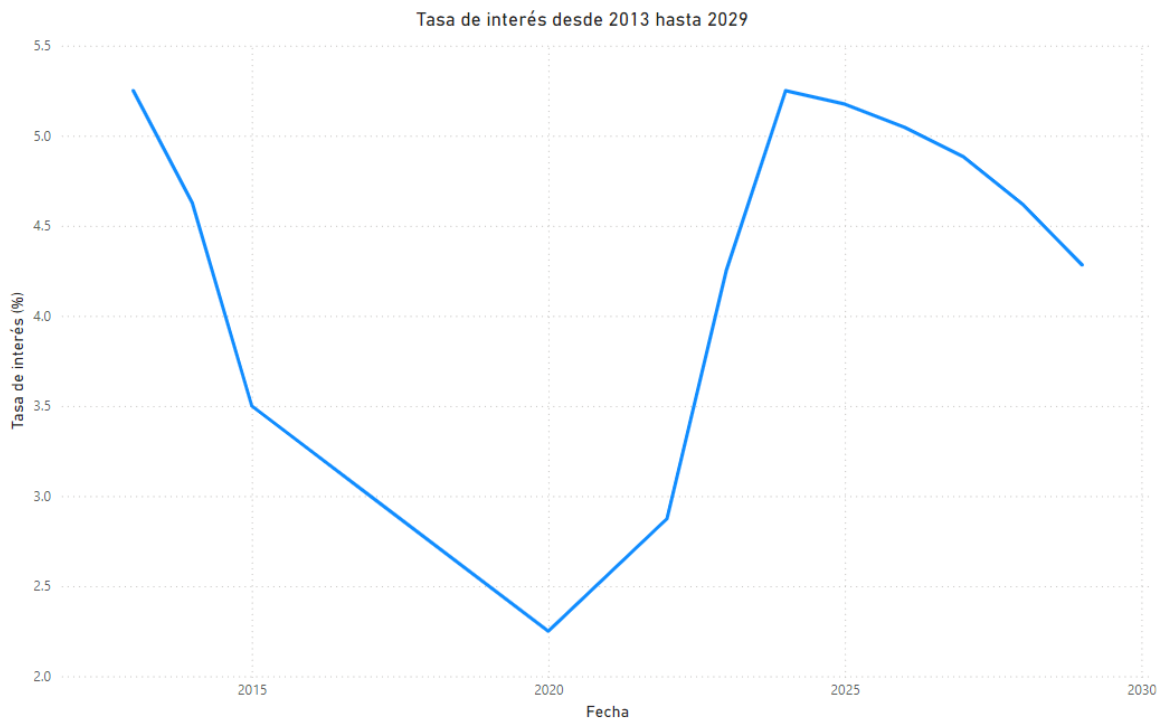
Fecha	PIB Anual	Variación PIB (%)
2022	90.147 M€	4,1%
2021	72.642 M€	8,0%
2020	68.016 M€	-1,8%
2019	68.912 M€	4,0%
2018	62.067 M€	3,4%
2017	63.424 M€	3,1%
2016	59.673 M€	2,7%
2015	56.037 M€	4,1%
2014	43.523 M€	4,4%
2013	39.897 M€	3,5%
2012	38.816 M€	3,1%
2011	34.072 M€	4,4%
2010	31.273 M€	2,8%
2009	27.272 M€	0,6%
2008	27.364 M€	3,7%
2007	25.556 M€	6,0%
2006	24.933 M€	5,6%
2005	22.638 M€	3,1%
2004	20.089 M€	3,0%
2003	20.420 M€	2,6%
2002	23.202 M€	4,2%
2001	22.035 M€	2,4%
2000	19.614 M€	2,5%

Fuente: Datosmacro (2023)

La tabla muestra la evolución anual del Producto Interno Bruto (PIB) de Guatemala en millones de euros y la variación porcentual del PIB en comparación con el año anterior. Se observa que el PIB ha experimentado fluctuaciones a lo largo de los años, con aumentos y disminuciones en su valor, así como en la tasa de crecimiento. En general, se observa una tendencia de crecimiento en el PIB a lo largo del período, con algunos años de mayor crecimiento y otros con tasas más bajas o incluso negativas.

Por ejemplo, en 2022, el PIB alcanzó los 90.147 millones de euros, con un crecimiento del 4,1% respecto al año anterior. Sin embargo, en 2020, el PIB experimentó una contracción del 1,8%, llegando a 68.016 millones de euros. Esta información proporciona una visión general de la actividad económica en Guatemala a lo largo del tiempo.

Figura 32. Comportamiento de la tasa de interés a lo largo de los años y proyección hasta 2029 mediante regresión lineal simple



Fuente: Datosmacro (2023)

En el gráfico presentado anteriormente, se puede apreciar el historial de las tasas de interés desde 2013, hasta una proyección para 2029. Inicialmente, se observa una tendencia al alza en las tasas, que continuó hasta 2014. Sin embargo, desde 2015, se ha registrado una tendencia a la baja, impulsada por la necesidad de estimular la economía y facilitar el acceso a préstamos más económicos.

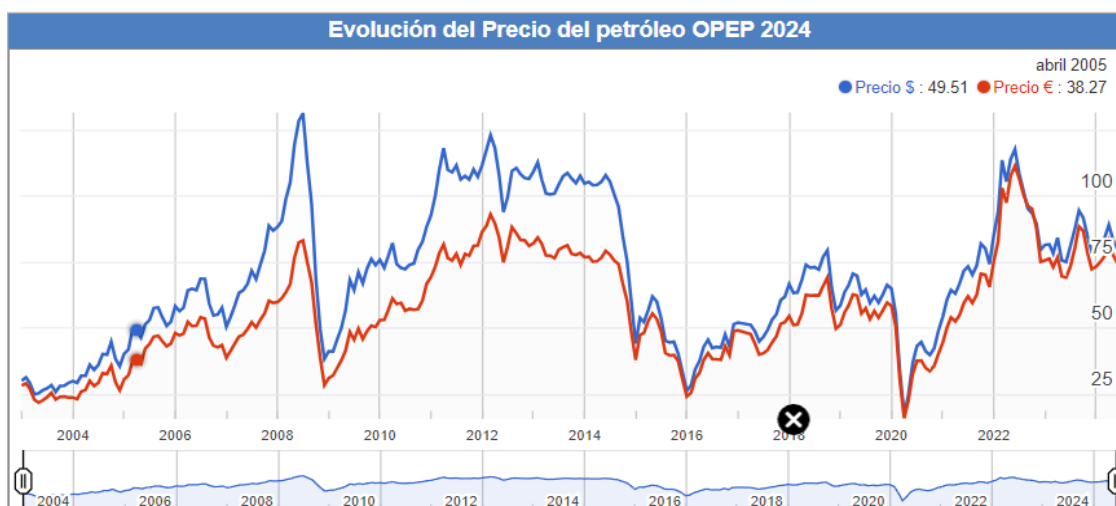
Es preciso mencionar que, la pandemia de COVID-19, la cual tuvo origen a finales de 2019, intensificó esta disminución, llevando las tasas a cerca del 2% durante el punto álgido de la crisis, debido a la caída significativa del comercio regional y mundial. En respuesta a esta situación, los bancos globales redujeron drásticamente las tasas para reactivar la economía y fomentar la solicitud de préstamos.

Seguidamente, a partir de 2021, las tasas de interés comenzaron a aumentar considerablemente, en gran parte debido a la recuperación económica global, estabilizándose en niveles cercanos al 4-5%. En lo que concierne a la proyección realizada, se espera que las tasas alcancen aproximadamente el 5.25% en 2024, el nivel más alto desde 2014. Sin embargo, se anticipa que, a partir de 2025, las tasas disminuirán gradualmente, alcanzando un valor estimado de 4.28% para 2029.

Es menester mencionar que, según la compañía financiera, JP Morgan, en Latinoamérica, los bancos centrales están comenzando a reducir las tasas de interés debido a la disminución de la inflación. A diferencia de Estados Unidos, donde se anticipa que las tasas altas se mantendrán más tiempo por una economía más estable, en la región es menos probable que las tasas se mantengan elevadas durante períodos prolongados. Por su parte, en México y Centroamérica, se necesitan más reformas y mejoras en infraestructura para extender estos beneficios. En Brasil, a pesar de una economía resistente, se requieren reformas adicionales para justificar tasas altas a largo plazo (Cristiani & Cuevas, 2023).

Otros países, como Chile, Colombia y Perú, están empezando a flexibilizar sus políticas monetarias. Sin embargo, si las tasas en Estados Unidos permanecen altas, los bancos centrales latinoamericanos enfrentarán dificultades para reducir las tasas sin afectar la inflación y la estabilidad monetaria, complicando el crecimiento económico (Cristiani & Cuevas, 2023).

Figura 33. Evolución del precio del petróleo según la OPEP



Fuente: Datosmacro (2023)

Primeramente, es preciso mencionar que la OPEP, u Organización de Países Exportadores de Petróleo, es un grupo intergubernamental fundado en 1960 por cinco naciones petroleras (Arabia Saudita, Irán, Irak, Kuwait y Venezuela) para coordinar políticas petroleras.

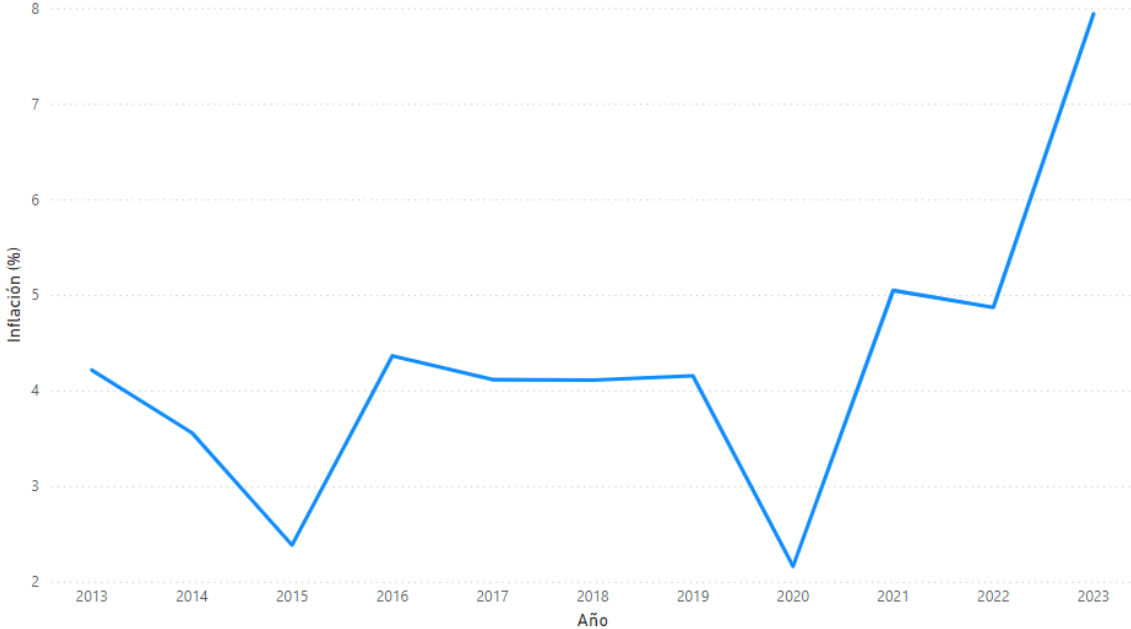
Su objetivo principal es estabilizar los precios del petróleo en el mercado global regulando la producción entre sus miembros. Con el tiempo, la OPEP ha ganado influencia significativa en la economía mundial debido a su capacidad para afectar la oferta y la demanda de petróleo a través de decisiones colectivas sobre cuotas de producción (¿Qué es la OPEP? - Foro Nuclear, 2020).

En lo que concierne al gráfico anterior, se puede notar la evolución del precio del petróleo de la OPEP tanto en dólares como en euros desde 2004 hasta 2024. Es preciso mencionar que entre los años 2004 a 2008, los precios aumentaron significativamente debido a la creciente demanda global y a las limitaciones en la oferta, alcanzando un máximo antes de la crisis financiera de 2008. Durante la crisis financiera de 2008-2009, los precios del petróleo cayeron drásticamente reflejando la disminución de la demanda global por la recesión económica.

Posteriormente, entre 2009 y 2014, los precios muestran una recuperación, manteniéndose relativamente altos y estables, lo que va en línea con la recuperación económica. Sin embargo, a partir de 2014, los precios del petróleo volvieron a caer significativamente debido a un exceso de oferta, impulsado en parte por el aumento de la producción a nivel global. Seguidamente, desde 2016, los precios fluctuaron debido a diversos factores, incluyendo políticas de la OPEP y cambios en la producción, con una caída notable en 2020 debido a la pandemia de COVID-19 que redujo drásticamente la demanda global.

A partir de 2021, los precios comenzaron a normalizarse, impulsados por la recuperación económica y la reducción de la oferta por parte de la OPEP. En los años recientes, de 2022 a 2024, los precios han mostrado volatilidad con una tendencia al alza, reflejando tensiones políticas, fluctuaciones en la oferta y demanda, y la inflación global. Es por esto que, a lo largo del período, los precios del petróleo en dólares y euros han seguido patrones similares, con pequeñas variaciones debido a los tipos de cambio entre ambas monedas.

Figura 34. Evolución de la tasa de inflación a lo largo de los años
Tasa de Inflación desde 2013 hasta 2023

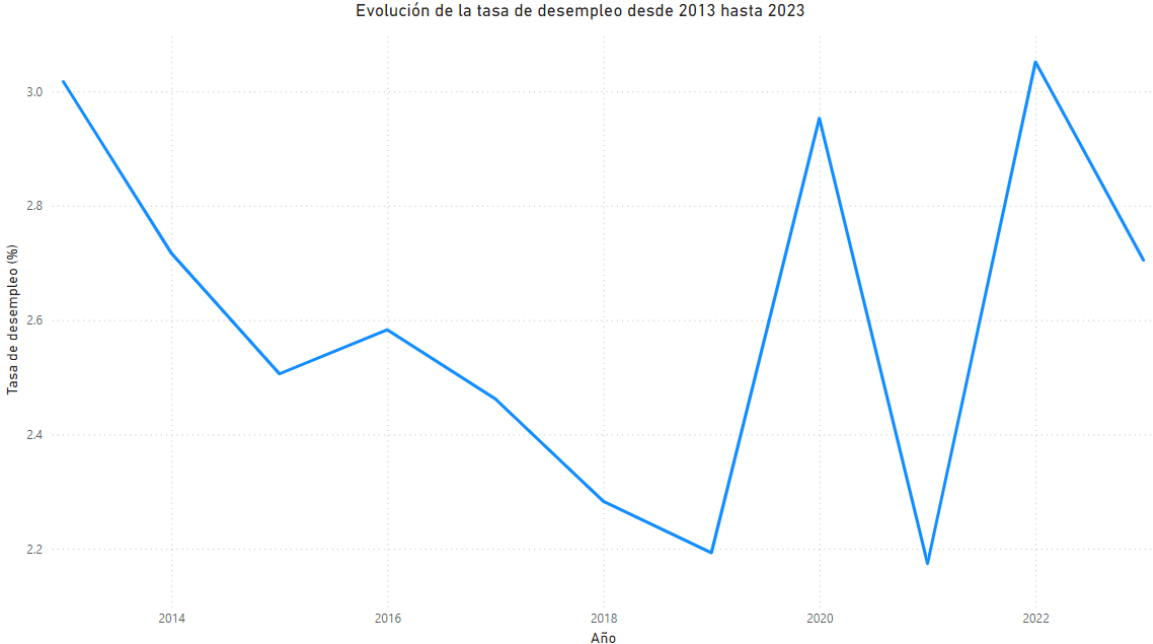


Fuente: Banco de Guatemala

En el gráfico anterior se refleja la evolución de la tasa de inflación en Guatemala desde 2013 hasta 2023, mostrando fluctuaciones importantes en los precios a lo largo de los años. Es preciso mencionar que desde 2013 hasta 2015, la inflación se redujo gradualmente, alcanzando un nivel bajo cercano al 2.5% en 2015. Sin embargo, en 2016 experimentó un aumento significativo, llegando a más del 4%. Por su parte, entre 2017 y 2019, la inflación se estabilizó, pero en 2020 disminuyó drásticamente, en parte debido a la pandemia de COVID-19, lo cual afectó la actividad económica y la demanda.

A partir de 2021, la inflación comenzó a aumentar de manera sostenida, alcanzando su punto más alto en 2023, con cerca del 8%. Este repunte reciente se debe a factores globales como las interrupciones en las cadenas de suministro y el aumento en los precios de la energía y los alimentos. Esto afecta el poder adquisitivo de los consumidores, lo que podría impactar negativamente el consumo de bienes como vehículos. A su vez, esta tendencia inflacionaria al alza podría llevar a las autoridades a aumentar las tasas de interés, lo que influiría en el financiamiento y la demanda en el mercado automotriz.

Figura 35. Evolución de la tasa de desempleo a lo largo de los años



Fuente: Banco Mundial

La gráfica muestra la evolución de la tasa de desempleo entre 2013 y 2023. Durante el período de 2013 a 2018, se observa una tendencia general de disminución en la tasa de desempleo, lo que sugiere una mejora en las condiciones económicas y como resultado, una economía más activa. Es preciso mencionar que este periodo de reducción fue seguido por una fase de estabilidad y ligera subida entre 2018 y 2019, indicando que la disminución del desempleo se estaba desacelerando.

A partir de 2019, se produce un aumento notable en la tasa de desempleo, que se acentúa en 2020. Este incremento coincide con el inicio de la pandemia de COVID-19, un evento global que afectó gravemente las economías de muchos países, provocando cierres de negocios y despidos masivos. Por lo anterior, la tasa de desempleo experimentó un pico significativo durante este tiempo.

Es preciso mencionar que después de este aumento, la tasa de desempleo comenzó a disminuir rápidamente en la fase de recuperación económica postpandemia. Sin embargo, en los años siguientes, se observaron fluctuaciones notables, con un nuevo aumento seguido de una disminución. Estas variaciones pueden ser atribuidas a factores económicos adicionales, como problemas en la cadena de suministro y la inflación.

Hacia el final del periodo, en 2023, la gráfica muestra una tendencia descendente en la tasa de desempleo, aunque esta sigue siendo más alta en comparación con los niveles previos a la pandemia. En resumen, la gráfica refleja una recuperación económica y estabilidad hasta 2018, seguida de una volatilidad significativa a partir de 2019, impulsada en gran medida por la pandemia y otros factores económicos globales.

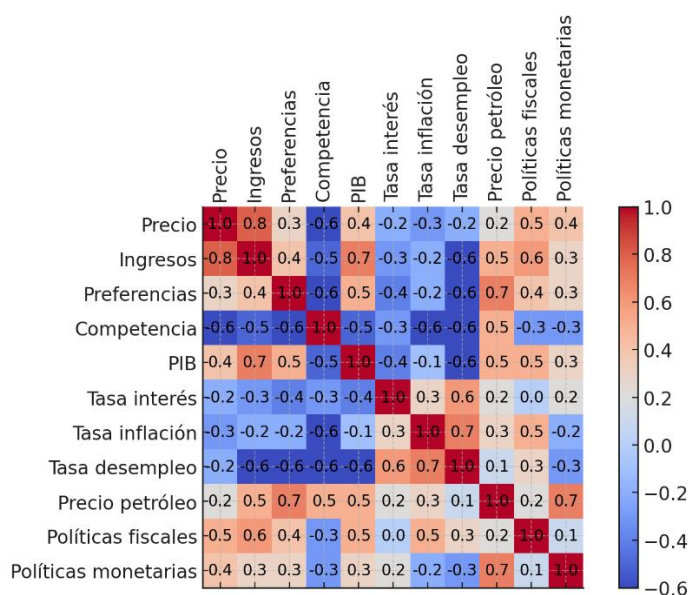
Análisis de variables económicas

Para tener una mejor percepción de la relación entre las variables, se realizará un análisis de estas. Es por esto por lo que el principal objetivo de esta sección será investigar la relación entre las variables económicas identificadas anteriormente como relevantes para el modelo en cuestión. La metodología empleada se basará en el uso de una matriz de correlación, la cual es una valiosa y útil herramienta estadística que permitirá explorar y cuantificar la naturaleza de las asociaciones entre estas variables.

Esta matriz no solamente proporcionará una medida de la fuerza y la dirección de las relaciones entre las variables económicas, sino que también será de vital importancia para identificar patrones de intercorrelación significativos que aporten valor a la investigación. Es preciso mencionar que este análisis cualitativo y estadístico permitirá obtener una comprensión más profunda de la forma en la que estas variables interactúan entre sí dentro del contexto económico específico del estudio.

A partir de los resultados obtenidos, se podrá realizar una discusión informada sobre el impacto y las implicaciones de estas relaciones interdependientes en el modelo analizado, proporcionando así una base sólida para la toma de decisiones y la formulación de estrategias económicas pertinentes.

Figura 36. Matriz de correlación entre variables micro y macroeconómicas



Fuente: Elaboración propia

La matriz de correlación mostrada anteriormente se puede entender e interpretar de la siguiente manera:

1. Los valores en la diagonal principal son 1.00, ya que cada variable tiene una correlación perfecta consigo misma.
2. Los valores entre -1.00 y 0.00 indican una correlación negativa, lo que significa que a medida que una variable aumenta, la otra disminuye.
3. Los valores entre 0.00 y 1.00 indican una correlación positiva, lo que significa que a medida que una variable aumenta, la otra sigue el mismo comportamiento.

Para tener una mejor comprensión de las correlaciones mostradas en la matriz, algunas de estas se pueden interpretar de la siguiente manera:

- **Correlación entre precio de los vehículos hatchback e ingresos de los potenciales consumidores**

Coefficiente de correlación: -0.80

Interpretación: Existe una fuerte correlación negativa entre el precio de los vehículos hatchback y los ingresos de los potenciales consumidores. Esto significa que a medida que aumenta el precio de los vehículos hatchback, la demanda de estos por parte de los consumidores con menores ingresos disminuye.

Fundamento para la asignación del valor: Esta correlación se basa en la ley de la demanda, la cual establece que la cantidad demandada de un bien o servicio es inversamente proporcional a su precio. En este caso, se considera que los consumidores con menores ingresos tienen una mayor sensibilidad al precio, por lo que una pequeña variación en el precio puede tener un gran impacto en su decisión de compra.

- **Correlación entre preferencias del consumidor y competencia en el mercado automotriz**

Coefficiente de correlación: -0.40

Interpretación: Existe una correlación negativa moderada entre las preferencias del consumidor y la competencia en el mercado automotriz. Esto significa que a medida que aumenta la competencia en el mercado, los consumidores tienen más opciones para elegir, lo que puede llevarlos a cambiar sus preferencias hacia otras marcas o modelos.

Fundamento para la asignación del valor: Esta correlación se basa en la teoría de la competencia perfecta, la cual establece que en un mercado competitivo, las empresas deben ofrecer productos que satisfagan las necesidades y preferencias de los consumidores para poder tener éxito. En este caso, se considera que una mayor competencia puede llevar a una mayor variedad de productos y precios, lo que puede hacer que los consumidores sean más selectivos con sus preferencias.

- **Correlación entre tasa de desempleo y precio del petróleo**

Coefficiente de correlación: 0.80

Interpretación: Existe una fuerte correlación positiva entre la tasa de desempleo y el precio del petróleo. Esto significa que a medida que aumenta el precio del petróleo, también aumenta la tasa de desempleo.

Fundamento para la asignación del valor: Esta correlación se basa en el efecto multiplicador del petróleo, el cual establece que un aumento en el precio del petróleo puede tener un impacto negativo en la economía en general, lo que puede llevar a un aumento del desempleo. Esto se debe a que el petróleo es un insumo importante para muchos sectores de la economía, por lo que un aumento en su precio puede aumentar los costos de producción y reducir las ganancias de las empresas, lo que puede llevarlas a despedir empleados.

Es pertinente mencionar que el análisis de la matriz de correlación presentada permite no solamente identificar las relaciones cuantitativas entre las variables económicas, sino también comprender las causas y consecuencias que estas relaciones pueden tener en la demanda de vehículos hatchback en Guatemala. A continuación, se profundiza en algunos de los hallazgos más relevantes.

Por ejemplo, la relación entre el precio de los vehículos y los ingresos de los consumidores muestra un coeficiente de correlación de -0.80 , lo cual indica una fuerte relación negativa. Esto significa que a medida que el precio de los vehículos hatchback aumenta, la demanda por parte de consumidores con ingresos bajos y medios disminuye considerablemente. Este comportamiento se explica por la alta sensibilidad al precio de este segmento de mercado, donde una gran parte de los ingresos se destina a necesidades básicas, limitando su capacidad para realizar compras de alto valor. Este hallazgo resalta la importancia de estrategias de precios competitivas y programas de financiamiento accesibles para mantener la demanda en estos sectores.

Ahora bien, la correlación negativa moderada de -0.40 entre las preferencias de los consumidores y la competencia en el mercado automotriz indica que un aumento en la competencia puede hacer que los consumidores sean más propensos a cambiar sus preferencias hacia nuevas marcas o modelos. Este fenómeno se debe a que, en un mercado competitivo, las opciones disponibles se amplían, y los consumidores buscan aquellas que ofrezcan mejores características, precios o innovaciones. Como resultado, las empresas deben enfocarse en estrategias de marketing, promociones y diferenciación de productos para atraer y retener clientes en un entorno de alta competencia.

En el caso de la tasa de interés, esta presenta una correlación negativa significativa con la demanda de vehículos. Esto se debe a que las tasas de interés altas encarecen los créditos y préstamos, lo que desincentiva la compra de bienes de alto costo como los automóviles. En este contexto, las políticas monetarias juegan un rol crucial, ya que una tasa de interés elevada puede limitar la disponibilidad de financiamiento y reducir la disposición de los consumidores a endeudarse, impactando directamente la demanda. Por ello, las estrategias de financiamiento flexible se vuelven esenciales en situaciones de tasas altas para mitigar este efecto.

En el análisis también destaca la relación positiva entre el PIB y la demanda de vehículos, lo cual sugiere que un crecimiento económico mejora la capacidad adquisitiva de los consumidores y, en consecuencia, incrementa la demanda. Las políticas fiscales también influyen en este comportamiento, ya que impuestos más bajos o incentivos fiscales pueden estimular la compra de vehículos, mientras que políticas más estrictas pueden tener el efecto contrario y frenar el consumo.

En última instancia, la correlación positiva de 0.80 entre la tasa de desempleo y el precio del petróleo muestra que un aumento en el precio del petróleo puede contribuir a un aumento en la tasa de desempleo. Esto se debe a que el petróleo es un insumo clave en muchos sectores, y un incremento en su costo puede elevar los costos de producción y transporte, afectando las ganancias de las empresas y, en última instancia, llevando a

despidos y reducción de empleos. Este ciclo negativo impacta la demanda de bienes duraderos, como los automóviles, al reducir la estabilidad económica de los consumidores.

Ahora bien, en lo que concierne al análisis estadístico de las variables, se puede notar que la matriz de correlación presentada anteriormente proporciona información valiosa sobre las relaciones entre 11 variables relacionadas con la demanda de vehículos hatchback en Guatemala. A partir de esta, es viable realizar un análisis estadístico para con esto, comprender de una mejor manera la dinámica del mercado y los factores que influyen en la demanda de este tipo de vehículos.

Análisis de algunas de las correlaciones

Con el fin de profundizar en el análisis de la matriz de correlación presentada y los diferentes tipos de relaciones entre variables, es crucial no solamente identificar los coeficientes de correlación, sino también entender las posibles causas y consecuencias de estas relaciones en un análisis más detallado. Esto permitirá interpretar cómo las interacciones entre las variables económicas pueden afectar la demanda de vehículos hatchback en Guatemala y proporcionar un marco más completo para la toma de decisiones en este mercado.

- 1. Precio del vehículo hatchback:** La correlación negativa significativa de -0.80 con los ingresos de los consumidores potenciales confirma que un precio más alto puede disuadir a los segmentos de ingresos bajos y medios, disminuyendo su interés en la compra de vehículos. Esta relación enfatiza la necesidad de estrategias de precios competitivas y accesibles, especialmente en un contexto donde la elasticidad de la demanda es alta.

La correlación negativa moderada de -0.60 con la competencia sugiere que, al haber un mercado más competitivo, se impulsa la reducción de precios para atraer consumidores, lo cual es una estrategia común cuando las empresas buscan ganar participación de mercado en un entorno dinámico y competitivo.

- 2. Ingresos de los potenciales consumidores:** La correlación positiva de 0.70 con el PIB indica que el bienestar económico general tiene un impacto directo en los ingresos de los consumidores. Cuando el PIB crece, los consumidores generalmente tienen más poder adquisitivo, lo que incrementa la demanda de bienes duraderos, incluidos los vehículos hatchback.

Por su parte, la correlación negativa de -0.60 con la tasa de desempleo muestra que un nivel de desempleo más bajo se traduce en ingresos más altos y un mayor gasto en vehículos. Estas observaciones resaltan la importancia de un entorno económico estable y en crecimiento para mantener una demanda saludable en el mercado automotriz.

- 3. Preferencias del consumidor:** La correlación positiva moderada de 0.50 con el PIB refleja que las preferencias de los consumidores se ven favorecidas en contextos de

crecimiento económico, ya que un mayor ingreso disponible permite a los consumidores elegir vehículos de acuerdo con sus gustos y necesidades específicas. La correlación negativa de -0.40 con la competencia implica que un entorno de menor competencia puede consolidar las preferencias por ciertos modelos, mientras que un entorno más competitivo podría diluir estas preferencias al presentar más opciones atractivas para los consumidores.

- 4. Competencia en el mercado automotriz:** La competencia influye de manera notable en la estructura de precios, con una correlación negativa de -0.60 con el precio de los vehículos. En mercados con alta competencia, las empresas tienden a bajar los precios para atraer clientes, lo que beneficia al consumidor final, pero puede presionar los márgenes de ganancia de las compañías.

La correlación positiva de 0.40 con la tasa de desempleo podría indicar que una competencia intensa puede provocar presiones en el empleo del sector automotriz, al obligar a las empresas a buscar eficiencias y reducir costos operativos.

- 5. Producto Interno Bruto (PIB):** La correlación de 0.70 con los ingresos de los consumidores y 0.50 con las preferencias de consumo resalta el papel del PIB como un motor económico que impulsa la demanda de bienes duraderos, incluyendo los vehículos hatchback.

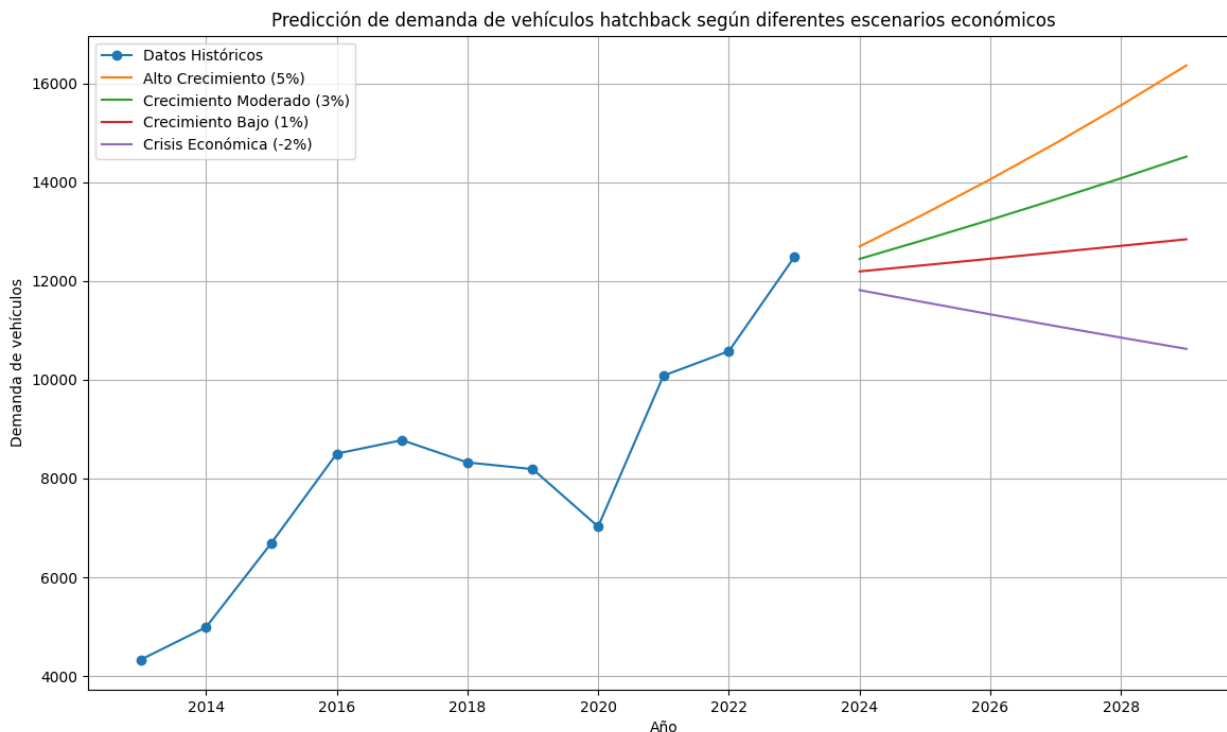
Asimismo, la correlación negativa de -0.50 con la tasa de desempleo evidencia que un crecimiento económico sostenido contribuye a la creación de empleos, lo cual, a su vez, refuerza la capacidad de compra de los consumidores.

- 6. Tasa de interés:** La tasa de interés tiene una correlación negativa moderada con el precio del vehículo hatchback (-0.20) y una correlación positiva moderada con la tasa de inflación (0.60), lo que sugiere que un aumento en la tasa de interés puede llevar a una reducción en la demanda de vehículos y un aumento en la inflación.
- 7. Tasa de inflación:** La correlación de -0.20 con el precio del vehículo y de 0.60 con la tasa de interés subraya cómo la inflación impacta el costo de los vehículos y las condiciones económicas generales. Un entorno inflacionario puede elevar los costos de producción y reducir la demanda si los precios de los bienes, incluidos los vehículos, suben más rápido que los ingresos de los consumidores.
- 8. Tasa de desempleo:** La correlación negativa de -0.60 con los ingresos de los consumidores y la positiva de 0.40 con la competencia implica que un aumento en el desempleo no solo reduce la capacidad de compra de los consumidores, sino que puede intensificar la competencia en el mercado, ya que las empresas se ven obligadas a implementar medidas para captar la atención de un público con menor poder adquisitivo.

- 9. Precio del petróleo:** La correlación positiva de 0.60 con la tasa de inflación y la negativa de -0.50 con la tasa de desempleo indican que el precio del petróleo influye significativamente en la inflación, ya que incrementa los costos de transporte y producción. Al mismo tiempo, un aumento en los precios del petróleo puede afectar negativamente al empleo en sectores sensibles a los costos de energía, lo cual, a su vez, impacta la demanda de vehículos.
- 10. Políticas fiscales:** Las políticas fiscales tienen una correlación positiva moderada con el PIB (0.50) y una La correlación positiva de 0.50 con el PIB y la negativa de -0.20 con la tasa de desempleo sugieren que políticas fiscales expansivas, como reducciones de impuestos y aumentos en el gasto público, pueden estimular la economía, aumentar el PIB y reducir el desempleo, beneficiando así la demanda de vehículos.
- 11. Políticas monetarias:** La correlación positiva de 0.40 con el PIB y la negativa de -0.10 con la inflación indican que políticas monetarias expansivas, como la reducción de tasas de interés o la inyección de liquidez, pueden promover el crecimiento económico y controlar la inflación, mejorando las condiciones para la adquisición de bienes duraderos como los vehículos hatchback.

En suma, el análisis anterior permite una mejor comprensión de la compleja interacción entre cada una de las variables económicas y el impacto de cada una en los aspectos de mayor relevancia en el mercado automotriz. Por lo anterior, fungen como base sólida para su posterior análisis; con el fin de una toma de decisiones más rápida y eficaz.

Figura 37. Impacto de variaciones en el PIB en la demanda de vehículos hatchback mediante regresión lineal



En el gráfico anterior se presenta la demanda de vehículos hatchback en Guatemala desde 2013 hasta 2023, y se proyectan diferentes escenarios económicos hasta 2029, basados en las variaciones del Producto Interno Bruto (PIB). Es preciso mencionar que los datos históricos muestran un crecimiento significativo en la demanda de vehículos, con algunos altibajos notables, especialmente en 2018 y 2020. A partir de 2021, se observa una tendencia de recuperación y crecimiento sostenido, alcanzando un pico en 2023 con 12,481 unidades.

En los escenarios planteados, el alto crecimiento (5%) proyecta una demanda superior a las 16,000 unidades para 2029, sugiriendo un aumento significativo impulsado por un fuerte crecimiento económico. Por su parte, el crecimiento moderado (3%), que se alinea con las tendencias históricas recientes, predice una demanda cercana a las 14,000 unidades para 2029, reflejando estabilidad y expansión gradual. En el caso del crecimiento bajo (1%), este anticipa una demanda en torno a las 12,500 unidades para 2029, indicando un crecimiento mínimo pero continuo. En un caso más pesimista, el escenario de crisis económica (-2%) proyecta una disminución en la demanda a menos de 10,000 unidades para 2029, destacando un impacto negativo considerable en el mercado.

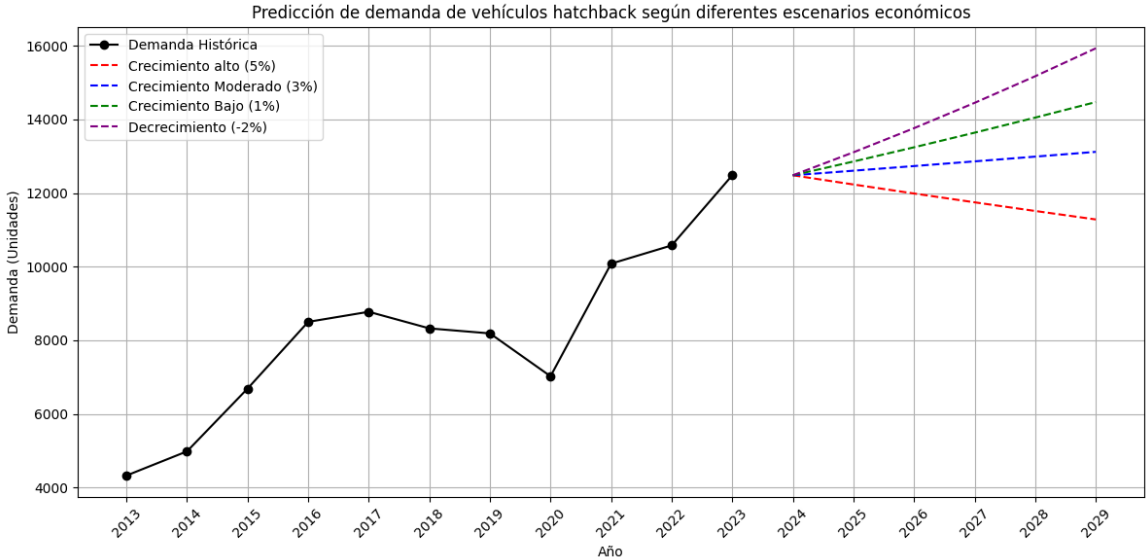
La interpretación de estos escenarios resalta la importancia del crecimiento económico en la demanda de vehículos hatchback. Un crecimiento moderado del PIB es esencial para mantener una tendencia positiva en la demanda. Aunado a esto, los escenarios

extremos de alto crecimiento y crisis económica ilustran el rango potencial de fluctuaciones en el mercado, resaltando la necesidad de estrategias adaptativas para enfrentar diferentes condiciones económicas. En última instancia, la predicción de la demanda de vehículos hatchback está estrechamente vinculada al desempeño económico, y las proyecciones indican que mantener un crecimiento moderado es crucial para la estabilidad del mercado a un mediano y largo plazo.

Es pertinente mencionar que el análisis de los escenarios económicos revela riesgos y oportunidades específicos en cada caso. En un escenario de alto crecimiento (5%), aunque existe el riesgo de saturación del mercado y aumento de costos, también se presentan grandes oportunidades para expandir el mercado y diversificar productos. Por su parte, en un crecimiento moderado (3%), que refleja tendencias recientes, el principal riesgo es la competencia sostenida, mientras que la estabilidad del mercado permite planificar a largo plazo y fidelizar clientes.

En el caso de un escenario de crecimiento bajo (1%), la demanda limitada podría no cubrir los costos fijos, pero la oportunidad de consolidar la posición de la empresa y reducir costos sigue presente. Por último, en una crisis económica (-2%), la caída significativa en la demanda y la presión financiera son los mayores riesgos, pero las empresas podrían consolidarse tras la crisis y aprovechar posibles incentivos gubernamentales.

Figura 38. Impacto de variaciones de las tasas de interés en la demanda de vehículos hatchback mediante regresión lineal



En el gráfico anterior se muestra la predicción de demanda de vehículos hatchback en Guatemala bajo diferentes escenarios económicos desde 2023 hasta 2029. Es por esto por lo que se plantean cuatro escenarios económicos. Primeramente, el escenario de crecimiento alto (5%), representado por la línea roja, asume un fuerte crecimiento en las tasas de interés, lo cual contrae significativamente la demanda de vehículos. Según esta proyección, la demanda estaría por debajo de las 12,000 unidades para 2029, lo cual indica un entorno económico desfavorable.

Por su parte, en el escenario de crecimiento moderado (3%), reflejado en la línea azul, presenta una perspectiva de crecimiento más sostenible. A diferencia del escenario de crecimiento alto, se espera que la demanda tenga un ligero aumento, alcanzando alrededor de 13,000 unidades en 2029, lo cual, a pesar de no ser un dato negativo, no es el ideal del crecimiento de la industria en el país. Por lo anterior, con este escenario podría darse un entorno económico estable, en donde los consumidores continúan comprando vehículos, pero sin un impulso extraordinario.

En cambio, el escenario de crecimiento bajo (1%), representado por la línea verde, sugiere un crecimiento constante y conservador. Es por esto por lo que la demanda aumenta a un ritmo más acelerado y se proyecta que alcance aproximadamente 14,500 unidades en 2029. Es por esto que este escenario podría reflejar un entorno económico con desafíos moderados, donde el crecimiento es contante y escalable a la realidad.

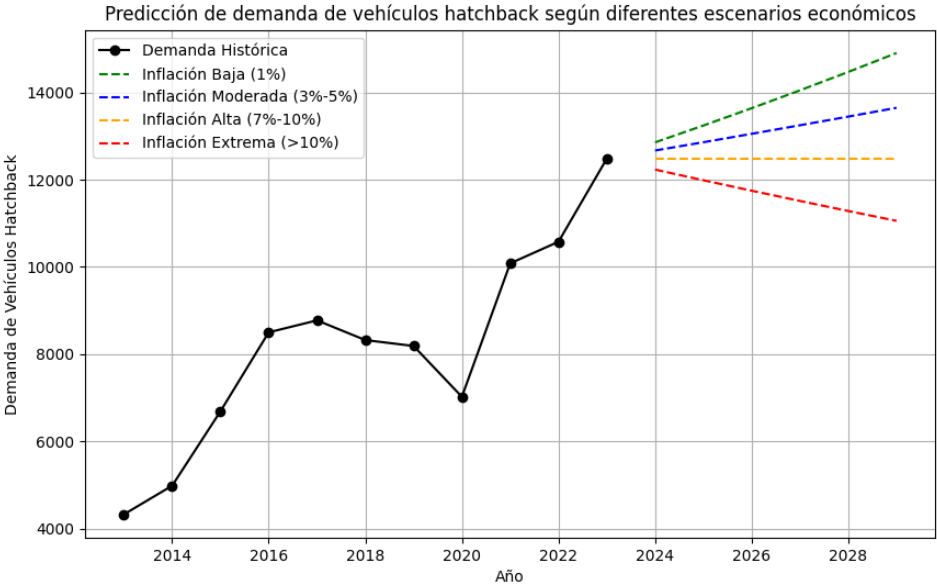
Como último escenario, siendo el más optimista; se presenta un decrecimiento de la tasa de interés de alrededor del 2%, representado por la línea morada. En esta situación se proyecta un notable aumento en la demanda de vehículos, la cual llegaría a superar las 16,000 unidades para el 2029. Es por esto por lo que, en esta situación, se prevé una demanda bastante alta, lo cual impactaría la demanda de manera positiva e impulsaría la industria en mayor medida en el país de cara al futuro.

Ahora bien, es preciso mencionar que el análisis de escenarios económicos realizado muestra distintos riesgos y oportunidades en cada uno de estos. Primeramente, en un escenario de crecimiento alto (5%), la demanda cae debido a altas tasas de interés, lo que requiere promociones y financiamiento flexible. Por su parte, en un crecimiento moderado (3%), el mercado se estabiliza, por lo que tanto la fidelización como optimización de costos son claves, por lo que es de vital importancia ajustarse a los cambios del mercado y permanecer a la vanguardia de cualquier innovación o cambios que se vayan dando respecto a las tasas.

Con un escenario más optimista de crecimiento bajo (1%), se necesita eficiencia operativa y diversificación, ya que las personas mostrarán una mayor tendencia a adquirir bienes materiales, incluidos los vehículos, por lo que se debe de estar preparado para una

demanda cambiante y al alza. En caso se dé un decrecimiento de las tasas, como en el escenario más optimista, el aumento de la demanda impulsa la expansión e innovación, pero esto es algo que se debe de realizar y prever con prudencia para mantener la sostenibilidad y la satisfacción del cliente.

Figura 39. Impacto de variaciones de la inflación en la demanda de vehículos hatchback mediante regresión lineal



En el gráfico anterior respecto al impacto de las variaciones de la inflación en la demanda futura de vehículos hatchback, se puede apreciar la manera en la que las fluctuaciones inflacionarias impactan directamente en el comportamiento de los consumidores. En primera instancia, en un entorno de inflación baja (1%), se proyecta un crecimiento sostenido en la demanda debido a una mayor estabilidad económica y un poder adquisitivo más fuerte. Este escenario es el más favorable para el aumento en las ventas de vehículos.

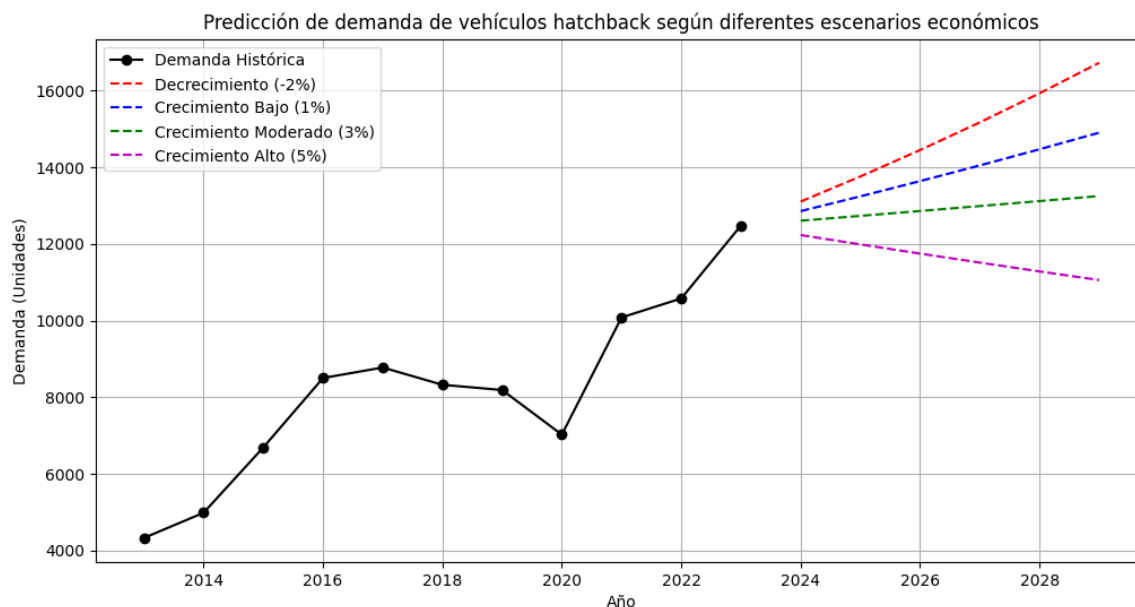
Ahora bien, en un escenario de inflación moderada (3% - 5%), el cual corresponde a la tendencia que se tiene en los últimos años, se puede apreciar que la demanda sigue creciendo, pero a un ritmo más lento. Aunque la estabilidad económica persiste, los consumidores ajustan sus hábitos de compra en respuesta a un aumento moderado en los precios. Esto ralentiza ligeramente el crecimiento de la demanda en comparación con el escenario de inflación baja.

En escenarios más pesimistas como de inflación alta (7%-10%) y extrema (>10%), la demanda de vehículos se estabiliza o incluso disminuye. En el caso de la inflación alta, el poder adquisitivo se ve severamente afectado, limitando el crecimiento de la demanda. En cambio, en el escenario de inflación extrema, la demanda disminuye significativamente, ya que los consumidores enfrentan dificultades económicas mayores, lo que retrasa o cancela la compra de vehículos debido al aumento en los precios y la incertidumbre económica.

En lo que respecta a los riesgos y oportunidades de los escenarios planteados, primeramente, en un escenario de inflación baja (1%), existen oportunidades de crecimiento sostenido en la demanda de vehículos. Sin embargo, se debe de tener en consideración el riesgo de una mayor competencia, por lo que la fidelización de clientes y la captación del mercado serían estrategias claves para el éxito de cualquier marca. También se pueden considerar estrategias de diferenciación e innovación para capitalizar el entorno de manera favorable.

Por su parte, con inflación moderada (3%-5%), la demanda crece más lentamente, lo cual es la tendencia que se ha tenido en los últimos años. En este caso, es clave ofrecer incentivos y financiamiento accesible para mitigar riesgos y fomentar la compra de vehículos, provocando estabilidad en las ventas. En escenarios más pesimistas como de inflación alta (7%-10%) y extrema (>10%), los riesgos se presentan como una reducción del poder adquisitivo y una caída en la demanda. Para esto, las estrategias deben centrarse en ajustar precios, ofrecer opciones de financiamiento flexibles y optimizar costos para mantener la liquidez y no perder una excesiva cantidad de ventas, lo cual es inevitable dadas las condiciones del mercado en este tipo de escenarios.

Figura 40. Impacto de la tasa de desempleo en el principal mercado de vehículos hatchback (personas de 18-30 años) en la demanda, mediante regresión lineal



En la figura anterior, se presentan los diferentes escenarios proyectados respecto a las variaciones de la tasa de desempleo y el impacto de estas sobre la demanda futura de vehículos hatchback en Guatemala. Para esto, es menester mencionar que se determinaron cuatro escenarios, los cuales se presentan desde el más optimista, hasta finalizar con un notable crecimiento de la tasa de desempleo, lo cual representa al escenario más pesimista.

Primeramente, el escenario de decrecimiento de la tasa de desempleo (-2%), señalado con la línea roja, es el más optimista de todos. Este escenario asume una reducción significativa en la tasa de desempleo, lo que impulsaría notablemente la demanda de vehículos. Se proyecta un crecimiento sólido, alcanzando alrededor de las 17,000 unidades para 2029. Este escenario refleja una economía en recuperación, con una mejora en el empleo que fortalece la confianza del consumidor y estimula las compras de vehículos.

Seguidamente, en el escenario de crecimiento bajo (1%), representado por la línea azul, proyecta un leve aumento en la tasa de desempleo, lo cual no aumenta de manera significativa la demanda de vehículos. Por esto, se tiene un crecimiento bajo pero constante en dicho rubro, lo cual se asemeja a la tendencia que se ha registrado en los últimos años. Por esto, se espera que la demanda alcance aproximadamente 14,500 unidades para 2029, sugiriendo un entorno económico más favorable y estable, en el cual la demanda de vehículos continúa creciendo de manera sostenida a pesar de que la tasa de desempleo no disminuye.

Ahora bien, en el escenario de crecimiento moderado (3%), ilustrado con la línea verde, el incremento en la tasa de desempleo es leve. No obstante, la demanda de vehículos se mantiene relativamente estable, ya que se observa una ligera tendencia al alza hacia 2029, lo cual en gran medida es a causa del crecimiento de la población, más que de la demanda directa de los vehículos y la voluntad de compra de los consumidores. Por lo anterior, este escenario sugiere una economía que se ajusta de manera gradual, afectando ligeramente las ventas e impidiendo que estas crezcan en gran medida.

Como último escenario, se tiene un crecimiento alto (5%) de la tasa de desempleo, representado por la línea morada. En este, se anticipa un fuerte aumento en la tasa de desempleo, lo que resultaría en una contracción notable de la demanda de vehículos. Esto se debe a la reducción del poder adquisitivo de los consumidores, proyectándose una caída en la demanda a menos de 12,000 unidades para 2029. De esta manera, se refleja un panorama económico pesimista.

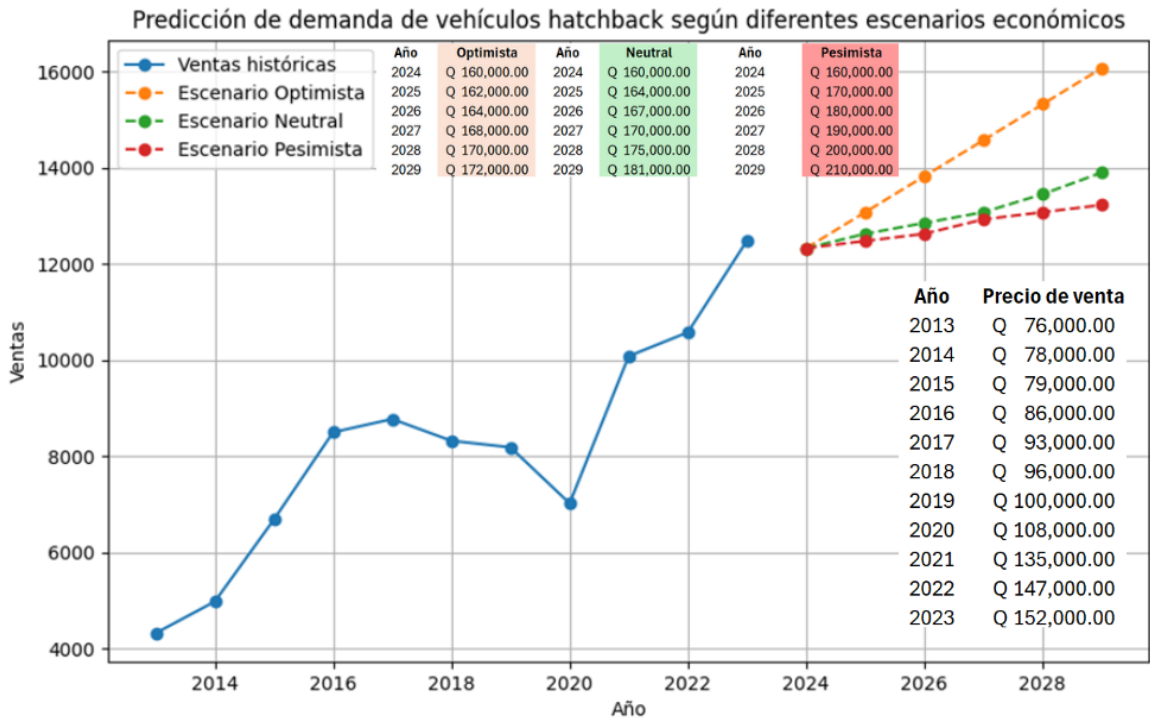
Es preciso mencionar que, dados los diferentes escenarios proyectados para la demanda de vehículos hatchback en Guatemala, se destacan riesgos y oportunidades asociados y adaptados a cada uno de estos.

En el escenario más optimista, en el cual se espera una disminución de 2% en la tasa de desempleo, se proyecta un fuerte crecimiento de la demanda a 17,000 unidades para 2029, lo cual abre oportunidades para aumentar producción y diversificar la oferta; por lo que es de vital importancia tanto estar a la vanguardia de la tecnología como priorizar la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de los plazos de entrega de cada unidad vendida. En el caso de un crecimiento del 1% de la tasa de desempleo, resulta fundamental consolidar la presencia de las marcas en el mercado, así como fidelizar a los clientes. Esto ya que los clientes, considerando una tasa de desempleo considerable, serán más cuidadosos con la inversión de su capital, lo que resultará en la necesidad por parte de las marcas de atraerlos con promociones o facilidades de pago.

Por su parte, en un escenario de crecimiento moderado del 3%, la demanda es estable y aumenta ligeramente, lo que exige ajustes en la producción para evitar exceso de inventario a su vez de fomentar la compra. En este caso, resultaría de vital importancia tanto la fidelización de clientes, como campañas promocionales en las cuales se destaque la facilidad de pagos y la seguridad para el consumidor a la hora de realizar este tipo de inversiones. En última instancia, en un escenario más pesimista, en el cual se tienen un porcentaje de desempleo superior al 5%, se refleja una caída notable en la demanda a menos de 12,000 unidades para 2029, lo que requiere optimización de costos y estrategias como planes de financiamiento accesibles para enfrentar un entorno económico desfavorable. Aunado a esto, se debe de tener especial cuidado a la hora de comercializar vehículos, ya que, de tener un

exceso de oferta, podría resultar en pérdidas considerables tanto para vendedores independientes, como para concesionarios establecidos en el país.

Figura 41. Impacto del precio de venta de los vehículos hatchback en la demanda de estos mediante regresión lineal



En lo que concierne al gráfico de la predicción de la demanda de vehículos según diferentes escenarios económicos, este contiene una proyección desde 2024 hasta 2029. Para esto, se consideraron tres posibles escenarios de comportamiento de la proporción de ventas respecto al precio de los vehículos: optimista, neutral y pesimista.

En el escenario optimista, el cual está representado por una línea naranja, se puede apreciar un crecimiento en la proporción de ventas, lo que resultaría en un aumento significativo de la demanda, alcanzando cerca de 16,000 unidades para 2029. Esto sugiere un entorno económico favorable donde los consumidores mantienen un fuerte interés en comprar vehículos, incluso frente a potenciales aumentos de precios, impulsados por un mayor poder adquisitivo o confianza en la economía.

Por su parte, en el escenario neutro, representado por una línea verde, la proporción se mantiene estable, reflejando una demanda que no aumenta significativamente y que se mantiene alrededor de 14,000 unidades. Este escenario sugiere estabilidad en el mercado,

con un equilibrio entre precios y demanda, lo que indica un entorno económico sin grandes cambios tanto en las condiciones del mercado como en el comportamiento de los consumidores.

En el tercer escenario, siendo el más pesimista y plasmado por una línea roja, se proyecta una disminución en la proporción considerable en la cantidad de ventas, ya que el comportamiento de la demanda sería bastante lineal y no presentaría aumentos significativos para el mercado, oscilando alrededor de las 13,000 unidades en 2029. Es menester mencionar que este escenario refleja un contexto económico adverso, con una sensibilidad mayor de los consumidores hacia los precios y con estos aumentando en mayor medida, lo cual posiblemente sea impulsado por una desaceleración económica o una reducción en el poder adquisitivo.

Según los tres escenarios planteados y analizados anteriormente: optimista, neutral y pesimista; existen riesgos y oportunidades asociados a cada uno de estos. Es por esto por lo que se identificarán estrategias para la mitigación de estos, además de mencionar las oportunidades que se pueden capitalizar en cada caso.

En el caso del escenario optimista, este ofrece oportunidades para aumentar ingresos y expandir mercados, pero también presenta riesgos, como el aumento de costos de producción y una sobrecapacidad de inventario si las condiciones cambian abruptamente. Adicional a esto, se presenta la oportunidad de expandir mercados a la vez de ir desarrollando nuevos productos. No obstante, es oportuno considerar que los costos de producción tendrán un notable aumento, por lo que realizar una correcta previsión de demanda es de vital importancia para evitar sobreproducción, lo cual generaría costos adicionales de almacenamiento y de oportunidad.

Por su parte, el escenario neutral, sugiere un entorno económico estable, sin grandes fluctuaciones, lo que permite a las empresas centrarse en la optimización operativa y la fidelización de clientes. Las oportunidades radican en mejorar la eficiencia y reducir costos, aunque este escenario también puede limitar el crecimiento significativo. Por otra parte, el riesgo principal de este escenario es el estancamiento económico y productivo, lo cual se podría dar en caso las empresas se vuelven demasiado conservadoras y no invierten en innovación o en nuevas estrategias de expansión.

En última instancia, en el caso el escenario pesimista, los riesgos incluyen la caída de ingresos y la acumulación de inventarios, lo que puede llevar a las empresas a recortar costos y diversificar su oferta para adaptarse a la contracción del mercado. No obstante, este entorno adverso también presenta oportunidades para innovar en productos de bajo costo y explorar nuevos mercados. Por lo anterior, las empresas pueden mitigar los efectos negativos de la

desaceleración económica optimizando sus procesos y enfocándose en alternativas más económicas para los consumidores.

6.3.3. Fase 3: Definición de ubicación óptima de planta de ensamblaje

La instalación de una planta de ensamble de vehículos hatchback en Guatemala representa una oportunidad significativa para fomentar el desarrollo industrial y económico del país. Es por esto que, para asegurar el éxito de la iniciativa, es fundamental llevar a cabo un análisis detallado y minucioso de las ubicaciones potenciales; considerando diversos factores clave que influirán en la eficiencia operativa y la viabilidad a largo plazo de la planta.

Por lo anterior, el presente análisis se centrará en evaluar diversos factores físicos tales como la disponibilidad de recursos, la infraestructura existente, la proximidad a los mercados objetivo. Aunado a esto, se considerarán otros aspectos económicos, políticos y ambientales que son cruciales para la toma de decisiones a la hora de llevar a cabo iniciativas de la magnitud de una planta de ensamble. Al identificar y comparar diferentes ubicaciones en Guatemala, se busca determinar la opción más estratégica y beneficiosa para la implementación de la planta de ensamble de vehículos hatchback.

Es preciso mencionar que, entre algunas de las ubicaciones consideradas, destacan la Ciudad de Guatemala, San Marcos, Escuintla y Quetzaltenango, cada una con sus propias ventajas y desventajas. Este estudio detallado proporcionará una base concreta para seleccionar la ubicación óptima, asegurando que la planta pueda operar de manera eficiente, competitiva y sostenible en el mercado automotriz.

Para realizar el análisis de ubicaciones potenciales para la planta de ensamble de vehículos hatchback en Guatemala, se consideraron varios factores clave. Para esto, se realizó un desglose de estos, así como la manera en la que cada uno puede influir en la selección de la ubicación:

1. Disponibilidad de recursos

- **Mano de obra:** Evaluar la disponibilidad de trabajadores calificados en la región. Zonas urbanas como la Ciudad de Guatemala pueden ofrecer una mayor cantidad de mano de obra calificada.
- **Materias primas:** Proximidad a proveedores de componentes y materiales necesarios para la producción de vehículos.
- **Energía y agua:** Evaluar el acceso a fuentes confiables de energía y agua, esenciales para el funcionamiento de la planta.

2. Infraestructura existente

- **Transporte:** Proximidad a redes de transporte principales, como carreteras, ferrocarriles y puertos, que faciliten la logística de entrada de materiales y salida de productos terminados.
- **Telecomunicaciones:** Acceso a redes de telecomunicaciones avanzadas para asegurar una comunicación eficiente y operaciones digitales.

- **Instalaciones industriales:** Disponibilidad de terrenos industriales preparados con la infraestructura básica ya instalada.

3. Proximidad a mercados objetivo

- **Acceso a mercados locales:** Ubicación cercana a los principales centros de consumo en Guatemala.
- **Exportación:** Proximidad a puertos marítimos y aeropuertos que faciliten la exportación de vehículos a otros mercados en América Central y del Norte.

4. Factores económicos y políticos

- **Incentivos gubernamentales:** Posibilidad de acceder a incentivos fiscales, subsidios u otros beneficios otorgados por el gobierno para atraer inversiones.
- **Estabilidad política:** Evaluar la estabilidad política y económica de la región para asegurar un ambiente favorable para la inversión a largo plazo.

5. Consideraciones ambientales

- **Regulaciones ambientales:** Cumplimiento con las normativas ambientales locales y evaluación del impacto ambiental de la planta.
- **Sostenibilidad:** Posibilidades de implementar prácticas sostenibles en la producción y operaciones de la planta.

Evaluación de ubicaciones potenciales

Previo a la evaluación y justificación de cada una de las posibles ubicaciones con sus respectivas ventajas y desventajas; es preciso conocer a profundidad cada una de estas para su posterior evaluación en las tablas comparativas. Es de vital importancia mencionar que se tomaron en consideración aspectos como la cantidad de plantas industriales existentes y las condiciones de infraestructura logística en cada una; así como el acceso a mercados y calidad de infraestructura.

Por esto, el presente análisis fue realizado mediante la investigación detallada de cada región y el conocimiento previo de las características particulares de cada una, lo cual permitió una comprensión integral de las mismas.

- **Ciudad de Guatemala:** Ofrece infraestructura desarrollada, mano de obra calificada y proximidad a mercados, lo que facilita la operación eficiente de la planta. Sin embargo, enfrenta retos importantes, como el alto costo de terrenos y mano de obra, y la congestión vial que afecta el transporte de mercancías (Zolic, 2024).
- **San Marcos:** Destaca por su proximidad a la frontera con México, lo que beneficia la importación de insumos, y cuenta con terrenos disponibles y costos logísticos bajos. No obstante, la infraestructura limitada y la distancia a los principales mercados, como la Ciudad de Guatemala, suponen un reto para la logística y la eficiencia operativa (Ortiz, 2023).

- **Quetzaltenango:** Presenta ventajas como costos más bajos de terrenos y mano de obra, y un desarrollo económico en crecimiento que favorece la inversión. Sin embargo, su infraestructura en desarrollo y la distancia a los principales centros de distribución plantean desafíos logísticos (*¿Qué Es un Parque Industrial? – Synergy Blog*, s. f.).
- **Escuintla:** Sobresale por su ubicación estratégica y acceso al Puerto Quetzal, lo cual facilita tanto la importación de materias primas como la exportación de productos terminados. Los costos operativos bajos y la disponibilidad de terrenos industriales añaden atractivo, pero la infraestructura técnica y la disponibilidad de mano de obra calificada aún deben desarrollarse (*¿Qué Es un Parque Industrial? – Synergy Blog*, s. f.).

Cuadro 52. Comparativa de ventajas y desventajas de la construcción de la planta de ensamblaje en la Ciudad de Guatemala

Ciudad de Guatemala	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ● Infraestructura desarrollada ● Proximidad a mercados ● Mano de obra calificada ● Servicios de proveedores ● Servicios financieros 	<ul style="list-style-type: none"> ● Costo elevado de terreno y mano de obra ● Congestión y tráfico para transporte de mercancías ● Mayor exposición a riesgos ambientales

Cuadro 53. Comparativa de ventajas y desventajas de la construcción de la planta de ensamblaje en el departamento de San Marcos

San Marcos	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ● Proximidad a frontera con México para importación ● Población considerable para mano de obra ● Disponibilidad de terreno ● Incentivos gubernamentales ● Costos logísticos bajos 	<ul style="list-style-type: none"> ● Infraestructura limitada ● Distancia a principales mercados, como la Ciudad de Guatemala ● Acceso a proveedores y materias prima ● Acceso a servicios básicos y de utilidades

Cuadro 54. Comparativa de ventajas y desventajas de la construcción de la planta de ensamblaje en el departamento de Quetzaltenango

Quetzaltenango	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ● Costo más bajo de terrenos y mano de obra en comparación con la ciudad ● Proximidad a mercados regionales ● Constante desarrollo económico ● Incentivos para inversiones industriales 	<ul style="list-style-type: none"> ● Infraestructura en desarrollo ● Inversiones adicionales ● Mayor distancia a principales mercados y centros de distribución ● Menor conectividad logística

Cuadro 55. Comparativa de ventajas y desventajas de la construcción de la planta de ensamblaje en el departamento de Escuintla

Escuintla	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ● Disponibilidad de terrenos industriales ● Menor congestión urbana ● Costos operativos bajos ● Incentivos gubernamentales ● Conectividad con Ciudad de Guatemala y Puerto Quetzal 	<ul style="list-style-type: none"> ● Infraestructura técnica aún en desarrollo ● Menor disponibilidad de mano de obra calificada ● Infraestructura logística en desarrollo

Selección de ubicación óptima

Figura 42. Coordenadas y demanda mensual de ubicaciones potenciales según método de centroide

Ubicación óptima por método de centroide					
Ubicación	Coordenadas x	Coordenadas Y	Cantidades requeridas por mes	Cx ²	Cy ²
Ciudad de Guatemala	14.64072	-90.51327	379	5655.22209	-34344.02932
San Marcos	14.965277	-91.795833	40	596.011719	-3659.509397
Quetzaltenango	14.94682	-91.520015	60	891.7623658	-5497.076485
Escuintla	14.302286	-90.786624	51	732.9092042	-4652.287918
Total			531	7778.50538	-48152.96312
Demanda mensual			882		

Coordenadas	
Cx	14.6557505
Cy	-90.7499938

En la tabla anterior se puede apreciar un análisis de la ubicación óptima de la planta de ensamblaje considerando la demanda mensual de vehículos hatchback en Guatemala, utilizando el método de centroide. Tal y como se describió anteriormente, las ubicaciones evaluadas incluyen la Ciudad de Guatemala, San Marcos, Quetzaltenango y Escuintla, cada una con sus coordenadas geográficas específicas. Para continuar con la evaluación, se identificó un aproximado de las cantidades requeridas de vehículos por mes para cada ubicación, siendo la Ciudad de Guatemala la que presenta la mayor demanda con 379 unidades mensuales.

Es preciso mencionar que los cálculos del centroide muestran la influencia de cada ubicación en la determinación del punto óptimo. En el caso particular de la Ciudad de Guatemala, esta posee los valores más altos, lo que sugiere una fuerte influencia en el centroide debido a su alta demanda y ubicación central. Por su parte, departamentos como San Marcos, Quetzaltenango y Escuintla, aunque con una demanda menor, también muestran valores significativos, incidiendo de esta manera en la proximidad al centroide óptimo de cada una de estas.

Figura 43. Coordenadas resultantes para ubicación de planta de ensamblaje automotriz según el método del centroide

Coordenadas	
Cx	14.65575054
Cy	-90.74999382

Continuando con el método del centroide, las coordenadas obtenidas (Cx: 14.65575054, Cy: -90.74999382), señalan que la ubicación óptima para la planta de ensamblaje automotriz se encuentra en el municipio de Sumpango, el cual se encuentra aproximadamente a una distancia de 35 kilómetros de la Ciudad de Guatemala. Este lugar ofrece algunas ventajas estratégicas, comenzando por su proximidad a la capital, lo que facilita el acceso al principal mercado de consumo de vehículos en el país y reduce significativamente los costos de transporte y logística. Aunado a esto, la cercanía permite una respuesta rápida y eficiente a la demanda del mercado.

Sin embargo, el municipio de Sumpango no cuenta con buena accesibilidad considerando el ingreso de materia prima mediante transporte pesado. Esto ya que las vías de comunicación y transporte que enlazan con otras regiones del país se encuentran aún en desarrollo y no son aptas para la circulación de este tipo de transporte. Es preciso mencionar que la accesibilidad es crucial tanto para el ingreso de materia prima como para la distribución eficiente de los vehículos ensamblados, por lo que esta ubicación no sería la más adecuada y óptima según las características de la ubicación y las necesidades de la planta.

Por lo anterior, es preciso mencionar que la ubicación resultante, a pesar de su cercanía con la Ciudad de Guatemala, no serían un lugar viable para la instalación de la planta de ensamblaje automotriz, debido a su falta de infraestructura. Esto representaría dificultades tanto para el ingreso de materias primas como para la distribución y envío de los vehículos a los diferentes distribuidores o clientes, tanto en el interior del país, como para la exportación de estos.

Dado lo expuesto anteriormente, la ubicación resultante según las coordenadas obtenidas no sería la más adecuada para establecer la planta de ensamblaje automotriz. Esto ya que, debido a los factores mencionados anteriormente, no se garantiza una operación eficiente y rentable en términos de infraestructura y transporte. Por esto, es pertinente realizar un análisis adicional considerando factores de mayor influencia y adaptados a un entorno real, tomando en cuenta el tipo de planta que se desea construir, y las necesidades de esta en términos de accesibilidad y cercanía con distribuidores y clientes.

Figura 44. Determinación de ubicación óptima de la planta según método de calificación de factores

Ubicación óptima por método de calificación de factores										
Posibles ubicaciones	10 Importante			1 No tan importante						TOTAL
	Accesibilidad	Disponibilidad de terreno	Disponibilidad de materia	Disponibilidad de mano de obra	Ubicación de mercado objetivo	Costos logísticos	Acceso a servicios básicos	Políticas fiscales y legislaciones.	Acceso a puertos	
Ponderación	10	8	9	8	5	4	7	4	7	
Ciudad de Guatemala	10	6	9	9	10	8	9	7	5	509
San Marcos	8	8	8	7	7	7	7	7	4	440
Quetzaltenango	7	7	7	7	6	6	8	7	4	411
Escuintla	8	9	9	7	8	8	8	7	10	515

En la tabla anterior se puede apreciar un análisis detallado mediante calificación de factores de posibles ubicaciones para la planta de ensamblaje de vehículos hatchback en Guatemala. Para esto, se evaluaron las cuatro ubicaciones consideradas anteriormente: Ciudad de Guatemala, San Marcos, Quetzaltenango y Escuintla. Es preciso mencionar que, en la aplicación de este método, se consideraron diversos factores críticos para la instalación y operación de la planta. Entre algunos de estos cabe mencionar: accesibilidad, disponibilidad de terreno, disponibilidad de materia prima, disponibilidad de mano de obra, ubicación del mercado objetivo, costos logísticos, acceso a servicios puertos, entre otros.

Para la correcta aplicación del método, cada factor fue ponderado según su importancia en la iniciativa, con la accesibilidad teniendo la mayor ponderación (10) y los costos logísticos la menor (4). Posteriormente, las ubicaciones fueron calificadas en una

escala de 1 a 10 para cada factor. Al completar la evaluación de cada uno de los factores, el departamento de Escuintla obtuvo la puntuación total más alta con 515, destacando en accesibilidad, proximidad al mercado objetivo y acceso a puertos, lo que la posiciona como la opción óptima para la planta de ensamblaje.

Por su parte, la ciudad de Guatemala se situó en segundo lugar con una puntuación de 509, sobresaliendo en disponibilidad de materia prima y accesibilidad, pero con calificaciones menores en acceso a puertos y disponibilidad de terreno. A su vez, San Marcos y Quetzaltenango tuvieron puntuaciones más bajas de 440 y 411 respectivamente, indicando que, aunque equilibradas en varios factores, no sobresalieron en los más críticos como accesibilidad y costos logísticos.

Es por esto que, según este método, el departamento de Escuintla funge como la ubicación más favorable para la planta de ensamblaje de vehículos hatchback, debido a su excelente accesibilidad, proximidad al mercado objetivo y condiciones logísticas ventajosas, según el análisis y ponderación de los factores críticos.

Dado lo anterior, la instalación de la planta de ensamblaje automotriz en el departamento de Escuintla presenta una serie de ventajas estratégicas que podrían impulsar el desarrollo económico y social de la región. En términos económicos, la construcción y operación de la planta generaría una gran cantidad de empleos tanto directos como indirectos, reduciendo las tasas de desempleo y comercio informal. Además, la inversión directa estimularía otros sectores económicos, aumentando la recaudación fiscal que permitiría financiar proyectos de infraestructura y servicios públicos. La necesidad de una amplia gama de insumos y servicios para la planta impulsaría el desarrollo de proveedores locales y regionales, fortaleciendo la cadena de suministro.

Desde una perspectiva logística, Escuintla ofrece una ubicación estratégica con acceso a importantes vías de comunicación como la carretera CA-9, facilitando el transporte de materia prima y productos terminados. En adición, la proximidad al Puerto de Quetzal permitiría la importación eficiente de componentes y la exportación de vehículos terminados. Asimismo, la disponibilidad de terrenos amplios en el departamento facilita la construcción de esta planta de gran envergadura.

Por su parte, desde un ámbito social, la capacitación de la fuerza laboral local para trabajar en una planta automotriz mejoraría las habilidades técnicas de los trabajadores, contribuyendo a un aumento de los ingresos y mejorando la calidad de vida de los habitantes de la región. Por su parte, la diversificación económica que traería la instalación de la planta reduciría la dependencia de Escuintla de sectores como el agrícola, mientras que la presencia de una planta automotriz de renombre internacional fortalecería la imagen de Guatemala a nivel global.

No obstante, es imperativo considerar varios factores clave para garantizar el éxito del proyecto. Primeramente, es necesario evaluar la infraestructura existente, como carreteras, puertos y suministro eléctrico, para determinar las inversiones requeridas. La disponibilidad de mano de obra calificada es crucial, así como la oferta de incentivos gubernamentales que puedan atraer inversiones. Además, se debe realizar un estudio de

impacto ambiental para identificar y mitigar los posibles efectos negativos sobre el medio ambiente.

En última instancia, la instalación de una planta de ensamblaje de automóviles hatchback en Escuintla representa un gran potencial para impulsar el desarrollo económico y social de la región. Para ello, es esencial realizar un análisis detallado de las condiciones locales y considerar los factores mencionados para asegurar el éxito del proyecto.

6.4. Discusión

El presente megaproyecto con el tema “Desarrollo de un ambiente virtual para uso didáctico mediante la aplicación de una planta de ensamblaje automotriz para el Laboratorio de Realidad Virtual de la Universidad del Valle de Guatemala” se fundamentó en un análisis de datos históricos, patrones de consumo y tendencias del mercado automotriz en el país, específicamente durante el período 2013-2023. Para ello, la fase 1, dedicada al levantamiento de datos y modelado estadístico, fue crucial para comprender las dinámicas del mercado y proyectar el éxito del proyecto en el mediano y largo plazo.

Durante la recolección de datos, se examinó un historial de ventas de 11 años, desde 2013 hasta 2023. Este amplio rango temporal permitió identificar patrones de comportamiento y tendencias en la demanda y venta de vehículos hatchback, lo que proporcionó una base sólida para el análisis posterior. Además, se accedió a bases de datos especializadas y actualizadas, las cuales fueron de vital importancia para validar los datos recopilados. Aunado a esto, la realización de encuestas a potenciales clientes y entrevistas a expertos del sector automotriz aseguró y agregó valor respecto a los resultados obtenidos, ya que estas fueron de vital importancia para revalidar la precisión de la información recopilada.

Uno de los hallazgos más importantes es que el mercado automotriz en América, y particularmente en Guatemala, mostró una clara preferencia por los vehículos de transmisión automática. Según datos de CarMax, el 96% de los conductores en América prefieren automóviles automáticos, y en Estados Unidos, solo el 2% de los vehículos vendidos en 2018 fueron de transmisión manual. Este cambio en la demanda ha llevado a que la mayoría de los fabricantes dejen de producir modelos manuales, centrando su producción en vehículos automáticos. Esto es un aspecto crucial que considerar para la planta de ensamblaje, ya que orientará la producción hacia vehículos que se alineen con las preferencias actuales del mercado.

Ahora bien, con respecto al análisis del mercado automotriz en Guatemala, este mostró una tendencia general de disminución en las ventas de vehículos hatchback desde 2013 hasta 2023. No obstante, se observaron fluctuaciones anuales. Es preciso mencionar que la tendencia descendente se atribuye a varios factores, entre ellos la inestabilidad del mercado, el cambio en las preferencias de los consumidores hacia otros tipos de vehículos, y factores internacionales como la pandemia de COVID-19, que impactaron negativamente las ventas en 2020. A pesar de esto, se registró una ligera recuperación en los años posteriores, lo que sugiere que, aunque con ventas irregulares, el mercado de hatchbacks sigue siendo relevante.

Una entrevista con Edwin Laines, ejecutivo de ventas de Mazda Central, reveló que aproximadamente el 60% de los automóviles vendidos en Guatemala, incluidos los hatchbacks, son importados y de segunda mano. Este hallazgo sugiere un desafío significativo para el ensamblaje local: competir con vehículos usados, los cuales son preferidos por su precio más bajo. Sin embargo, esta situación también presenta una oportunidad para la planta de ensamblaje, ya que podría ofrecer vehículos nuevos de alta

calidad a precios competitivos, fomentando el comercio local y reduciendo la dependencia de importaciones.

Es pertinente mencionar que se notaron varios factores que han influido en la demanda de vehículos hatchback en Guatemala. Principalmente, la pandemia de COVID-19, la cual provocó una disminución de alrededor del 20% en las ventas de automóviles en los primeros meses de 2020, afectando también a los hatchbacks. Además, la escasez de chips electrónicos, resultado de un incidente en una fábrica en Japón, afectó la producción de estos vehículos, haciendo que sean más costosos de producir y, por ende, reduciendo su demanda.

Sin embargo, a pesar de estos desafíos, el segmento de los hatchbacks ha mostrado resiliencia. En 2019, el 25% de los vehículos importados a Guatemala eran hatchbacks, y este porcentaje se mantuvo estable durante la pandemia. Con la recuperación económica en 2021, la proporción de hatchbacks en el mercado aumentó al 27%, y se espera que esta tendencia continúe en 2022 y 2023, alcanzando entre el 28% y el 30% del mercado total de vehículos.

Por su parte, el estudio demográfico reveló que el mercado de hatchbacks en Guatemala está impulsado en gran medida por los jóvenes adultos de entre 18 y 30 años, quienes representan el 76.8% de los interesados en este tipo de vehículos. Este segmento demográfico, en crecimiento constante, es un factor clave para la expansión del mercado de hatchbacks. El crecimiento de esta población joven, combinado con su preferencia por los vehículos hatchback, sugiere una demanda sostenida para este tipo de automóviles en el futuro.

Mediante el uso de técnicas de suavizamiento exponencial, se proyectó el comportamiento del mercado de vehículos hatchback hasta 2029. La tendencia general muestra un crecimiento continuo, con fluctuaciones estacionales, y una recuperación sólida tras la caída de 2020. Estas proyecciones proporcionaron una herramienta valiosa para la planificación estratégica, permitiendo a la planta de ensamblaje anticiparse a las demandas del mercado y adaptar su producción en consecuencia. Es por esto que, el ensamblaje de vehículos tipo hatchback en Guatemala representa una oportunidad significativa para revitalizar este segmento del mercado; al ofrecer vehículos más asequibles y adaptados a las preferencias locales, la planta podría competir eficazmente con la popularización de vehículos hatchback, capturando una mayor cuota de mercado.

Ahora bien, en la segunda fase del presente se realizó un análisis económico en el cual se evaluó el impacto de algunas de las variables micro y macroeconómicas que más pueden llegar a influir en la demanda de vehículos hatchback en Guatemala. A nivel microeconómico, se identificaron cuatro variables clave: el precio de los vehículos, los ingresos de los consumidores, las preferencias de los consumidores y la competencia en el mercado automotriz.

En lo que concierne al precio de los vehículos hatchback, este es un factor crucial, ya que influye directamente en la demanda. Es por esto por lo que, un aumento en el precio puede reducir considerablemente la cantidad de ventas, especialmente entre consumidores con ingresos limitados. Es por esto que se notó que los ingresos de los consumidores también

son un factor de suma importancia en la demanda de vehículos, ya que un incremento de estos, aumentaría la capacidad de compra, mientras que una disminución de los mismos, tendría un impacto inverso en los consumidores. A su vez, las preferencias del consumidor, como la eficiencia de combustible y el diseño, son esenciales para entender las decisiones de compra, mientras que la competencia en el mercado puede afectar tanto el precio como la calidad de los vehículos disponibles.

A nivel macroeconómico, se consideraron variables como el Producto Interno Bruto (PIB), las tasas de interés, la inflación, la tasa de desempleo, el precio del petróleo y las políticas fiscales y monetarias. El PIB, al reflejar el crecimiento económico, es un indicador clave que puede influir en la demanda de vehículos a través del aumento de ingresos y la reducción del desempleo. Las tasas de interés afectan el costo del financiamiento para la compra de vehículos, donde tasas más bajas pueden incentivar la demanda. Por su parte, la inflación y el precio del petróleo impactan el costo de vida y los costos operativos de los vehículos, influyendo en la decisión de compra. Finalmente, las políticas fiscales y monetarias pueden crear un entorno económico más favorable o restrictivo, afectando la demanda de vehículos.

Es por esto por lo que se realizó un análisis de estas variables utilizando una matriz de correlación, la cual permitió identificar la relación entre estas. Por ejemplo, se observó una correlación negativa significativa entre el precio de los vehículos hatchback y los ingresos de los consumidores, lo que indica que un aumento en el precio reduce la demanda, especialmente entre aquellos con ingresos más bajos.

Seguidamente, se realizaron un total de cinco análisis de sensibilidad con las siguientes variables económicas: PIB, tasas de interés, inflación, desempleo y, por último, precio de venta. Para cada uno, se tomó como referencia la evaluación de la demanda de vehículos hatchback en Guatemala del período 2013-2023.

Como primer punto, se ejecutó el análisis de sensibilidad con relación al crecimiento del PIB. Es por esto por lo que al proyectar la demanda para 2024-2029, se consideraron cuatro escenarios económicos: alto crecimiento, moderado, bajo y crisis. En un contexto de alto crecimiento, la demanda podría superar las 16,000 unidades, lo que resalta la relevancia de un entorno económico favorable para el sector automotriz. Sin embargo, en escenarios de bajo crecimiento o crisis, la demanda podría disminuir drásticamente, lo que enmarca la necesidad de implementar estrategias flexibles y adaptativas para contrarrestar estos efectos.

Como segundo punto, se consideraron las tasas de interés, las cuales juegan un papel crucial en la proyección de la demanda. Para ello, se consideró un escenario donde las tasas de interés crecen un 5%, en el cual se espera una disminución en la demanda de vehículos, con proyecciones que caen por debajo de las 12,000 unidades para 2029. Esto se debe a que un entorno con tasas altas encarece el financiamiento de automóviles, reduciendo la accesibilidad para los consumidores. Por otro lado, una disminución del 2% en las tasas de interés podría impulsar la demanda a más de 16,000 unidades, lo que sugiere que políticas de financiamiento más accesibles y promociones podrían ser efectivas en un entorno de bajas tasas.

Ahora bien, la tasa de inflación es otro factor determinante en la demanda de vehículos. Por lo que una inflación baja del 1% podría apoyar un crecimiento constante en la demanda, mientras que niveles de inflación más altos ralentizarían o incluso revertirían este crecimiento. Por lo que, en escenarios de inflación extrema, la demanda podría estabilizarse o caer significativamente, lo que indica que la reducción del poder adquisitivo es un riesgo considerable. Para contrarrestar estos efectos, las empresas deben centrarse en ajustar precios, ofrecer financiamiento flexible y optimizar sus costos operativos.

Un factor bastante latente en Guatemala y que afecta principalmente a los adultos jóvenes que, tal y como se mencionó anteriormente, son los que muestran mayor tendencia a adquirir este tipo de vehículos es la tasa de desempleo. Por lo que a través del análisis de sensibilidad realizado y los diferentes escenarios planteados, también se observó un impacto notable en la demanda de vehículos. Según el análisis obtenido, un decrecimiento en la tasa de desempleo podría incrementar la demanda hasta 17,000 unidades para 2029, reflejando la correlación positiva entre el empleo y la capacidad de los consumidores para adquirir vehículos. Sin embargo, en un escenario donde el desempleo crece al 5%, la demanda podría caer por debajo de las 12,000 unidades. En este punto, las estrategias para mitigar los riesgos incluyen la optimización de costos, la oferta de planes de financiamiento accesibles y la prevención de la sobreproducción.

Como quinto y último análisis, se comparó la relación entre el precio de los vehículos y la demanda. En este caso se muestra que, en un escenario optimista, la demanda podría alcanzar las 16,000 unidades para 2029, mientras que en un escenario moderado se mantendría estable en 14,000 unidades, lo cual obedece a la tendencia que se tiene hasta el momento. No obstante, en un escenario pesimista, la demanda podría descender por debajo de 13,000 unidades. Estos hallazgos fueron de vital importancia para identificar acciones en cada uno de los escenarios; entre algunas de estas cabe mencionar la diversificación, la optimización operativa y la innovación en productos para enfrentar los desafíos y aprovechar las oportunidades en un entorno económico fluctuante.

La tercera y última fase del presente se centró en la selección de la ubicación óptima para la planta de ensamble de vehículos hatchback en Guatemala, lo cual es un paso crucial que influirá en la eficiencia operativa, la viabilidad económica y el impacto social y ambiental del proyecto. En el análisis se evaluaron cuatro ubicaciones principales: Ciudad de Guatemala, San Marcos, Quetzaltenango y Escuintla, considerando factores físicos, económicos, políticos y ambientales fundamentales para el éxito a largo plazo de la planta.

Primeramente, se aplicó el método del centroide, el cual determinó que Sumpango, ubicado a 35 kilómetros de la Ciudad de Guatemala, podría ser una ubicación viable debido a su cercanía al principal mercado de consumo del país. Sin embargo, se identificaron serias limitaciones en la infraestructura de Sumpango, particularmente en cuanto al acceso para transporte pesado y la distribución eficiente, lo que mermó considerablemente su viabilidad como opción a largo plazo y obligó a tomar en cuenta otras ubicaciones.

Por esto, se utilizó el método de calificación de factores, en el cual se evaluaron aspectos críticos como accesibilidad, disponibilidad de terreno, proximidad a mercados y costos logísticos. En este análisis, Escuintla emergió como la opción más favorable,

destacándose por su excelente conectividad, proximidad a mercados clave y conexiones logísticas, especialmente con el Puerto Quetzal. Estas características hacen de Escuintla una ubicación estratégica para la planta, facilitando el transporte de materias primas, la exportación de vehículos terminados y ofreciendo terrenos amplios a costos competitivos.

Además de los beneficios operativos, la instalación de la planta en Escuintla tendría un impacto positivo significativo en el desarrollo económico y social de la región. La construcción y operación de la planta generarían empleo directo e indirecto, contribuyendo a la reducción del desempleo y subempleo. La inversión en infraestructura impulsaría el desarrollo de proveedores locales, fortaleciendo la cadena de suministro y diversificando la economía regional, que actualmente depende en gran medida de la agricultura. La capacitación de la mano de obra local también mejoraría las habilidades técnicas de los trabajadores, aumentando sus ingresos y calidad de vida. A nivel internacional, la presencia de una planta de ensamblaje automotriz en Escuintla fortalecería la imagen de Guatemala como un destino atractivo para la inversión en manufactura avanzada.

Sin embargo, para garantizar el éxito del proyecto, es fundamental considerar ciertos factores clave. Principalmente, es necesario evaluar la infraestructura existente, como carreteras y suministro eléctrico, y asegurar la disponibilidad de mano de obra calificada. A su vez, es crucial negociar incentivos gubernamentales y realizar un estudio de impacto ambiental para mitigar posibles efectos negativos sobre el entorno.

En última instancia, esta tercera y última fase del megaproyecto enmarca la importancia de una selección de ubicación bien fundamentada, con Escuintla como la opción más prometedora para la planta de ensamble de vehículos hatchback. Con una planificación adecuada y la consideración de todos los factores críticos, Escuintla podría convertirse en un motor de desarrollo económico y social para Guatemala.

7. Capítulo 3: Diseño de un proceso de ensamblaje modular de dos modelos de vehículos automotrices para su implementación en una planta de producción automotriz mediante el uso de herramientas de simulación, análisis de procesos de producción y estimación de costos directos en el Laboratorio de Realidad Virtual de la Universidad del Valle de Guatemala

7.1. Marco teórico

7.1.1 Industria automotriz

Se puede definir a la industria automotriz como el conjunto de empresas que realizan actividades de planificación, producción y comercialización para poder ofrecerles a los clientes vehículos de diferentes tipos como de carga, públicos y carros particulares (Alarcón et al., 2020).

Actualmente, se encuentra como una de las industrias más importantes desde la perspectiva económica y se ha ido potenciando por medio de la implementación de tecnologías de automatización de sistemas, logrando optimizar la cadena de producción, para poder entregar un mejor producto a los consumidores (Alarcón et al., 2020).

7.1.2 Carros hatchback

El carro de tipo “hatchback” es aquel vehículo que posee una puerta grande en la parte posterior por la cual se puede acceder al maletero. Su principal diferencia con los otros modelos es que es un carro relativamente pequeño y cuenta con un techo que se curva hacia la puerta trasera (KIA, 2018).

Los vehículos hatchback poseer varias ventajas en comparación con los otros tipos de vehículos, entre las más destacadas se encuentran:

- Gran calidad a un buen precio
- Gran eficiencia de combustible
- Mejor visibilidad
- Comodidad
- Mejor maniobrabilidad.

(KIA, 2018).

7.1.3. Diagrama de operaciones

El diagrama de operaciones o también conocido como “DOP” es una representación gráfica de todas las operaciones que constituyen un proceso productivo. En él se incluyen las

operaciones, transportes, demoras y almacenamiento. Este diagrama nos ofrece información importante para el análisis del proceso, como el tiempo requerido en cada actividad y la distancia que se debe recorrer. (Niegel & Andris Freiwalds, 2009).

7.1.4. Línea de ensamblaje

Una línea de ensamblaje es una estructura de un proceso diseñada de modo que se fabrican piezas de manera separada. Las piezas producidas pasan por la línea a un ritmo constante por un conjunto de estaciones de trabajo que siguen una ruta de línea recta y una secuencia necesaria para fabricar el producto que se desee (Chase & F Robert Jacobs, 2014).

Entre algunos productos que se producen por medio de una línea de ensamble son:

- Juguetes
- Aparatos eléctricos
- Automóviles

(Chase & F Robert Jacobs, 2014).

7.1.5. Sistema de ensamblaje modular

El sistema de ensamblaje modular es un sistema en donde los ensambles para un producto se realizan a partir de módulos estandarizados. Los módulos pueden ser componentes completos del producto que se desea ensamblar o una parte significativa del mismo (Dalroad, 2023)

La modularización en la industria automotriz conlleva la producción de productos por medio de subconjuntos, buscando constantemente reducir en cierto grado las complejidades existentes en los procesos productivos y el tiempo de producción. El modularizar un proceso productivo conlleva tomar en consideración elementos de diseño, suministro, montaje y mantenimiento para poder establecer una relación entre cada parte de la cadena de producción (James & Ebin, 2022).

7.1.6. Bill of Materials

Bill of Materials o mejor conocido como “BOM” es un archivo que se puede encontrar de manera digital en donde se puede observar la descripción completa del producto que se está produciendo, un listado de sus materiales, piezas y componentes y la secuencia en la cual se ensambla el producto como tal. El BOM es de los principales elementos del programa de MRP (Chase & F Robert Jacobs, 2014).

Por medio del BOM puedo saber la información necesaria para poder identificar cada artículo y la cantidad usada para producir un producto total (Chase & F Robert Jacobs, 2014).

7.1.7. Plataforma modular

Una plataforma modular puede ser definida como un conjunto de partes iguales o bastante similares, las cuales son utilizadas como una estructura base para el ensamblaje y producción de diferentes modelos de vehículos.

En general, las plataformas modulares cuentan con bastantes elementos esenciales para los vehículos. Los componentes son los siguientes:

- Diseño del eje delantero y trasero
- Distancia entre ejes
- Sistema de dirección asistida junto con otros elementos de la dirección
- Tipo de motor
- Ubicación de la unidad de accionamiento
- Componente del tren motriz
- Tipo de suspensión en la parte delantera y trasera del vehículo

(Rísquez Ramos M.2021).

7.1.8. Estudio de tiempos

El tiempo es medido comúnmente con un instrumento como el cronómetro en el lugar en donde se realizan las actividades o con materiales visuales como videos. El estudio de tiempos es una metodología en donde para poder medir un trabajo o tarea es necesario dividirla en partes o elementos medibles, de modo que se pueda cronometrar cada elemento por separado (Chase & F Robert Jacobs, 2014).

Para poder clasificar los elementos es necesario tomar en cuenta algunas reglas:

- Cada elemento debe poseer un tiempo corto pero lo suficiente para poder cronometrar y anotar los tiempos.
- En el caso de que se desarrolle una actividad en conjunto entre un operario y una máquina, se deben de separar los elementos de cada uno para tomar los tiempos de manera separada.
- Se deben definir las demoras de manera separada

(Chase & F Robert Jacobs, 2014).

7.1.9. Excel

El software de Microsoft Excel es una herramienta que utiliza hojas de cálculo para poder analizar datos y generar visualizaciones para poder aplicarlas en diferentes áreas como contabilidad, finanzas, operaciones, y programación (Microsoft, 2016).

Excel se destaca principalmente por poseer una gran capacidad de gestionar tablas, formatos y fórmulas matemáticas, además de contar con funciones pre programadas para poder analizar datos de una manera rápida y sencilla (Microsoft, 2016).

7.1.10. Tiempo estándar

El tiempo estándar se puede definir como la suma del tiempo normal de una operación o tarea más ciertas permisibilidades personales o también llamadas holguras. Esto permite que el tiempo de la operación pueda ser mucho más certero, ya que se toman en consideración las demoras evitables, las demoras inevitables y la fatiga de la persona que desarrolla la actividad (Chase & F Robert Jacobs, 2014).

7.1.11. Input Analyzer

La aplicación de Input Analyzer de Arena, es un software de simulación de eventos de tipo discreto para poder optimizar procesos complejos por medio del análisis estadístico. El modelar los eventos discretos se refiere a la representación del comportamiento de un sistema bastante complejo como un listado de eventos ordenados (Universidad de los Andes, 2023).

7.1.12. Distribuciones de probabilidad

La distribución de probabilidad de una variable aleatoria nos indica la manera en la que se distribuyen las probabilidades entre los valores de la variable. Se puede definir la distribución de probabilidad por medio de una función de probabilidad. La función me indica la probabilidad que tiene cada valor que puede asumir la variable aleatoria (David Ray Anderson et al., 2011).

7.1.13. Diseño CAD

El diseño asistido por computadora o también conocido como “CAD” se refiere al uso de programas o softwares para crear, modificar, analizar y documentar representaciones visuales gráficas en varias dimensiones, tanto 2D como 3D. El diseño CAD es utilizado en bastantes procesos de ingeniería, desde el diseño inicial del concepto hasta la definición de los métodos de fabricación (Siemens, 2022).

Además de permitir obtener una visualización de manera rápida de un diseño previamente planteado, las herramientas CAD ofrecen varios beneficios al utilizarlas tales como:

- Reducción de costos de desarrollo de productos
- Aumentó de velocidad para el desarrollo de diseños
- Mejora en la productividad
- Aseguramiento de la calidad por medio del análisis y modificación de los diseños
- Reducción de tiempo de lanzamiento al mercado de productos nuevos.

(Siemens, 2022).

7.1.14. Lucid Chart

La plataforma LucidChart es una herramienta que permite realizar diferentes tipos de diagramas de manera colaborativa e intuitiva. Esta plataforma cuenta con elementos especiales para la creación de organigramas, mapas mentales, diagramas de flujo, entre otros (Lucidchart, 2024).

7.1.15. AutoCAD

El software AutoCAD es una herramienta “CAD” la cual permite modelar de manera creativa diseños por medio del uso de sus características de automatización, colaboración y aprendizaje automático. Dentro de esta aplicación se puede realizar principalmente las siguientes funciones:

- Dibujar y anotar geometría 2D y modelos 3D con sólidos, superficies y objetos de malla
- Automatizar tareas como la comparación de dibujos, la sustitución de bloques, el recuento de objetos y la creación de planificaciones.
- Crear un espacio de trabajo personalizado por medio de la utilización y aplicación de aplicaciones complementarias y APIS.
(AutoDesk, 2021)

7.1.16. Simulación

La simulación es un término que posee una aplicación bastante amplia en diferentes industrias. En el caso de los negocios, podemos definir simulación como a experimentos realizados en herramientas tecnológicas como las computadoras del modelo de un sistema real (Chase & F Robert Jacobs, 2014).

El proceso de simulación es comúnmente realizado previamente a que el sistema real entre en operación, de modo que se pueda analizar su diseño, ver la reacción del sistema a cambios en las reglas operativas y evaluar la respuesta del sistema ante cambios en su estructura. La simulación es clave, sobre todo en situaciones en donde la complejidad de un problema puede complicar la optimización (Chase & F Robert Jacobs, 2014).

Para poder desarrollar una simulación de manera que pueda representar de manera correcta el sistema real, es necesario seguir una serie de pasos:

- Definir el problema
- Elaborar el modelo de simulación
- Especificar valores de variables y parámetros
- Ejecutar la simulación
- Evaluar los resultados obtenidos
- Validar
- Proponer cambios o mejoras al experimento

(Chase & F Robert Jacobs, 2014).

7.1.17.SIMIO

El software de simulación “SIMIO” es una aplicación que permite modelar, simular y animar sistemas reales mediante el uso de técnicas de eventos discretos. El utilizar una simulación discreta, permite que “SIMIO” sea un software bastante flexible, ya que se puede adaptar con facilidad a cualquier requisito específico para la industria a la cual se utilice. Dentro de este software, se puede simular los procesos de ingreso de materia prima, estaciones de trabajo y el almacenamiento o transporte hacia otra área productiva (Simio, 2019).

Al contar con capacidad para conectar con fuentes de datos, SIMIO permite el tratamiento de los datos de manera real de modo que se pueda desarrollar un sistema digital gemelo, para poder desarrollar modelos de comportamiento anticipativo, los cuales pueden ser usados en varios ámbitos como en logística, industria, producción y sectores de servicios (Simio, 2019).

7.1.18.MRP

La planificación de requerimientos de materiales, o también conocido como MRP, es una herramienta que permite enlazar funciones de producción desde el punto de vista de control y de planificación de materiales. El MRP es un modelo lógico que permite determinar el número de piezas, componentes y materiales necesarios para poder producir un producto final (Chase & F Robert Jacobs, 2014).

El MRP se basa en la demanda dependiente, resultado de la demanda de artículos de nivel superior, tal como las piezas que son utilizadas en los automóviles como las llantas, motores, vidrios, etc, ya que estas piezas dependen de la demanda de vehículos (Chase & F Robert Jacobs, 2014).

7.1.19.Costeo basado en actividades

El sistema de costeo basado en actividades es un sistema de costeo el cual permite mejorar un sistema de costeo tradicional por medio de la identificación de actividades individuales como objetos de costo fundamentales. En el ámbito productivo, se identifican las actividades de todas las funciones de la cadena de valor para poder calcular los costos individuales y asignar los costos totales a cada objeto de costos. (Horngren et al., 2012).

Para un costeo basado en actividades, la identificación de la jerarquía de los costos es fundamental cuando los costos son aplicados a los productos. Esta identificación nos permite calcular de forma inicial los costos totales de cada producto. Los costos unitarios se pueden derivar por medio de la división de los costos totales dentro del número de unidades producidas (Horngren et al., 2012).

Para desarrollar el costeo basado en actividades, se puede tomar como base los 3 pasos principales del mejoramiento de un sistema de costeo:

- Atribuir el costo directo
- Establecer grupos comunes de costos indirectos
- Establecer bases de aplicación de los costos

(Horngren et al., 2012).

7.1.20. Costo directo

Los costos directos son todos aquellos costos que poseen una relación directa con el objeto de costos en particular que se está analizando y se le pueden atribuir los mismos a dicho objeto desde un punto de vista económico. Entre estos costos se incluyen materiales directos, mano de obra directa y otros gastos directos que son identificables con el objeto de costo (Horngren, 2012).

La correcta identificación de los costos directos permite asignar de manera precisa recursos y permite determinar el costo total de producción o prestación de servicios (Horngren, 2012).

7.1.21. Costo unitario

Se puede definir como costo unitario, o también llamado costo promedio, al costo obtenido de la división del costo total entre el número de unidades producidas. Las unidades pueden ser expresadas en varias formas, por ejemplo carros ensamblados, piezas producidas, paquetes entregados, etc. (Horngren, 2012).

Los costos unitarios poseen una importancia bastante grande debido a que se encuentran dentro de toda la cadena de valor de una empresa. Se puede calcular el costo promedio del servicio o producto por medio de la suma de los costos unitarios de cada parte de la cadena de valor (Horngren, 2012).

El tener una noción acerca del costo unitario de un servicio o un producto, me permite saber la rentabilidad del mismo, me permite tomar decisiones estratégicas en lo que se refiere a acciones que se podrían tomar para poder mejorar este costo (Horngren, 2012).

7.1.22. Análisis de sensibilidad

La herramienta de análisis de sensibilidad nos permite evaluar la robustez del resultado financiero de un proyecto ante la variabilidad en los diferentes costos directos, especialmente cuando estos costos son obtenidos de fuentes secundarias. Este análisis nos permite identificar qué costos poseen una influencia mayor para poder mitigar los riesgos asociados a los mismos (Smith & Brown, 2019).

7.2. Metodología

Para llevar a cabo este trabajo de graduación, se abarcó cada objetivo específico de manera individual. Se utilizó un enfoque de investigación cualitativa, ya que se deseaba determinar el impacto que tendría la implementación de un sistema de ensamblaje modular dentro del proceso productivo de vehículos tipo hatchback. El trabajo de graduación comenzó con el análisis y evaluación del proceso de ensamblaje tradicional de vehículos, previamente desarrollado en el trabajo de graduación del Ingeniero Luis Diego Romero. Tras la evaluación inicial, se continuó investigando los recursos necesarios para implementar el sistema de ensamblaje modular. Una vez se obtuvo suficiente información para comprender el funcionamiento y las partes necesarias para implementar este sistema, se procedió con el diseño de una planta de ensamblaje automatizada para visualizar cómo se desarrollaría el nuevo sistema propuesto.

Con el diseño de la planta terminado, se evaluó el funcionamiento del proceso de ensamblaje modular de dos vehículos automatizados en una misma línea de producción. Finalmente, para determinar la diferencia entre utilizar un sistema de ensamblaje modular y uno tradicional, se analizaron los costos de implementación de este sistema, desde el costo unitario por vehículo hasta el costo de la maquinaria utilizada para el desarrollo y ensamblaje de los dos modelos de vehículos que se pretendían producir.

Entre las limitaciones que surgieron durante la realización de este trabajo de graduación, se destaca la poca información disponible sobre los sistemas de ensamblaje de vehículos en la industria automatizada. Aunque esta metodología se había aplicado en años anteriores, no existía una representación clara y detallada de su funcionamiento. Además, la identificación de los procesos productivos y la determinación de tiempos estándar de cada actividad presentó complejidades, ya que gran parte de la información se obtuvo de videos en plataformas como YouTube.

La implementación de esta metodología no implicó consideraciones éticas en cuanto a la obtención y análisis de datos, por lo que fue posible replicarla sin problemas desde un punto de vista ético para abordar problemáticas similares.

7.2.1. Evaluación del estado actual del proceso de producción de automóviles utilizando un sistema de ensamblaje tradicional

El primer objetivo específico consistió en analizar el desempeño del proceso de producción de automóviles con una línea de ensamblaje tradicional, utilizando como referencia el trabajo del Ingeniero Luis Diego Romero. Se realizó un estudio de ingeniería de métodos, recopilando información relevante como diagramas de operaciones (DOP), características de la producción, tiempo de producción, costo unitario del vehículo, características del factor humano, maquinaria utilizada y la disposición de la planta. Además, se investigaron recursos adicionales como estudios de caso y artículos académicos para obtener más información sobre los retos de este sistema de producción.

A partir de esta información, se inició la fase de estudio de métodos y análisis del problema, abarcando puntos clave como la identificación del objetivo y del entorno mediante un análisis PESTLE. Esta información permitió plantear la implementación de un sistema de ensamblaje modular en el proceso productivo, destacando sus beneficios para la producción de varios modelos de vehículos.

7.2.2. Recursos necesarios para implementar una línea de ensamblaje modular

El segundo objetivo específico buscó determinar los recursos necesarios para implementar una línea de ensamblaje modular. Se investigaron las especificaciones técnicas del nuevo modelo de carro a producir junto con el modelo Nissan Versa, utilizando fuentes de información secundarias como manuales y videos de ensamblaje. Se empleó la herramienta BOM (Bill of Materials) para representar los elementos necesarios y optimizar el proceso de ensamblaje comparando los BOM de ambos vehículos.

Para analizar cómo se componía una línea de ensamblaje modular, se utilizaron videos y artículos sobre implementaciones exitosas, además de investigar plataformas modulares usadas por fabricantes como Volkswagen y Toyota.

7.2.3. Diseño de una planta de ensamblaje automatizada para simular la distribución del proceso de ensamblaje modular

Una vez identificados los procesos productivos, se creó un DOP para identificar la secuencia de los procesos productivos y los procesos diferenciados entre cada modelo. Posteriormente, se diseñó la planta automatizada utilizando herramientas como CAD y LucidChart, teniendo en cuenta los requisitos legales en Guatemala. Esto permitió identificar la distribución óptima de la línea de producción para reducir tiempos muertos y espacio físico sin utilizar.

Con los procesos productivos identificados, se realizó una toma de 25 muestras de los tiempos de las operaciones diferenciadas entre cada modelo y los módulos implementados en el proceso de ensamblaje por medio de la herramienta de Excel. Los tiempos previamente mencionados se analizaron en "Input Analyzer" para determinar las distribuciones estadísticas representativas. Finalmente, se simuló el proceso productivo en "SIMIO", obteniendo datos sobre el rendimiento, como cantidad de vehículos producidos, tiempos muertos y porcentaje de utilización de las máquinas.

7.2.4. Análisis de costos directos de los vehículos a producir en el proceso de ensamblaje modular

Se realizó un análisis de los costos de funcionamiento del sistema de ensamblaje modular. Se utilizaron herramientas como MRP para determinar la cantidad de materia prima y se analizaron los procesos productivos para establecer el número de operarios necesarios.

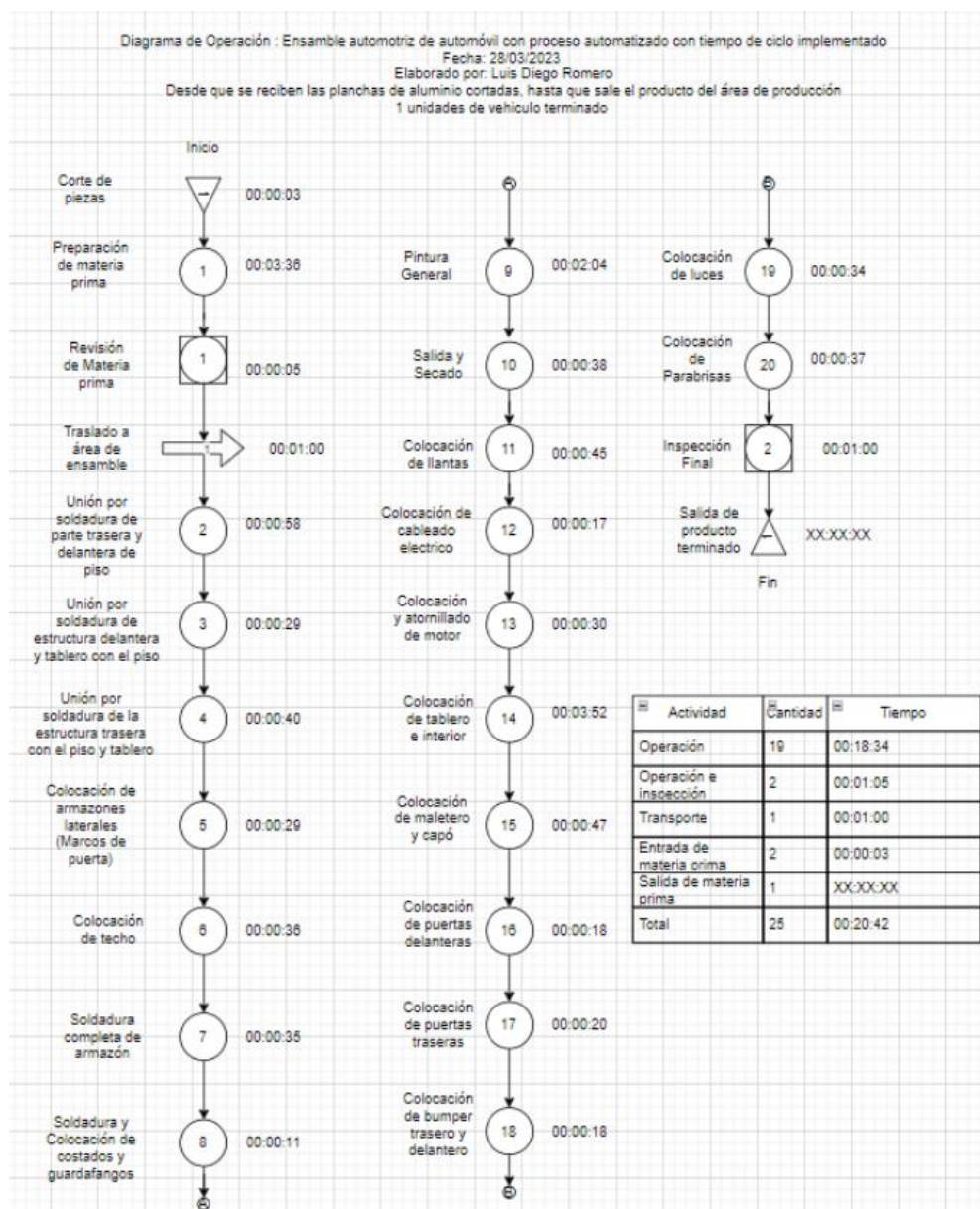
Utilizando el costeo basado en actividades, se cuantificaron los costos directos e indirectos involucrados en la producción y ensamblaje de los vehículos. Posteriormente, se cuantificó el costo unitario de cada vehículo producido, tomando solo en cuenta los costos directos y se compararon estos costos con los de la producción tradicional del Nissan Versa. Finalmente, se realizó un análisis de sensibilidad para identificar los factores que afectaban los costos de producción, los cuales fueron el costo de la materia prima de láminas de aluminio, los aranceles aplicables a los productos importados y el costo de la mano de obra directa. Se eligieron estos factores debido a su significativa contribución al costo unitario de los vehículos y porque representan un porcentaje elevado en la estructura de los costos, lo cual los convierte en factores clave para el análisis económico y la optimización de recursos en el proceso de producción con el sistema de ensamblaje modular.

7.3. Resultados

7.3.1. Evaluación del estado actual del proceso de producción de automóviles utilizando un sistema de ensamblaje tradicional

El proceso productivo a analizar consiste en el ensamblaje de carros tipo de hatchback por medio de una línea de ensamblaje tradicional. El alcance del proceso que se va a analizar abarca desde que ingresan las planchas de aluminio cortadas al área de materia prima, hasta que sale el producto terminado del área de producción.

Figura 45. Diagrama de operaciones de procesos ensamblaje de vehículos con sistema de ensamblaje tradicional



Fuente: Romero Casasola, 2023: Diseño de dos escenarios de un ensamble automotriz que compare procesos de producción tradicionales y automatizados para su programación en una aplicación didáctica en realidad virtual para el Laboratorio de Diseño de Procesos en la Universidad Del Valle de Guatemala.

Al analizar el proceso productivo del ensamblaje de vehículos, podemos observar que actualmente se cuentan con 19 operaciones, 2 operaciones e inspecciones, 2 entradas de materia prima, 1 transporte de materia y 1 salida del producto terminado, para obtener un tiempo promedio de producción por carro de 20 minutos con 42 segundos. Si bien el proceso es bastante específico, al momento de querer producir un nuevo carro, sería necesario, agregar un detalle más específico a las operaciones que varían entre tipo de vehículos, como las operaciones del montaje del drivetrain y motor, y soldadura de carrocería

La principal razón del estudio de ingeniería de métodos aplicada al proceso de ensamblaje tradicional es poder analizar el desempeño de este tipo de sistema de ensamblaje y proponer la utilización de un sistema de ensamblaje modular para poder implementar la producción de un nuevo vehículo dentro de la planta productiva.

Debido a que la industria automotriz se encuentra en constante desarrollo y cambio en temas de preferencias del consumidor, tecnologías, es clave poder diversificar el portafolio de productos. Esta diversificación permite que las empresas que se dedican a la producción de vehículos se vean beneficiadas en muchos aspectos, tales como:

- Satisfacción de clientes en varios segmentos de mercado: El producir varios modelos de vehículos, permite que se puedan satisfacer las necesidades de varios segmentos de mercado, por ejemplo desde carros de tipo hatchback hasta SUV 's.
- Optimización del uso de recursos: Por medio de la producción de varios modelos de vehículos en una misma planta, se pueden aprovechar de mejor manera los diferentes recursos productivos disponibles como manos de obra, maquinaria y tiempos, haciendo que se reduzcan los tiempos muertos, y la subutilización de la capacidad instalada.
- Adaptación a cambios rápidos en el mercado: Mediante la producción de varios modelos dentro de una misma planta de producción, se puede aumentar la capacidad de las empresas a responder de manera más rápida y eficiente a las diferentes tendencias del mercado, innovaciones tecnológicas y cambios en las preferencias de los consumidores.
- Opciones de personalización: El producir una variedad de modelos de vehículos puede ofrecer a los consumidores opciones de personalización de los diferentes carros, permitiendo así una mayor satisfacción con el producto y una fidelidad del consumidor.
- Innovación y tecnología: La producción de varios tipos de vehículos puede motivar y facilitar la implementación de diferentes tecnologías nuevas y diseños promoviendo la mejora continua en todos los procesos relacionados a los vehículos.
(Reynoso et al., 2016)

Todos los beneficios mencionados anteriormente se han observado y desarrollado en varios productos de vehículos reconocidos en el mundo como Toyota, Volkswagen y Audi. En el caso de Toyota, en su planta de Kolín en República Checa, se producen diferentes modelos de vehículos los cuales son el Toyota Aygo, el Peugeot 107 y el Citroen C1 en la misma línea. Esta flexibilidad le permitió a Toyota ajustarse de una mejor manera a los cambios en la demanda, redujo inventarios y aumentó la eficiencia operativa en general. Ahora, en el caso de Volkswagen, la implementación de su plataforma MQB le permitió producir aproximadamente más de cuarenta modelos diferentes en una misma línea. La estrategia modular le permite ajustarse de manera rápida a las necesidades del mercado lo cual ha permitido que se reduzcan los costos de producción (Roser, 2023).

Por último, Audi ha comenzado a implementar el sistema de ensamblaje modular para poder adaptarse y producir de manera más rápida y eficiente diferentes modelos de vehículos para poder permitir una personalización en los productos (Audi Media Center, 2022).

Para poder analizar a más profundidad el proceso productivo del ensamblaje de automóviles por medio de un sistema de ensamblaje tradicional y definir el factor de actividad, se analizó varias características de la producción las cuales se pueden encontrar a continuación:

- Volumen de producción en piezas / unidad de tiempo

Cuadro 56. Volumen de producción (unidades) sistema de ensamblaje tradicional

Volumen de producción (unidades o vehículos)	
Diario	Mensual
368	8096*

Fuente: Elaboración propia

*Asumiendo que durante el mes se trabajan 22 días de 3 turnos de 8 horas cada uno.

- Tiempo de producción

Cuadro 57. Tiempo de producción disponible sistema de ensamblaje tradicional

Tiempo de trabajo de operarios en la producción de un automóvil	22.41	minutos
Tiempo de trabajo disponible al mes	528	horas

Fuente: Elaboración propia

- Costo de mano de obra por unidad producida

Cuadro 58. Costo de mano de obra por unidad producida sistema de ensamblaje tradicional

Costo de mano de obra (mensual)	Unidades producidas (mensual)	Costo de mano de obra/Unidad producida
Q. 493,989.00	8096	Q. 61.02

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en las tablas, actualmente, la planta productos de vehículos, produce 368 vehículos al día, tomando en cuenta que se trabajan 3 turnos de 8 horas cada uno. Ahora bien, debido a que durante el mes trabajan 22 días al mes, la planta produce 8096 vehículos. En relación al costo de mano de obra por unidad producida, podemos observar que por vehículo este valor es de Q.61.02. Este valor está dado debido a que mensualmente el costo de mano de obra directa asciende a un valor de Q.493,989.00 sabiendo que la planta cuenta con 40 operarios por cada turno de 8 horas.

Asimismo, se definió indicadores claves de desempeño que nos permitieron poder medir de una manera más detallada el proceso de producción, y los mismos serán medidos y utilizados al momento de comenzar a producir dos vehículos dentro de la línea de ensamblaje. A continuación, se encuentran los indicadores definidos:

- Tasa de producción (Throughput)

Cuadro 59. Tasa de producción sistema de ensamblaje tradicional

Tasa de producción	
Unidades generadas	Unidades terminadas
401	368

Fuente: Elaboración propia

- Tiempo de ciclo

Cuadro 60. Tiempo de ciclo sistema de ensamblaje tradicional

Tiempo de ciclo por vehículo (HH:MM:SS)
00:20:42

Fuente: Elaboración propia

- Costo por unidad

Cuadro 61. Costo de producción unitario sistema de ensamblaje tradicional

Costo de producción por vehículo (Q)
Q.65,609.05

Fuente: Elaboración propia

- Unidades producidas por hora

Cuadro 62. Unidades producidas por hora sistema de ensamblaje tradicional

Volumen de producción (unidades o vehículos)	
Diario	Hora
368	15

Fuente: Elaboración propia

- Costo de mano de obra

Cuadro 63. Costo de mano de obra sistema de ensamblaje tradicional

Costo de mano de obra (mensual)	Unidades producidas (mensual)	Costo de mano de obra/Unidad producida
Q. 493,989.00	8096	Q. 61.02

Fuente: Elaboración propia

Para no solo analizar el tema de las características de la producción, también se tomó en consideración el análisis de las características tanto del factor humano como la maquinaria y equipo que se utiliza actualmente en el proceso productivo:

- Número de operarios que intervienen: En el proceso de producción de vehículos en un sistema de ensamblaje tradicional automatizado intervienen un total de 43 operarios, donde 4 de ellos son supervisores y los demás operarios, los cuales se dividen en las siguientes operaciones:

Cuadro 64. Cantidad de operarios que intervienen en el sistema de ensamblaje tradicional

Operación	Número de operarios
Corte de piezas	32 (3 Supervisores)
Revisión de materia prima	1
Traslado al área de ensamble	1
Unión por soldadura de parte trasera y delantera de piso	0
Unión por soldadura de estructura delantera y tablero con el piso	0
Unión por soldadura de la estructura trasera con el piso y tablero	0
Colocación de armazones laterales (Marcos de puerta)	0
Colocación de techo	0
Soldadura completa de armazón	0
Soldadura y colocación de costados y guardafangos	0

Operación	Número de operarios
Pintura general	0
Salida y secado	0
Colocación de llantas	0
Colocación de cableado eléctrico	1
Colocación y atornillado de motor	1
Colocación de tablero e interior	4
Colocación de maletero y capo	0
Colocación de puertas delanteras	0
Colocación de puertas traseras	0
Colocación de bómper trasero y delantero	0
Colocación de luces	2
Colocación de parabrisas	0
Inspección final	1 (Supervisor)

Fuente: Elaboración propia

Debido a que actualmente no se está tomando en cuenta las áreas administrativas dentro de la planta de producción de automóviles, todos los operarios mencionados anteriormente se encuentran en el nivel operativo, excepto los supervisores que pueden llegarse a considerar del nivel táctico.

Equipo de trabajo necesario

- En relación al equipo de trabajo necesario que se utiliza actualmente en las diferentes áreas de la empresa, debido a que el proceso es automatizado, las maquinarias son el único equipo que utilizan actualmente. A continuación se encuentra el detalle del equipo de trabajo necesario a utilizar.

Cuadro 65. Equipo de trabajo necesario sistema de ensamblaje tradicional

Área	Maquinaria
Corte de piezas	Cortadora de planchas DG400
Soldadura	Brazo para soldar CRP-RH14-10-W
Ensamble/Soldadura	Brazo de ensamble ligero KUKA- KR 1000 TITAN
Ensamble/Soldadura	Brazo de ensamble pesado KUKA-KR 700 PA
Pintura	Máquina de pintura Target TG-70B
Proceso completo	Banda transportadora Hog's Belt HS-1800G
Ensamble final	Grúa manipuladora de piezas Yisite YST-ZL502
Todas las áreas.	Compresor 12L/30L/60L Oil free silent.
Todas las áreas	Transporte o vehículo para transportar piezas

Fuente: Elaboración propia

- **Formas de pago**

En relación a las formas de pago, a los operarios que están involucrados en el proceso de producción de automóviles se les paga de manera mensual, además de que se les paga todas las prestaciones que declara la ley. En el caso de los operarios del proceso productivo, se les paga el salario mínimo para trabajadores de una fábrica el cual es de Q. 3157.00. Ahora bien, en el caso de los supervisores, también se investigó acerca del salario mínimo en Guatemala, el cual es de Q. 4165.

Asimismo, se trabajan turnos de 8 horas, lo cual es el máximo permitido por la ley, y en total existen 3 turnos en un día, significando una cantidad de 120 operarios en el área de producción y 12 supervisores.

Debido a que se está analizando el proceso de ensamblaje tradicional automatizado, la consideración de la maquinaria y equipo es clave para el análisis del desempeño de este proceso. La información que se tomó en cuenta para este análisis es el porcentaje de utilización de las máquinas, la vida útil y el costo aproximado de las mismas. A continuación se detalla la información recopilada:

- **Porcentaje de utilización**

Debido a que se utilizan varias máquinas en las diferentes estaciones de trabajo en la producción de un automóvil, el porcentaje de utilización no se posee por unidad sino que por

operación. A continuación se detalla la utilización de cada operación obtenida por medio de una simulación realizada previamente en el software de simulación de SIMIO.

Cuadro 66. Porcentaje de utilización operaciones sistema de ensamblaje tradicional

Nombre de la operación	Porcentaje de utilización
Unión por soldadura de la parte trasera y delantera del piso	26%
Unión por soldadura de estructura delantera y tablero del piso	13%
Unión por soldadura de la estructura trasera con el piso y tablero	18%
Colocación de armazones laterales y marcos de las puertas	13%
Colocación del techo	16%
Soldadura completa del armazón	15%
Soldadura y colocación de costados y guardafangos	3%
Pintura general	44%
Salida y secado	17%
Colocación de llantas	20%
Colocación de cableado eléctrico	7%
Colocación y atornillado de motor	14%
Colocación de tablero e interior	99%
Colocación de maletero y capo	20%
Colocación de puertas delanteras	7%
Colocación de puertas traseras	8%
Colocación de bómper delantero y trasero	8%
Colocación de luces	14%
Colocación de parabrisas	15%

Nombre de la operación	Porcentaje de utilización
Inspección final	25%

Fuente: Elaboración propia

- **Vida útil y costo aproximado**

Cuadro 67. Información maquinaria utilizada en sistema de ensamblaje tradicional

Maquinaria	Cantidad de maquinaria utilizada	Costo aproximado (Q.)	Consumo eléctrico (kW)	Vida útil aproximada
Brazo para soldar CRP-RH14-10-W	12	Q. 140,357.60	3.00	10 años
Brazo de ensamble ligero KUKA-KR 1000 TITAN	16	Q. 134,643.45	1.2	10 años
Brazo de ensamble pesado KUKA-KR 700 PA	8	Q.313,124.29	8.6	10 años
Máquina de pintura Target TG-70B	1	Q. 62,624.86	15	10 años
Banda Transportadora Hog's Belt HS-1800G	26	Q.1,012,150.79	15	10 años
Grúa manipuladora de	5	Q. 93,992.44	Uso de Compresor	10 años

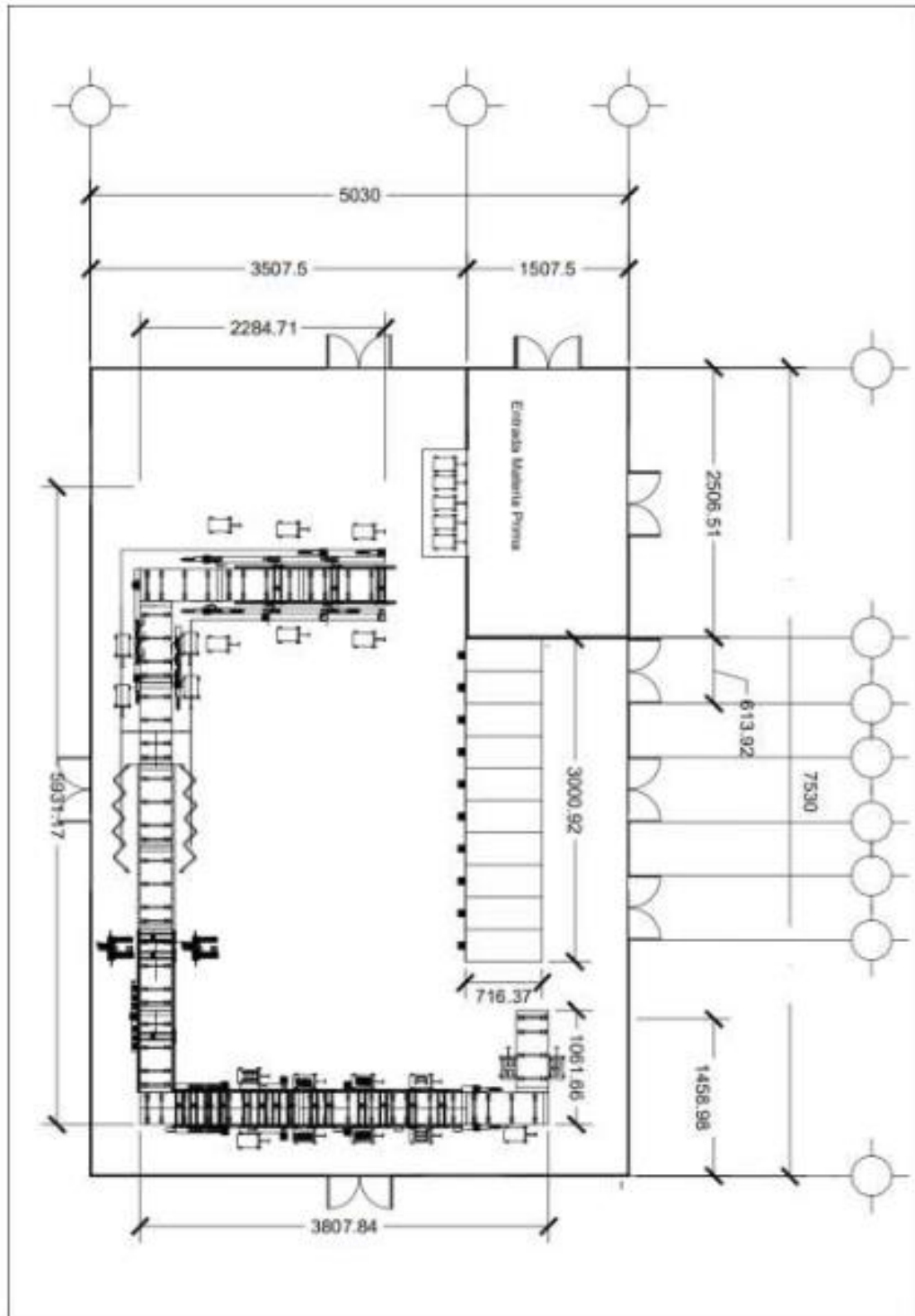
Maquinaria	Cantidad de maquinaria utilizada	Costo aproximado (Q.)	Consumo eléctrico (kW)	Vida útil aproximada
piezas Yisite YST-ZL502				
Compresor 12L/30L/60L Oil free silent.	5	Q. 1,109.70	0.85	10 años

Elaboración: Fuente propia

Como se puede observar, entre la maquinaria que supone un costo bastante elevado se encuentran el brazo de ensamble pesado KUKA-KR 700 PA y la banda transportadora que permite mover el vehículo por toda la línea de ensamblaje. Asimismo, en relación al consumo energético, tanto la máquina de pintura como la banda transportadora consumen 15 kW siendo este el mayor consumo. Ahora bien, en relación a la vida útil de las máquinas, se estimó una vida útil para cada una de ellas de 10 años.

Por último, se analizó la distribución y el diagrama de recorrido del área de producción en donde se desarrolló el sistema de ensamblaje tradicional. A continuación se puede observar la distribución del área de producción en el que se desarrolla este proceso productivo.

Figura 46. Plano de área de producción sistema de ensamblaje tradicional



Fuente: Romero Casasola, 2023: Diseño de dos escenarios de un ensamble automotriz que compare procesos de producción tradicionales y automatizados para su programación en una

aplicación didáctica en realidad virtual para el Laboratorio de Diseño de Procesos en la Universidad Del Valle de Guatemala.

Tal como se puede ver en la Figura 1. Plano de área de producción sistema de ensamblaje tradicional, podemos ver que el área de producción cuenta con un tamaño de 3,797.65 metros cuadrados, la cual está dividida en las siguientes áreas:

- Área de corte
- Área de revisión y recepción de materia prima
- Área de ensamble
- Área de soldadura
- Área de pintura
- Área de ensamble de motor
- Área de inspección y salida a bodega

Al analizar el área de producción de la planta en donde se implementó la producción de vehículos por medio de un sistema de ensamblaje tradicional, podemos destacar que existe bastante espacio dentro del área el cual se encuentra sin utilizar. Asimismo, se puede observar, que actualmente no se están tomando en consideración otras áreas administrativas en el diseño de la planta, lo cual podría llegar a ser ideal, al momento de realizar una estimación de la inversión inicial para la construcción de la planta.

Identificación del objetivo

La planta de producción de automóviles que se desarrolló previamente en el Laboratorio de Ingeniería Industrial en la Universidad del Valle de Guatemala actualmente únicamente produce un modelo de vehículo. Debido a que en la industria es común que las empresas produzcan más de un modelo, por ejemplo, carros hatchback, SUVs ,etc, se tiene como objetivo principal poder producir dos modelos de vehículos dentro de una misma línea por medio de la implementación de un sistema de ensamblaje modular.

Para poder determinar qué factores podrían llegar a tener un efecto ya sea positivo o negativo, en relación a la producción de automóviles en Guatemala, se procedió a realizar un diagrama PESTLE tomando en consideración todas las áreas que abarca este diagrama. A continuación, se detalla cada una de ellas:

Político:

En lo que concierne a la política interna de Guatemala, podemos destacar que Guatemala es una república presidencialista, democrática y representativa según la Constitución. El contexto político de la nación actualmente se basa en la separación de poderes que consagra la constitución. Entre estos poderes se encuentran:

- Ejecutivo: El cual es el poder ejecutado por parte del presidente, el vicepresidente y ministros.
- Legislativo: Es el poder ejecutado por medio de un congreso el cual se compone por parte de diputados. Este poder es comúnmente muy volátil debido a la fragmentación del espacio político y la ausencia de estructuras partidarias con base ideológica y vocación de permanencia.

- Judicial: Este poder es el único que se maneja de manera independiente, teniendo como su máxima autoridad a la Corte Suprema de Justicia, la cual está constituida por magistrados.

(Oficina de Información Diplomática del Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación, 2024).

Ahora bien, en relación a la política externa, Guatemala se ve condicionada de manera fuerte debido a la cercanía que posee con Estados Unidos, su integración con todo el territorio centroamericano por medio del Sistema de Integración Centroamericana, su condición de país fronterizo con México y su participación como corredor comercial hacia América del Norte (Oficina de Información Diplomática del Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación, 2024).

Estados Unidos juega un papel importante en la política exterior de Guatemala, ya que es uno de los principales socios comerciales e inversores del país, además que muchos trabajadores actualmente residen en Estados Unidos. Debido a estas relaciones que posee Guatemala, se han desarrollado políticas de comercio exterior como la ley del libre comercio, lo cual permite que se puedan importar y exportar productos en el país de una manera más económica, lo cual puede llegar a ser beneficioso para una planta automotriz productora de vehículos, ya que muchos de los componentes son importados desde otros países (Oficina de Información Diplomática del Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación, 2024).

Otro aspecto importante a destacar es la falta de subsidios o incentivos fiscales en relación a la industria automotriz, lo cual puede llegar a incluir de manera significativa en la inversión extranjera y local y también en la operación como tal de la planta (Oficina de Información Diplomática del Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación, 2024).

Económico:

La economía de Guatemala actualmente depende en gran parte de la economía estadounidense, debido a que casi un tercio de las exportaciones totales realizadas, son realizadas hacia Estados Unidos, además que una gran parte de la inversión extranjera directa que se realiza a Guatemala proviene de las remesas provenientes igual de Estados Unidos (Oficina de Información Diplomática del Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación, 2024).

Guatemala fue una de las economías menos afectadas por la pandemia del Covid-19, registrando una caída del PIB únicamente del 1.8%. El país también se ha beneficiado por medio de la acción del gobierno de la implementación del proyecto público privado “Guatemala no se detiene”, el cual tiene como objetivo fortalecer a los sectores económicos que ya poseían una capacidad instalada de competitividad y también atraer inversiones en industrias con mayor grado de sofisticación aprovechando el nearshoring (Oficina de Información Diplomática del Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación, 2024).

En relación al cuadro macroeconómico de Guatemala, se puede destacar su porcentaje de deuda pública la cual cerró en 2023 con un valor de 30%, siendo un porcentaje bastante reducido en comparación con toda la región Centroamericana y siendo uno de los más bajos en el mundo. Así mismo, se puede destacar que Guatemala ha comenzado a participar activamente en el proceso de integración económica, mediante el establecimiento de una unión aduanera con Honduras (Oficina de Información Diplomática del Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación, 2024).

A continuación se puede observar en las figuras: Figura 2. Indicadores Económicos para Guatemala, Figura 3. Información del PIB de Guatemala, con información clave relacionada a aspectos económicos que se pueden destacar de Guatemala, que son claves al momento de tomar decisiones estratégicas (Oficina de Información Diplomática del Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación, 2024).

Figura 47. Indicadores económicos para Guatemala

INDICADORES ECONÓMICOS	2020	2021	2022	2023
PIB (US\$ millones)	77.600	85.971	89.495	92.628
Tasa de crecimiento real (%)	-1,8%	8,0%	4,1%	3,5%
Tasa de inflación (%)	4,8%	3,1%	9,2%	4,2%
Tasa de paro	2,2%	2,2%	3,0%	nd
Balanza c/c (en % de PIB)	5,1%	2,2%	1,5%	3,1%
Deuda pública externa (en % de PIB)	14,8%	14,0%	11,9%	30,3%
Reservas (en M\$)	18.464	20.935	20.015	21.315
Tipo de cambio por \$ (medio)	7,74	7,75	7,77	7,85

Fuente: Oficina de Información Diplomática del Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación

Figura 48. Información del PIB de Guatemala

PIB POR SECTORES DE ACTIVIDAD Y POR				
COMPONENTES DEL GASTO (%)	2020 P/	2021 P/	2022 P	2023 P/
POR SECTORES DE ORIGEN				
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca				
	9,4%	9,9%	9,3%	9,3%
Explotación de minas y canteras	0,5%	0,5%	0,6%	0,6%
Industrias manufactureras	13,8%	14,1%	14,0%	14,1%
Suministro de electricidad, agua y saneamiento				
	2,4%	2,4%	2,3%	2,2%
Construcción	5,2%	5,3%	5,5%	5,7%
Comercio y reparación de vehículos	19,2%	19,6%	20,0%	20,7%
Transporte y almacenamiento	3,0%	2,8%	2,9%	3,1%
Actividades de alojamiento y de servicio de comidas				
	3,1%	2,4%	2,6%	2,8%
Información y comunicaciones	3,9%	3,8%	3,7%	3,4%
Actividades financieras y de seguros	3,9%	3,9%	3,9%	3,8%
Actividades inmobiliarias	8,3%	8,5%	8,1%	7,8%
Actividades profesionales, científicas y técnicas				
	2,4%	2,4%	2,4%	2,4%
Actividades de servicios administrativos y de apoyo				
	3,2%	3,1%	3,3%	3,4%
Administración pública y defensa	4,2%	4,4%	4,1%	4,0%
Enseñanza	4,7%	4,8%	4,5%	4,3%
Salud	2,6%	2,7%	3,0%	2,8%
Otras actividades de servicios	4,0%	3,6%	3,6%	3,5%
Impuestos netos de subvenciones a los productos				
	6,1%	5,7%	6,2%	6,0%
TOTAL	100%	100%	100%	100%

Fuente: Oficina de Información Diplomática del Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación

Figura 49. Principales proveedores para Guatemala

PRINCIPALES PAISES PROVEEDORES DE GUATEMALA (IMPORT. CIF) (DATOS EN M\$)					%	%
	2020	2021	2022	NOV-23	TOTAL 2023	VARIACIÓN 2022/2021
EEUU	6.276	8.952	10.428	9.399	33,7%	16,5%
CHINA	2.253	3.703	4.026	3.785	13,6%	8,7%
MEXICO	2.124	2.803	3.141	3.096	11,1%	12,1%
EL SALVADOR	975	1.343	1.390	1.321	4,7%	3,5%
COSTA RICA	689	825	906	927	3,3%	9,8%
PANAMA	619	702	810	806	2,9%	15,4%
HONDURAS	492	737	808	766	2,7%	9,6%
COLOMBIA	409	507	616	585	2,1%	21,5%
BRASIL	294	420	635	608	2,2%	51,2%
INDIA	301	541	600	498	1,8%	10,9%
ALEMANIA	269	337	442	485	1,7%	31,2%
ESPAÑA	254	351	389	379	1,4%	10,8%
BÉLGICA	183	259	245	267	1,0%	-5,4%
NICARAGUA	143	184	224	176	0,6%	21,7%
RESTO	3.252	5.387	5.513	5.245	18,8%	2,3%
TOTAL	18.207	26.608	29.704	27.900	100,0%	11,6%

Fuente: Oficina de Información Diplomática del Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación

Figura 50. Productos importados por Guatemala

PRINCIPALES PROD. IMPORTADOS POR GUATEMALA POR CAPÍTULOS (DATOS EN M\$)	2020	2021	2022	NOV-23	% VARIACIÓN	
					TOTAL 2023	2022/2021
27 COMBUSTIBLES						
	2.152	4.003	5.707	4.688	16,8%	42,6%
87 VEHICULOS	1.240	1.989	2.185	2.448	8,8%	9,9%
85 MATERIAL ELECTRICO Y TELECO						
	1.562	2.067	2.337	2.206	7,9%	13,1%
84 MAQUINAS	1.405	1.986	2.278	2.207	7,9%	14,7%
39 PLASTICOS Y SUS MANUFACTURAS						
	1.081	1.687	1.880	1.391	5,0%	11,4%
72 FUNDICION. HIERRO Y ACERO						
	675	1.318	1.347	1.803	6,5%	2,2%
30 PRODUCTOS FARMACEUTICOS						
	687	920	1.100	910	3,3%	19,6%
10 CEREALES	549	679	983	781	2,8%	44,8%
48 PAPEL Y CARTON						
	637	812	1.181	756	2,7%	45,4%
21 PREPARACIONES ALIMENTICIAS DIVERSAS						
	432	528	641	677	2,4%	21,4%
Resto	7.787	10.619	10.065	10.033	36,0%	-5,2%
TOTAL	18.207	26.608	29.704	27.900	100,0%	11,6%

Fuente: Oficina de Información Diplomática del Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación

Sociocultural:

En relación a la demografía de Guatemala, se puede destacar que existe una gran diversidad cultural y una composición poblacional bastante extensa, la cual está compuesta principalmente por 5 pueblos, los cuales son: Maya, Garífuna, Xinka, Afrodescendiente y Ladino. Todos estos pueblos permiten que haya un desarrollo mucho mayor en el país, ya que la mayoría de ellos se desarrollan profesionalmente en el mercado laboral generando bienes y servicios necesarios para la supervivencia. La población se puede segmentar por varios parámetros tal como el sexo, la edad y el pueblo al que pertenecen. En la Figura 6. Información Demográfica de Guatemala, se muestra el porcentaje de la población por grupos de edad. Podemos destacar que en Guatemala, los grupos de edad con mayor porcentaje de población son los de los rangos de edad de 0 a 14 años y 15 a 29 años (Instituto Nacional de Estadística Guatemala, 2021).

Figura 51. Información demográfica de Guatemala

SEXO	EDAD	MAYA	GARIFUNA	XINKA	AFRODESCENDIENTE/ CREOLE/AFROMESTIZO	LADINO	EXTRANJERO
Hombres	0 - 14	38.23	29.69	37.51	35.65	32.26	18.9
	15 - 29	29.5	29.92	29.67	29.9	29.66	23
	30 - 64	27.49	34.2	27.6	29.46	32.09	48.1
	65 - 84	4.35	5.58	4.78	4.57	5.39	8.93
	85 o más	0.43	0.61	0.45	0.41	0.61	1.08
Mujeres	0 - 14	33.93	27.43	35.83	34.91	29.57	15.66
	15 - 29	29.2	29.62	29.84	30.04	29.17	24.19
	30 - 64	28.46	36.23	29.4	30.57	34.84	50.88
	65 - 84	4.21	5.87	4.44	4.03	5.72	8.01
	85 o más	4.21	0.85	0.49	0.46	0.7	1.26

Fuente: Instituto Nacional de Estadística Guatemala

La falta de inversión extranjera directa en el país, debido a factores económicos como la práctica del Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo sobre los derechos indígenas y las investigaciones sobre corrupción de la Comisión Internacional Contra la Impunidad en Guatemala, ha provocado que el flujo de migrantes guatemaltecos aumente de manera considerable, debido a que los factores mencionadas anteriormente han provocado una reducción en las oportunidades laborales del país. Se estima que Guatemala necesitaría generar más de 200,000 empleos de manera anual para poder absorber las incorporaciones al mercado laboral (ICEX España Exportación e Inversiones, 2021).

Ahora bien, en relación a tendencias de utilización de automóviles en Guatemala, podemos destacar que el parque vehicular actualmente se encuentra en una cifra de 4,096,800. Esta cifra es dividida en las diferentes regiones del país, destacando la región central, la cual está compuesta por los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango y El Progreso, con una cifra de parque vehicular de 2,034,238 vehículos (ICEX España Exportación e Inversiones, 2021).

Figura 52. Tendencias de utilización de automóviles en Guatemala

Departamento	Subtotal	Región	Total
Guatemala	1.768.930	CENTRAL	2,034,238
Sacatepéquez	75.754		
Chimaltenango	143.173		
El Progreso	46.381		
Escuintla	245.784	SUR	661,102
Retalhuleu	87.498		
Suchitepéquez	109.350		
Santa Rosa	93.074		
Jutiapa	125.396		
Izabal	119.683	NORORIENTE	608,557
Chiquimula	94.716		
Zacapa	92.435		
Alta Verapaz	74.784		
Baja Verapaz	50.786		
Petén	118.407		
Jalapa	57.746		
San Marcos	185.568	OCCIDENTE	792,903
Huehuetenango	148.491		
Quetzaltenango	283.410		
Totonicapán	47.700		
Sololá	35.790		
Quiché	91.944		
TOTAL		TOTAL	4,096,800

Fuente: ICEX España Exportación e Inversiones

Tecnológico

En la actualidad, Guatemala se encuentra aumentando de manera constante el uso de tecnología especialmente en las áreas urbanas. Asimismo, se está viendo una mejora en la infraestructura digital y se ha visto un avance significativo en la provisión de servicios IoT en las bandas de frecuencia de los operadores de telecomunicaciones. A pesar de ello, la infraestructura digital y los avances en la tecnología se quedan bastante rezagados en comparación con otros países más desarrollados (García et al., 2019).

Otro aspecto que se puede destacar de las tendencias actuales es la adopción de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial, la automatización y la robótica en diferentes procesos productivos, lo cual ha permitido que se realicen mejoras en relación a costos de producción y en la producción como tal (García et al., 2019).

En relación a la infraestructura física del país, se puede destacar la necesidad inmediata en la inversión y mejora de la misma, ya que la inversión actual en la infraestructura es inferior al 1% del PIB, siendo una de las más bajas en toda latinoamérica. La baja inversión en la infraestructura es un limitante para el crecimiento económico y el nivel de vida general de la población guatemalteca, generando un efecto negativo especialmente a la población de escasos recursos. El mejorar todos los aspectos de la infraestructura como la infraestructura de transporte, comunicaciones y servicios permitiría que el comercio se facilitará y reduciría los costos. Todos estos beneficios permitirían en general un desarrollo económico mayor (Martínez et al., 2020).

Ahora bien, en relación a las tendencias tecnológicas que se pueden destacar de la industria automotriz en general se encuentran:

- Vehículos eléctricos: Hoy en día, la tendencia que se está abordando y está teniendo más auge cada vez más son los vehículos eléctricos, destacando una mejora en el rendimiento de las baterías. Eso sí, la producción de vehículos eléctricos puede llegar a ser una inversión bastante grande y se necesita investigar bastante (Keyler et al., 2023).
- Robótica y automatización: En la industria automotriz, cada vez más se utiliza la robótica en varias de las etapas de la cadena de suministro para poder mejorar la eficiencia de todos los procesos. Muchas de estas tecnologías se integran con otras más importantes como la inteligencia artificial (Keyler et al., 2023).
- Sistemas de Ensamblaje Modular: La utilización de sistemas de ensamblaje modular permiten que el procesos productivo sea mucho más flexible, permitiendo que se pueda adaptar fácilmente la producción a los cambios en la demanda y tener una personalización mucho más completa y mucho más fácil. Asimismo, el uso de módulos permite también integrar tecnologías como componentes de EV, sistemas avanzados de asistencia y dispositivos IoT (Keyler et al., 2023).

Legal

En relación al ámbito legal, se deben de tomar en consideración varios aspectos claves al momento de tener una planta productora dentro de Guatemala. Uno de los primeros aspectos a destacar, es que es necesario tener licencias y permisos ambientales. Según el Acuerdo Gubernativo 137-2016, todas las industrias deben de tener una licencia ambiental de la Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Humanos. Además, esta licencia debe de ser complementada por evaluaciones de impacto ambiental y cumplimiento de normas de la misma índole

Además, según el Acuerdo Gubernativo 213-2013, las empresas deben informar a la Administración Tributaria en relación a si se realiza algún cambio en métodos de registro de costos y gastos. También, existe una gran posibilidad de ser exonerados de multas e interés en el caso que las empresas sean contribuyentes que se regularicen sobre su situación fiscal. Se debe evaluar diferentes incentivos fiscales que existan para la industria automotriz, tales como la exoneración o reducción de impuestos

La normativa laboral es un aspecto clave a considerar al momento de incursionar en una industria o empresa dentro de Guatemala, ya que se debe cumplir con todas las normativas vigentes, en las cuales se pide que se manejen contratos claros, se destacan los derechos de los trabajadores y los beneficios e incentivos de ley. También es destacable tomar en cuenta la incursión de temas relacionados a la salud y seguridad ocupacional para poder asegurar que los espacios de trabajo en la industria sean seguros (Ministerio de Trabajo y Previsión Social de Guatemala, 2021).

Las regulaciones de comercio y aduanas, las cuales son aplicables a cualquier tipo de importación de productos o bienes como maquinaria, materia prima y herramienta, deben de ser comprendidas y cumplidas en su totalidad. También es clave considerar los acuerdos de tratado de libre comercio existentes para poder facilitar la importación y poder reducir costos y tiempos de trámite en la aduana (Dirección General de Aduanas de Guatemala, 2021).

Ecología

Guatemala se encuentra enfrentando riesgos ambientales como deslizamientos de tierra, inundaciones y terremotos los cuales pueden tener un efecto negativo en la estabilidad ecológica y calidad de vida. Asimismo, en Guatemala se está promoviendo la modificación de instalaciones industriales para limitar la generación de contaminantes en el ambiente. Para la industria automotriz es clave, ya que se debe velar por la reducción de emisiones durante la producción, almacenamiento y transporte de vehículos. Para el desarrollo exitoso de la industria automotriz en el país, es necesario realizar evaluar y mitigar el posible impacto ecológico que puede tener esta industria, por medio de estudios ambientales y la implementación de prácticas de producción sostenibles para la reducción de contaminación y residuos (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2007)

Actualmente en la industria automotriz se ha visto un enfoque grande en la circularidad, lo cual está impulsando un cambio significativo hacia la sostenibilidad por medio de iniciativas como el Circular Cars Initiative del World Economic Forum. Esta iniciativa tiene como fin poder conectar a más de 60 fabricantes de automóviles, proveedores, instituciones de investigación y ONG para alinear y aplicar la circularidad. Se han dedicado a desarrollar hojas de ruta de circularidad que abarcan pasos para aumentar la eficiencia en el uso de materiales, promover la electrificación de los vehículos y adaptar tecnologías de baja emisión de carbono (Allgood, 2024).

Luego de analizar el proceso de ensamblaje de automóviles que se había realizado previamente en el laboratorio de Ingeniería industrial, podemos observar primero que el tiempo de ciclo de producción de un vehículo es bastante rápido con un tiempo de 20 minutos en promedio por automóvil. Esta rapidez está dada debido al uso de maquinaria automatizada en todas las áreas que componen la línea de ensamblaje. Eso sí, actualmente únicamente se produce un tipo de vehículo y la línea está ajustada únicamente para él, por lo que si en el caso se deseara producir algún otro modelo de vehículo, habría que configurar de manera completa toda la línea de ensamblaje en su totalidad, debido a que muchas de las operaciones pueden llegar a variar según el modelo de vehículo que se desea producir.

En relación a la distribución de planta, podemos observar que el proceso se encuentra desarrollado con una distribución de tipo “U”, dejando bastante espacio de la planta sin uso, lo cual puede llegar a no ser del todo eficiente. Asimismo, actualmente únicamente se consideró la distribución y el personal del área de producción, dejando fuera de consideración a las diferentes áreas administrativas de la planta. El considerar estas áreas administrativas es clave para poder presentar una propuesta de inversión estructurada a alguien que desee invertir en la implementación de una planta de producción automotriz en Guatemala.

Por medio de los indicadores de desempeño y producción que se establecieron previamente, se pudo destacar los siguientes aspectos de este proceso de producción:

- Eficiencia en la producción: En relación a la eficiencia en la producción, podemos observar que de las 401 unidades generadas, únicamente se procesan completamente 368, dándonos un porcentaje de eficiencia del 92%.

- **Tiempo de ciclo:** El tiempo de ciclo de procesamiento de un vehículo por medio de este proceso es bastante rápido (20 min 42 seg), debido a la utilización de un proceso automatizado.
- **Costos de producción:** El costo de producción se encuentra en un rango saludable, si se toma en consideración que en promedio los carros hatchback se venden a más de Q.100,000 (Hyundai, 2024).
- **Costo de mano de obra:** El costo de mano de obra por unidad es bastante eficiente, tomando en cuenta la producción mensual de 8096 vehículos al mes.
- **Unidades producidas por hora:** Al analizar la cantidad de carros que se producen en un día y el tiempo disponible de producción que se posee, podemos obtener que la planta de producción con un sistema tradicional produce aproximadamente 15 vehículos por hora.

Luego de analizar el entorno en donde se desarrolló la planta de ensamblaje de automóviles, mediante el análisis de varios aspectos clave como las políticas, economía, socio-culturales, tecnología, legislación y ecología, pudimos destacar las siguientes áreas de oportunidad y consideras a tomar en cuenta en el caso que se desee implementar un sistema de ensamblaje modular dentro de la misma planta para poder producir dos tipos de vehículos. Entre estos aspectos claves identificados se encuentran los siguientes:

- **Políticas**

Estados Unidos posee un papel clave en la política exterior de Guatemala, destacando que es uno de los principales socios e inversores del país, además que muchos migrantes guatemaltecos residen en Estados Unidos. Debido a esta relación, se han desarrollado políticas de comercio exterior tal como la ley de libre comercio, permitiendo así importar y exportar productos a un costo mejor beneficiando a industrias.

Se puede destacar que actualmente existe una falta de subsidios o incentivos fiscales en relación a la industria automotriz en el país. Esto puede llegar a tener un efecto negativo o puede llegar a no ser atractiva una inversión extranjera local y la operación de la planta como tal.

- **Economía**

Guatemala fue una de las economías que se vió menos afectadas por la pandemia de Covid-19, en donde se registró una caída del PIB únicamente del 1.8%. Asimismo, la economía se ha visto beneficiada por la implementación por parte del gobierno del proyecto público privado “Guatemala no se detiene”, el cual tiene como objetivo fortalecer a los sectores económicos en el país que ya poseen una capacidad de competitividad e incentivar la inversión en industrias con mayor grado de sofisticación aprovechando el nearshoring (Oficina de Información Diplomática del Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación, 2024).

Guatemala también ha comenzado a participar en procesos de integración económica, por medio del establecimiento de una unión aduanera con Honduras, lo cual puede llegar a tener beneficios económicos para ambos países.

- **Socio-culturales**

Al analizar la demografía de Guatemala, se puede destacar la gran diversidad cultural y una composición poblacional bastante extensa la cual está compuesta por 5 principales pueblos. Estos pueblos permiten que haya un desarrollo mucho mayor en el país, debido a que toda la población se desarrolla profesionalmente en el mercado laboral.

Al analizar la población por grupos de edad, podemos destacar que en Guatemala, los grupos de edad con mayor porcentaje de población son los del rango de edad de 0 a 14 años y de 15 a 29 años.

Debido a que la inversión extranjera directa se ha visto reducida a lo largo de los años por diferentes factores como la corrupción, el flujo de migrantes guatemaltecos ha aumentado por consecuencia. Se estima que se necesitarán más de 200,000 empleos de manera anual para poder observar las incorporaciones al mercado laboral.

En relación a las tendencias relacionadas al uso de automóviles, podemos observar que en donde se encuentra centralizado la mayor cantidad de parque vehicular se encuentra en la zona central, la cual está compuesta por los siguientes departamentos: Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango y El Progreso.

- **Tecnología**

Guatemala en la actualidad está aumentando el uso de tecnología en las zonas urbanas. También se ha visto una mejora en la infraestructura digital y un avance significativo en la provisión de servicios IoT en las bandas de frecuencia de los operadores de telecomunicaciones. A pesar de esta mejora, aún la infraestructura digital y física se encuentra en un nivel bastante bajo comparado con países de mayor desarrollo.

La infraestructura física también se encuentra rezagada en términos de inversión y mejora, ya que la inversión en la misma es inferior al 1% del PIB. La baja inversión en la infraestructura es un limitante para el crecimiento económico y el nivel de vida general de la población guatemalteca, generando un efecto negativo especialmente a la población de escasos recursos.

Ahora bien, en la industria automotriz se han comenzado a implementar diferentes avances tecnológicos entre los cuales se pueden destacar: los vehículos eléctricos, el uso de robótica y automatización en los procesos productivos e implementación de líneas y sistemas de ensamblaje modulares.

- **Legislación**

Es clave considerar los temas legales al momento de implementar una planta de producción de automóviles en Guatemala, tal como las licencias y permisos ambientales. Según el Acuerdo Gubernativo 213-2013 todas las industrias deben tener una licencia ambiental, además que debe tener evaluaciones de impacto ambiental. Asimismo, las empresas deben informar a la Administración Tributaria en relación a si se realiza un cambio en registro de costos y gastos. Se debe evaluar diferentes incentivos fiscales que lleguen a existir para la industria automotriz, tales como la exoneración o reducción de impuestos.

La normativa laboral es un aspecto importante al momento de incursionar en una industria ya que se deben de tomar en cuenta los derechos de los trabajadores y los beneficios o incentivos de ley. Relacionado al tema de los colaboradores, es necesario tomar en cuenta la salud y seguridad ocupacional para asegurar que los espacios de trabajo sean seguros.

- **Ecología**

Guatemala se enfrenta de manera constante a riesgos ambientales como deslizamientos de tierra, inundaciones y terremotos lo cual puede llegar a tener un efecto negativo en la calidad de vida. Asimismo, se está promoviendo la modificación de instalaciones industriales para limitar la generación de contaminantes en el ambiente.

En la actualidad, en la industria automotriz se ha visto un enfoque grande en la circularidad, en donde se han podido conectar más de 60 fabricantes de automóviles, proveedores, instituciones de investigación y ONGS para alinear y aplicar la misma.

Al observar toda la información presentada anteriormente, podemos observar que hoy en día, la industria automotriz está migrando a la mejora constante de los procesos productivos y la optimización de los recursos para poder reducir costos de manera integral y ajustarse a la cambiante demanda de hoy en día. Entre algunas de las tecnologías y metodologías que se han estado desarrollando y utilizando en los últimos años, se encuentran los sistemas de ensamblaje modular. La implementación de este sistema de ensamblaje permitiría aprovechar los diferentes beneficios que el mismo, además ofrece la posibilidad de producir varios modelos dentro de una misma línea de ensamblaje, lo cual también ofrece una serie de beneficios, mencionados anteriormente. Este sistema de ensamblaje permite que se puedan estandarizar varios componentes entre varios vehículos, permitiendo que se usen de una manera más eficiente los recursos con los que se cuenta para producir varios modelos de vehículos (James & Ebin, 2022).

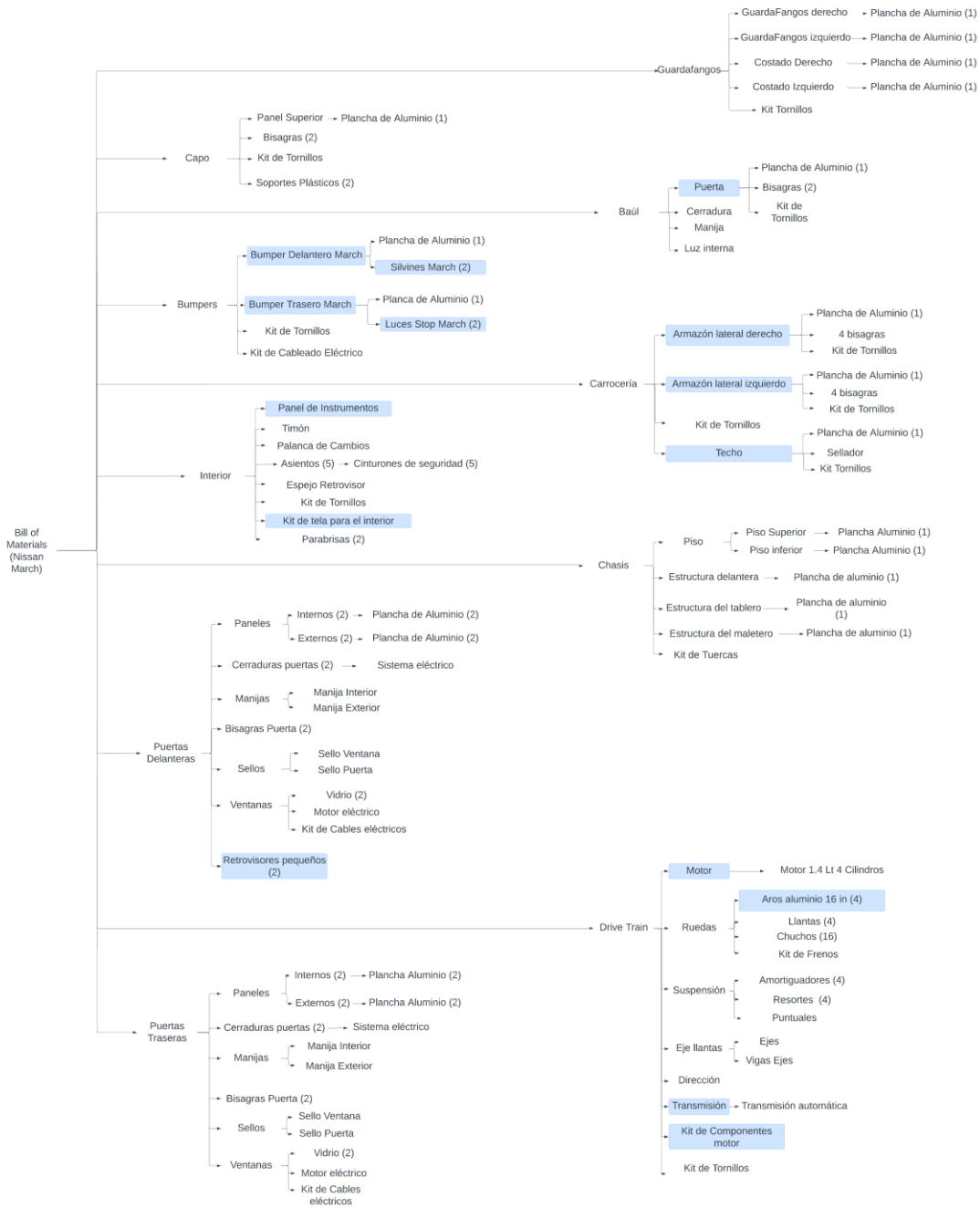
El sistema modular, también ofrece la posibilidad de tener una producción mucho más flexible, permitiendo que las plantas productoras que han implementado este sistema se puedan ajustar a los cambios en la demanda, de modo que puedan responder de manera inmediata a las necesidades de los clientes y del mercado. Asimismo, este sistema de producción permitirá que la producción de automóviles se vuelva mucho más eficiente y se pueda llegar a escalar y utilizar con las innovaciones que se están desarrollando en la actualidad, tal como sería la producción de carros eléctricos.

7.3.2. Recursos necesarios para implementar una línea de ensamblaje modular

Para implementar el sistema de ensamblaje modular que permita producir dos vehículos en la misma línea, primero se identificaron los componentes del nuevo modelo a fabricar. En este caso, se tomó como base el Nissan March, que comparte dimensiones muy similares con el Nissan Versa Note. Esta semejanza permite estandarizar varios componentes y procesos dentro de la línea de ensamblaje.

Para determinar las diferencias y similitudes entre ambos modelos, se elaboró un Bill of Materials (BOM) para el nuevo modelo de vehículo. Este diagrama ayudó a identificar qué componentes son únicos para cada vehículo y cuáles se pueden compartir.

Figura 53. Bill of Materials vehículo 2



Fuente: Elaboración propia

A partir del análisis de las diferencias que se pueden observar en el BOM se pudieron definir las diferentes partes que iban a compartir entre ambos modelos, y también se pudo identificar las partes o componentes que serían diferentes. Entre las principales diferencias entre ambos modelos se encuentra el tema de la carrocería y el motor, además de tener ciertos componentes estéticos diferentes como los bumpers. Al identificar los componentes que comparten y los componentes que no, se pudo también determinar qué procesos dentro del flujo de producción tradicional previamente establecido, se podrían llegar a separar en módulos para poder producir dos modelos de vehículo en la línea de ensamblaje. En el Cuadro 13. Procesos Productivos Modularizados, se detallan los procesos productivos que se propusieron para la modularización de la línea de producción.

Cuadro 68. Procesos productivos modularizados

Nombre del proceso	Modularización
Moldeado y corte de piezas	No
Soldadura de chasis	No
Soldadura de carrocería	Sí
Colocación de accesorios	No
Pintura	No
Elaboración del Drivetrain con el motor	Sí
Elaboración de las puertas	No
Ensamble final	No

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla, los procesos que se estarán trabajando de manera modular, será el proceso de la soldadura de la carrocería y también se agregó el proceso de la elaboración del drivetrain del motor. El proceso de la soldadura de la carrocería implica procesos como la colocación de armazones laterales (marco de las puertas), la colocación del techo, soldadura completa de armazón y soldadura y colocación de costados y guardafangos. En el caso del proceso de la elaboración del drivetrain y motor drive train, si bien el mismo no se encontraba en el proceso con la línea de ensamblaje tradicional, se agregó debido a que se tiene pensado que este proceso modular, se pueda llegar a adaptar a otro tipo de vehículos, como los eléctricos, ya que como se mencionó anteriormente en el PESTLE, la producción de este tipo de carros está cada vez aumentando más debido a que todas las marcas han incorporado un modelo de vehículo eléctrico o híbrido en sus líneas de producto como:

- Toyota
 - Modelos: Corolla Cross Hybrid, Highlander Hybrid, Prius (Toyota, 2020).
- Nissan
 - Modelos: ARIYA, LEAF (Nissan, 2024)
- Tesla
 - Modelos: Model 3, Model Y, Model S (Tesla, 2024)
- BYD
 - Modelos: HAN EV, TANG EV (BYD, 2024)

Este proceso nuevo posee operaciones como la colocación de la transmisión con el motor, atornillar la transmisión con el motor, ajustes de cables y colocación de partes extras de motor (generador, catalizador, starter, filtro de partículas) y la colocación del motor y transmisión sobre el drivetrain.

Al tener identificados los procesos involucrados en la producción de automóviles por medio de un sistema de ensamblaje modular, se procedió a investigar acerca de las diferentes máquinas que son utilizadas comúnmente en el proceso de ensamble de vehículos. Muchas de las máquinas que investigaron y se propusieron para su uso en el nuevo sistema de ensamblaje modular, son parecidas a las que se utilizaron en la línea de ensamblaje tradicional automatizada, únicamente que muchas de ellas son máquinas más nuevas y con más capacidad. Asimismo, se identificaron los diferentes servicios auxiliares que son necesarios para asegurar el funcionamiento correcto de las maquinarias a utilizar dentro del proceso productivo, tal como los compresores y el transporte de piezas.

Las únicas máquinas que se agregaron, en comparación con el listado de máquinas del proceso de ensamble tradicional, debido a la naturaleza del proceso fueron los vehículos guiados automatizados o también conocidos como AGV y AMR y las grúas utilizadas en el módulo de elaboración del drivetrain y motor. En relación a los vehículos guiados automatizados, en un sistema de ensamblaje modular, son utilizados para poder transportar materiales, componentes y vehículos en toda la línea de producción. Estos vehículos autónomos permiten que exista una gestión mucho más eficiente del flujo de trabajo en el entorno del ensamblaje modular. Los AGV y AMR son esenciales y útiles en entornos de producción modular principalmente en donde se ensamblan dos o más vehículos en una misma línea, ya que se pueden adaptar a los cambios del tipo de vehículo a producir y se ajusta el transporte de componentes según las especificaciones. Asimismo, debido a que no se encuentran en una plaza fija como posiblemente una banda transportadora, los AGV y AMR optimizan el uso del espacio de la planta, lo que permite manejar una disposición más eficiente de las áreas de trabajo y áreas de almacenamiento (Ivica Draganjac et al., 2016). Ahora en relación a las grúas propuestas para el proceso de ensamblaje de drivetrain y motor, se decidió utilizar este tipo de grúas, debido a que al estar trabajando con las partes del motor, es necesario tener cierta movilidad de las piezas, lo cual no se puede obtener con el uso de una grúa o Lift tradicional como el propuesto previamente en el sistema de ensamblaje tradicional.

Cuadro 69. Lista de maquinaria a utilizar en sistema de ensamblaje modular

Proceso	Nombre máquina	Precio de compra	Consumo energético
Brazo soldador	CRP-RH-18-20W	Q. 140.354,60	3 kW
Brazo robótico liviano para levantar piezas	Kuka KR 120 R2700-2	Q. 176,274.35	1.2 KW
Brazo robótico pesado para levantar piezas	KR 1000 L750 titan	Q. 293,836.63	8.6 KW
Booth de pintura para automóviles	Target TG-70B	Q. 46,417.30	15 KW
Grúa para colocación de motor, colocación de piezas varias	Floor mounted Jib Crane	Q. 77,362.17	Compresor
Compresor	12L/30L/60L Oil free silent	Q. 3,040.33	Servicio Auxiliar
Lift para colocar las llantas y las puertas	Ratio LIFT AM	Q. 61,889.74	Compresor
AMR (Autonomous Mobile Robot)	iFollow iL-1000	Q. 69,625.95	Batería incluida
Banda Transportadora	HONG'S BELT HS-1800A	Q.2777.30	15 kW

Proceso	Nombre máquina	Precio de compra	Consumo energético
Transporte	No indicado	Q. 3,119.92	Servicio Auxiliar

Fuente: Elaboración propia

El BOM, también nos permitió ver que ambos carros estarán compartiendo el mismo chasis o plataforma. Esto es posible dado a que durante la última década, la utilización de las plataformas modulares se ha vuelto indispensable en casi todas o si bien en todas las fábricas que se dedican a la producción de automóviles. Esto se debe en gran parte a los beneficios que aporta, siendo uno de ellos el desarrollo de una gran variedad de diferentes modelos de vehículo a partir de una base estándar. A continuación se detalla un poco más acerca de estas plataformas (Lampón & Cabanelas, 2014).

Se puede definir como plataforma, al esqueleto o estructura base en donde están contruidos los vehículos. Comúnmente, la base está compuesta por tres elementos:

- Módulo delantero
 - En el módulo delantero, es donde se colocan los puntos fijos para la suspensión, caja de la dirección, soportes y anclajes al motor.
 - Módulo del habitáculo
 - En el módulo del habitáculo es donde se encuentra el área en donde los pasajeros se encuentran al momento de subirse a un vehículo. Este módulo incluye los asientos delanteros, traseros y el tablero.
 - Módulo trasero
 - El módulo trasero, es en donde se coloca el tren rodante.
- (Lampón & Cabanelas, 2014)

Partiendo de los 3 módulos anteriormente mencionados, las plataformas modulares permiten que a partir del esqueleto base, se le agreguen diferentes modificaciones para poder ofrecer un diseño y una estructura diferente para cada vehículo que se desea producir (Lampón & Cabanelas, 2014).

Entre los principales beneficios que suponen la utilización e implementación de plataformas modulares dentro de un proceso de ensamble de vehículos, se encuentra en la libertad que le ofrece a los fabricantes de poder modificar en cada modelo que se desea producir la distancia de los ejes y la anchura de las vías tomando como referencia la plataforma base. Esto permite que se puedan diseñar varios modelos para diferentes mercados y segmentos, de modo que se pueda abordar la demanda de una manera más planificada y eficaz (Lampón & Cabanelas, 2014).

Varias empresas reconocidas mundialmente en la industria automotriz durante la última década han implementado de manera integral el uso de las plataformas modulares para

la producción de sus diferentes vehículos. A continuación se detallan varios casos de éxito en la implementación de las plataformas modulares:

- **Toyota**

Plataforma TNGA: La plataforma TNGA o también conocida como Toyota New Global Architecture, lanzada al mercado en el año 2015, es una estrategia que fue implementada por parte de Toyota para poder asegurar la eficiencia, rendimiento y calidad de todos sus vehículos (Toyota Motor Corporation, 2015).

La plataforma TNGA al igual que las demás plataformas modulares en el mercado, permite la estandarización tanto de componentes como de procesos productivos permitiendo así la reducción de costos, y el tiempo de desarrollo de los diferentes vehículos de la marca. Asimismo, esta estandarización permite que se puedan producir varios modelos dentro de una misma línea de producción (Toyota Motor Corporation, 2015).

Entre los principales vehículos que utilizan esta plataforma se encuentran: El Toyota Prius, el cual fue uno de los primeros vehículos en utilizar la plataforma modular, permitiendo así que el vehículo fuera mucho mejor a la hora de manejar, más estable y con mayor eficiencia de combustible (Toyota Motor Corporation, 2015).

Figura 54. Plataforma modular TNGA



Fuente: Toyota Motor Corporation

- **Volkswagen**

Plataforma MQB: La plataforma MQB del grupo Volkswagen, se lanzó al mercado en el año 2012 por medio de su utilización en el vehículo Golf. La plataforma luego de su lanzamiento mostró inmediatamente el potencial que poseía: uso de tecnología más avanzada, un peso menor, y un diseño dinámico (Porrás, 2022).

Esta plataforma ayudó a permitir que se desarrollará la estandarización de los procesos productivos en todas las áreas, lo cual se tradujo en una mayor flexibilidad y reducción de costos de desarrollo de productos (Porrás, 2022).

Actualmente la plataforma MQB se divide en varios modelos de vehículos lo cual ha permitido que todos ellos puedan ser estandarizados y que se puedan producir de manera eficiente en todas las fábricas a nivel mundial. La plataforma también le permite a Grupo Volkswagen poder construir vehículos de diferentes distancias entre ejes y anchos de vía o modelos de otras marcas en una misma línea de producción (Porrás, 2022).

Figura 55. Plataforma modular MQB



Fuente: Volkswagen

- **Nissan**

Plataforma CMF: La plataforma CMF o también conocida como Common Module Family es la plataforma modular del grupo Nissan-Renault- Mitsubishi, la cual fue introducida al mercado en el 2013 lo cual permitió que se compartieran diferentes módulos y componentes entre varios modelos de las marcas mencionadas anteriormente permitiendo así mejorar la eficiencia del proceso productivo y reducir costos (Renault-Nissan-Mitsubishi Alliance, 2014).

La plataforma CMF estandariza 5 módulos principales:

- El motor
- Compartimiento del motor
- Cabina
- Chasis delantero
- Chasis trasero

Por medio de la combinación de los diferentes módulos mencionados anteriormente, se pueden generar diferentes diseños para varios modelos de vehículos (Renault-Nissan-Mitsubishi Alliance, 2014).

Entre los principales vehículos del grupo que utilizan esta plataforma modular se encuentran: Nissan Qashqai y el Renault Kadjar. Esto ha permitido que se mantenga la eficiencia, calidad y que se puedan incorporar diferentes nuevas tecnologías emergentes en los diferentes modelos de vehículos sin necesidad de tomar un tiempo bastante elevado (Renault-Nissan-Mitsubishi Alliance, 2014).

Figura 56. Plataforma modular CMF



Fuente: Renault-Nissan-Mitsubishi Alliance

7.3.3. Diseño de una planta de ensamblaje automotriz para simular la distribución del proceso de ensamblaje modular

Una vez definidos los procesos productivos que se iban a trabajar en el sistema de ensamblaje modular, se procedió a realizar una toma de tiempos de los procesos que iban a ser modulados, los cuales eran: Ensamble y Soldadura de Carrocería y Elaboración del drivetrain con el motor. Para esta toma de tiempos, se utilizaron recursos audiovisuales tal como videos de producción de automóviles y se obtuvo una muestra de 25 tomas por cada operación identificada. A continuación se observan las operaciones que se identificaron para cada proceso y la fuente de donde se obtuvo la medición de los tiempos.

Cuadro 70. Fuentes de toma de tiempos en el proceso de ensamblaje y soldadura de carrocería y elaboración del Drivetrain para el vehículo 2

Proceso	Operación	Origen de la toma de tiempos	Enlace
Ensamble y soldadura de carrocería	Colocación de armazones laterales (marco de la puerta)	Porsche: High-Level Car Manufacturer Mega Manufacturing Free Documentary	https://www.youtube.com/watch?v=F3FUH9fVC_M&list=LL&index=25
	Colocación del techo	NatGeo Mega Factories - Nissan GTR	https://www.youtube.com/watch?v=IXnObmSOjX8&list=LL&index=4&t=376s
	Soldadura completa de armazón	BMW Seda Auto Producción 2020-2022 Fábrica Fabricación CNC	https://www.youtube.com/watch?v=btcgBGWWL5E&list=LL&index=4
	Soldadura y colocación de costados y guardafangos	KIA Production in Slovakia (Ceed, ProCeed)	https://www.youtube.com/watch?v=LHp_GQ6Cpcs&list=LL&index=6
	Colocación de transmisión con motor	Porsche: High-Level Car Manufacturer	https://www.youtube.com/watch?v=F3FUH9fVC_M&list=LL&index=25

Proceso	Operación	Origen de la toma de tiempos	Enlace
Elaboración del drivetrain con el motor		Mega Manufacturing Free Documentary	fVC_M&list=LL&index=25
	Atornillar la transmisión con el motor	Porsche: High-Level Car Manufacturer Mega Manufacturing Free Documentary	https://www.youtube.com/watch?v=F3FUH9fVC_M&list=LL&index=25
	Ajuste de cables y colocación de partes extras del motor (generador, catalizador, starter, filtro de partículas)	Porsche: High-Level Car Manufacturer Mega Manufacturing Free Documentary	https://www.youtube.com/watch?v=F3FUH9fVC_M&list=LL&index=25
	Colocación de motor y transmisión sobre el drivetrain	Porsche: High-Level Car Manufacturer Mega Manufacturing Free Documentary	https://www.youtube.com/watch?v=F3FUH9fVC_M&list=LL&index=25

Fuente: Elaboración propia

De las 25 tomas de tiempos que se realizaron, de las operaciones previamente mencionadas, se obtuvo el tiempo promedio para poder colocarlo en el DOP final de ambos vehículos. Asimismo, las 25 tomas se exportaron en formato texto o “txt” al programa Input Analyzer para poder obtener las distribuciones estadísticas que más se acoplaban a cada operación para su posterior uso en el software de simulación.

Cuadro 71. Tiempos promedio de las operaciones diferenciadas y agregadas para el vehículo 2

Operación	Tiempo promedio (seg)
Colocación de armazones laterales (marco de la puerta)	25
Colocación del techo	14
Soldadura completa de armazón	30
Soldadura y colocación de costados y guardafangos	9
Colocación de transmisión con motor	15
Atornillar la transmisión con el motor	8
Ajuste de cables y colocación de partes extras del motor (generador, catalizador, starter, filtro de partículas)	12
Colocación de motor y transmisión sobre el drivetrain	15

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 72. Distribución probabilística aplicada a cada operación agregada al proceso productivo

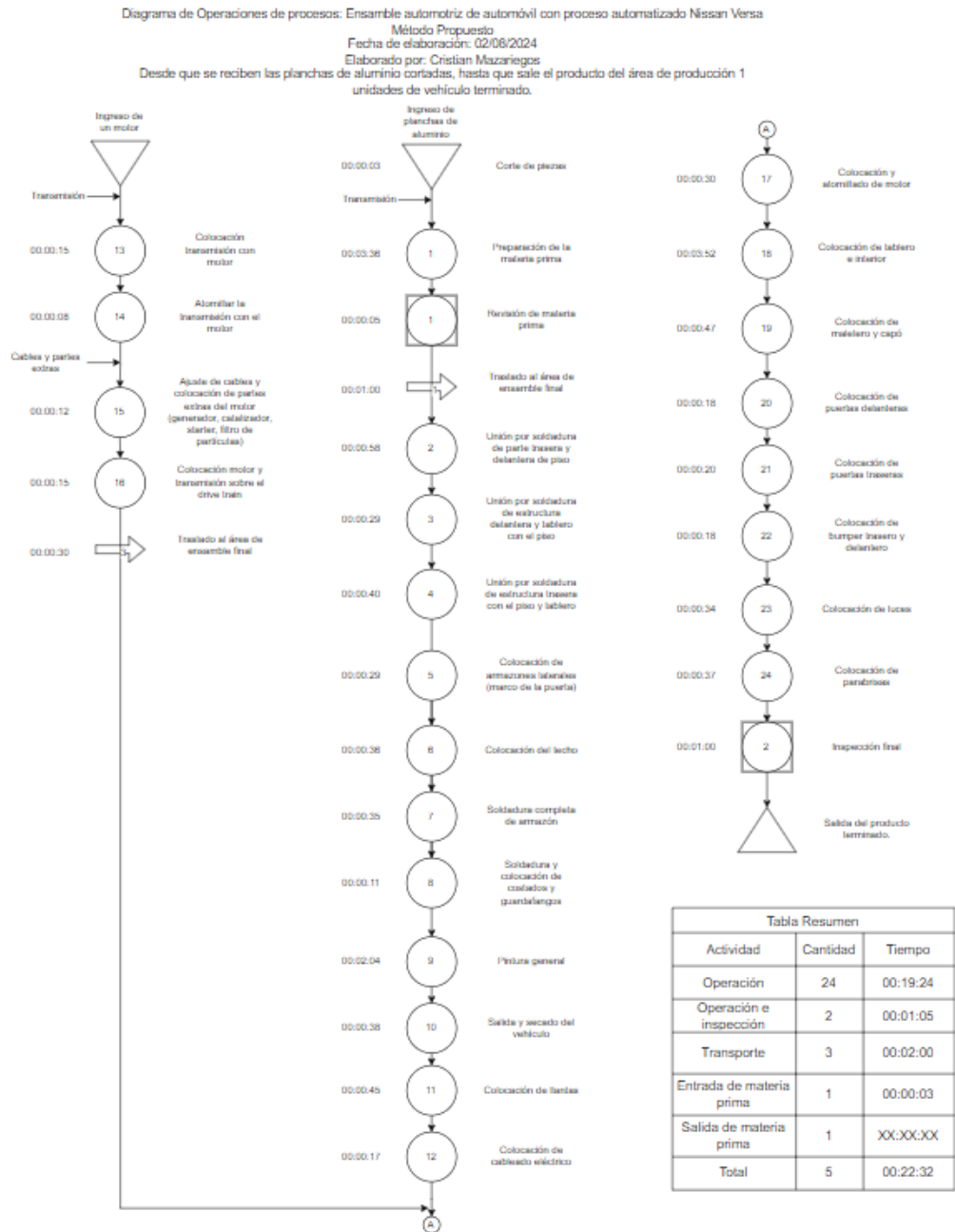
Operación	Distribución probabilística
Colocación de armazones laterales (marco de la puerta)	25.4 + 0.88 * BETA(3.3, 1.93)
Colocación del techo	NORM(14.3, 0.419)
Soldadura completa de armazón	29.5 + WEIB(0.723, 2.63)
Soldadura y colocación de costados y guardafangos	8.36 + 0.97 * BETA(1.61, 1.32)
Colocación de transmisión con motor	NORM(15.5, 0.277)

Operación	Distribución probabilística
Atornillar la transmisión con el motor	NORM(7.46, 0.316)
Ajuste de cables y colocación de partes extras del motor (generador, catalizador, starter, filtro de partículas)	NORM(11.7, 0.217)
Colocación de motor y transmisión sobre el drivetrain	NORM(15.1, 0.191)

Fuente: Elaboración propia

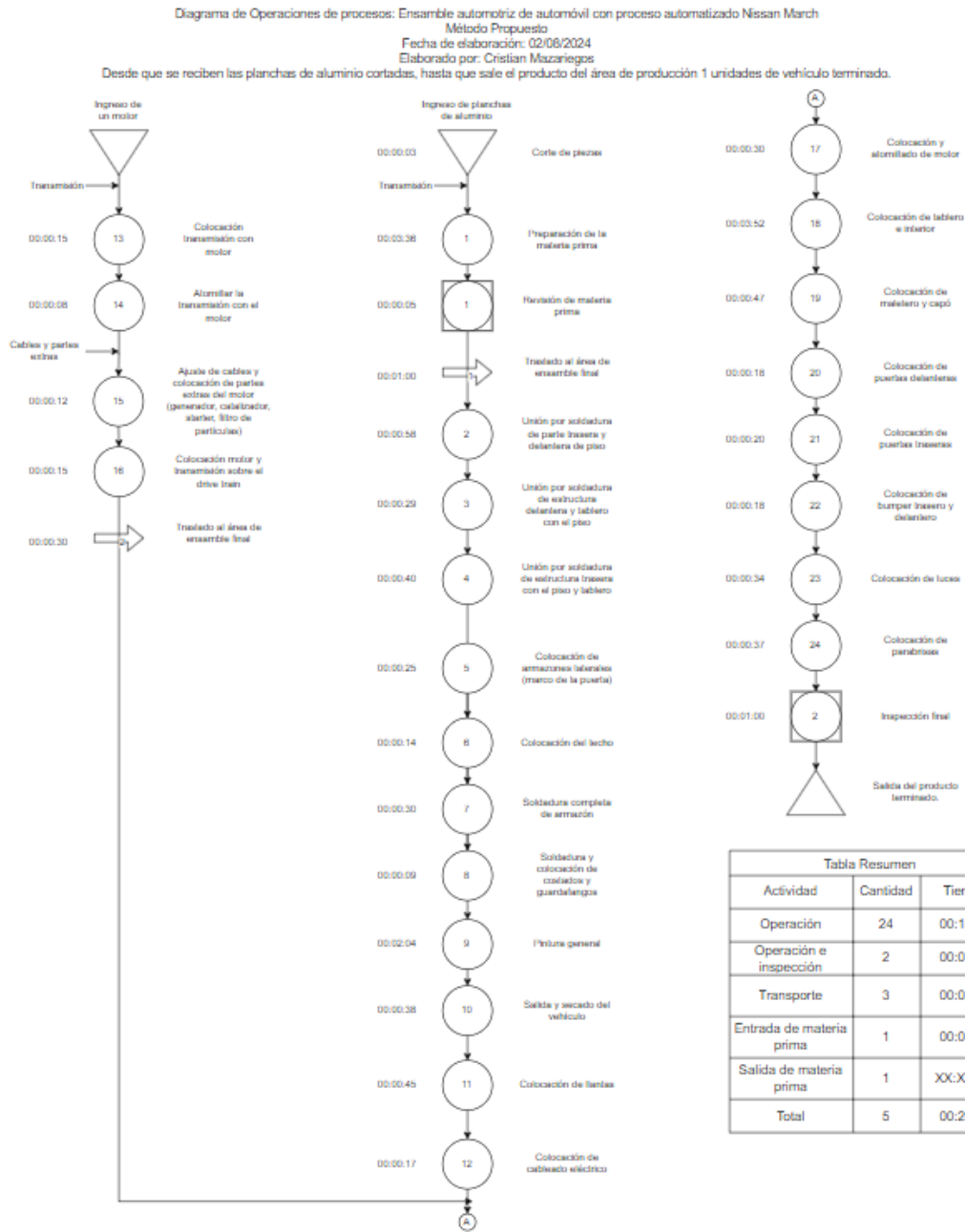
Al tener tanto las distribuciones estadísticas como los tiempos promedio para cada operación que se iba a integrar en el sistema de ensamblaje modular, se procedió a modificar el DOP del vehículo que se produce actualmente en la línea de ensamblaje tradicional, debido a que el proceso original no poseía el detalle del ensamble del drivetrain con el motor. En el caso del nuevo vehículo, se procedió a realizar un nuevo DOP involucrando las operaciones que poseen tiempos distintos en comparación con el vehículo que ya se produce y agregando también el flujo del proceso del ensamble del drivetrain con el motor.

Figura 57. Diagrama de operaciones de procesos para el vehículo 1 con el sistema de ensamblaje modular



Fuente: Elaboración propia

Figura 58. Diagrama de operaciones de procesos para el vehículo 2 con el sistema de ensamblaje modular.



Fuente: Elaboración propia

Al observar los DOP's realizados, podemos observar que el tiempo de procesamiento del Nissan Versa ahora es de 00:22:32 y el tiempo del Nissan March es de 00:20:58, ahora que se está tomando en cuenta los tiempos del módulo de ensamble de motor.

Los tiempos establecidos en el diagrama de operaciones de proceso, fueron utilizados para poder realizar un balance de líneas. El balance de líneas se realizó para poder distribuir todas las tareas u operaciones en una serie de estaciones de trabajo, de modo que ninguna de ellas reciba más de lo que puede realizar en su tiempo de ciclo y que el tiempo asignado o también conocido como tiempo inactivo, de todas las estaciones sea el mínimo. El balance de líneas se basó en el tiempo de ciclo disponible para la producción, el cual actualmente es de 24 horas. Debido a que se produjeron dos vehículos, se realizó un balance de líneas para cada tiempo de ciclo, el cual se dividió en 12 horas para la producción del Nissan Versa y 8 horas para la producción del Nissan March. A continuación se pueden observar las estaciones establecidas para ambos modelos de vehículo luego de realizar el balance de líneas y su respectivo tiempo inactivo.

Cuadro 73. Estación 1 de corte y preparación de materia prima - Vehículo 1.

Estación 1			
Tareas	Descripción	Tiempo	Tiempo Restante
A	Corte de piezas	237,04 - 3	234,04
B	Preparación de materia prima	234,04 - 216	18,04
C	Revisión de materia prima	18,04-5	13,04

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 74. Estación 2 de soldadura de la estructura del vehículo - Vehículo 1.

Estación 2			
Tareas	Descripción	Tiempo	Tiempo Restante
E	Unión por soldadura de parte trasera y delantera de piso	237,04 - 58	179,04
F	Unión por soldadura de estructura delantera y tablero con el piso	179,04-29	150,04
G	Unión por soldadura de la estructura trasera con el piso y tablero	150,04 - 40	110,04

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 75. Estación 3 de ensamblaje de carrocería y guardafangos - Vehículo 1.

Estación 3			
Tareas	Descripción	Tiempo	Tiempo Restante
H	Colocación de armazones laterales	237,04 - 29	208,04
I	Colocación de techo	208,04-36	172,04
J	Soldadura completa de armazón	172,04-35	137,04
K	Soldadura y colocación de costados y guardafangos	137,04 - 11	126,04

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 76. Estación 4 de pintura y secado - Vehículo 1.

Estación 4			
Tareas	Descripción	Tiempo	Tiempo Restante
L	Pintura General	237,04-124	113,04
M	Salida y Secado	113,04 - 38	75,04

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 77. Estación 5 de ensamblaje del Drivetrain y motor - Vehículo 1.

Estación 5			
Tareas	Descripción	Tiempo	Tiempo Restante
P	Colocación de transmisión con motor	237,04 - 15	222,04
Q	Atornillar la transmisión con el motor	222,04 - 8	214,04
R	Ajuste de cables y colocación de partes extras del motor	214,04 - 12	202,04
S	Colocación de motor, transmisión sobre el drive train	202,04 - 15	187,04

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 78. Estación 6 de ensamblaje de componentes externos y eléctricos - Vehículo 1.

Estación 6			
Tareas	Descripción	Tiempo	Tiempo Restante
N	Colocación de llantas	237,04 - 45	192,04
O	Colocación de cableado eléctrico	192,04 - 17	175,04
U	Colocación y atornillado de motor	175,04 - 30	145,04
W	Colocación de maletero y capó	145,04 - 47	98,04
X	Colocación de puertas delanteras	98,04 - 18	80,04
Y	Colocación de puertas traseras	80,04 - 20	60,04
Z	Colocación de bumper trasero y delantero	60,04 - 18	42,04
AA	Colocación de luces	42,04 - 34	8,04

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 79. Estación 7 de colocación de tablero e interior - Vehículo 1.

Estación 7			
Tareas	Descripción	Tiempo	Tiempo Restante
V	Colocación de tablero e interior	237,04 - 232	5,04

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 80. Estación 8 instalación de parabrisas e inspección final - Vehículo 1.

Estación 8			
Tareas	Descripción	Tiempo	Tiempo Restante
AB	Colocación de parabrisas	237,04 - 37	200,04
AC	Inspección final	200,04 - 60	140,04

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 81. Estación 1 de corte y preparación de materia prima - Vehículo 2

Estación 1			
Tareas	Descripción	Tiempo	Tiempo Restante
A	Corte de piezas	234,15 - 3	231,15
B	Preparación de materia prima	231,715 - 216	15,15
C	Revisión de materia prima	15,15 - 5	10,15

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 82. Estación 2 de soldadura de la estructura del vehículo - Vehículo 2.

Estación 2			
Tareas	Descripción	Tiempo	Tiempo Restante
E	Unión por soldadura de parte trasera y delantera de piso	234,15 - 58	176,15
F	Unión por soldadura de estructura delantera y tablero con el piso	176,15-29	147,15
G	Unión por soldadura de la estructura trasera con el piso y tablero	147,15 - 40	107,15

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 83. Estación 3 de ensamblaje de carrocería y guardafangos - Vehículo 2.

Estación 3			
Tareas	Descripción	Tiempo	Tiempo Restante
H	Colocación de armazones laterales	234,15- 25	209,15
I	Colocación de techo	205,15-14	195,15
J	Soldadura completa de armazón	195,15 - 30	165,15
K	Soldadura y colocación de costados y guardafangos	165,15-9	156,15

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 84. Estación 4 de pintura y secado - Vehículo 2.

Estación 4			
Tareas	Descripción	Tiempo	Tiempo Restante
L	Pintura General	234,15-124	110,15
M	Salida y Secado	110,15 - 38	72,15

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 85. Estación 5 de ensamblaje del Drivetrain y motor - Vehículo 2.

Estación 5			
Tareas	Descripción	Tiempo	Tiempo Restante
P	Colocación de transmisión con motor	234,15-15	219,15
Q	Atornillar la transmisión con el motor	219,15 - 8	211,15
R	Ajuste de cables y colocación de partes extras del motor	211,15 - 12	199,15
S	Colocación de motor, transmisión sobre el drive train	199,15 - 15	184,15

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 86. Estación 6 de ensamblaje de componentes externos y eléctricos - Vehículo 2.

Estación 6			
Tareas	Descripción	Tiempo	Tiempo Restante
N	Colocación de llantas	234,15 - 45	189,15
O	Colocación de cableado eléctrico	189,15 - 17	172,15
U	Colocación y atornillado de motor	172,15 - 30	142,15
W	Colocación de maletero y capó	142,15 - 47	95,15
X	Colocación de puertas delanteras	95,15 - 18	77,15
Y	Colocación de puertas traseras	77,15 - 20	57,15
Z	Colocación de bumper trasero y delantero	57,15- 18	39,15
AA	Colocación de luces	39,15 - 34	5,15

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 87. Estación 7 de colocación de tablero e interior - Vehículo 2.

Estación 7			
Tareas	Descripción	Tiempo	Tiempo Restante
V	Colocación de tablero e interior	234,15- 232	2,15

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 88. Estación 8 instalación de parabrisas e inspección final - Vehículo 2.

Estación 8			
Tareas	Descripción	Tiempo	Tiempo Restante
AB	Colocación de parabrisas	234,15 - 37	197,15
AC	Inspección final	197,15 - 60	137,15

Fuente: Elaboración propia

La distribución del tiempo de ciclo se realizó en base a la comparación del margen de contribución de cada vehículo, asumiendo que ambos tendrán el mismo costo unitario. Para ello, se investigaron los precios de venta promedio en el año 2017 para ambos modelos de vehículos, en donde el Nissan Versa tenía un precio de venta de Q.105,729.30 y el Nissan March Q. 80,435.60 (Nissan México, 2017).

Cuadro 89. Análisis margen de contribución unitario vehículo 1.

Nissan Versa	
Precio de venta	Q 105,729.30
Costo unitario	Q 65,609.05
Margen de contribución unitario	Q 40,120.25
Porcentaje margen	38%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 90. Análisis margen de contribución unitario vehículo 2.

Nissan March	
Precio de venta	Q 80,435.60
Costo unitario	Q 65,609.05
Margen de contribución unitario	Q 14,826.55
Porcentaje margen	18%

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, debido a que el Nissan Versa posee un mayor margen de contribución, se decidió asignar $\frac{2}{3}$ del tiempo de ciclo disponible para la producción, para producir exclusivamente este modelo de vehículo. Al analizar el margen de contribución unitario del Nissan March, podemos observar que es mucho menor que el Nissan Versa, con una diferencia porcentual de 20%, por lo que a este modelo se le asignó únicamente $\frac{1}{3}$ del tiempo de ciclo disponible para la producción.

Por medio del balance de líneas previamente realizado, también se identificó la cantidad de personas y maquinaria necesaria para poder cumplir con la producción diaria que se había establecido anteriormente que eran aproximadamente 8096 vehículos al mes y 368 vehículos al día.

Cuadro 91. Maquinaria necesaria para la implementación del sistema de ensamblaje modular.

Proceso	Nombre máquina	Precio de compra	Número de máquinas
Brazo soldador	CRP-RH-18-20W	Q. 140.354,60	12
Brazo robótico para levantar piezas liviano	Kuka KR 120 R2700-2	Q. 176,274.35	16
Brazo robótico para levantar piezas pesado	KR 1000 L750 titan	Q. 293,836.63	8
Booth de pintura para automóviles	Target TG-70B	Q. 46,417.30	1
Grúa para colocación transmisión, ensamble motor y atornillado motor	Electric Chain hoist Abus LS Floor mounted Jib Crane	Q. 77,362.17	3
Compresor	12L/30L/60L Oil free silent	Q. 3,040.33	5
Lift para colocar las llantas	Ratio LIFT AM	Q. 61,889.74	2

Proceso	Nombre máquina	Precio de compra	Número de máquinas
AMR (Autonomous Mobile Robot)	iFollow iL-1000	Q. 69,625.95	10
Banda Transportadora	HONG'S BELT HS-1800G	Q.2777.30	10
Transporte	No indicado	Q. 3,119.92	20

Fuente: Elaboración propia

Al analizar las diferentes estaciones de trabajo establecidas por medio del balance de líneas, se planteó la cantidad de personas que serían necesarias para asegurar que el proceso de producción de carros se realizará de manera correcta. En el listado de operarios, se tomaron en consideración únicamente los operarios que se desarrollan directamente en el área de producción y no en el área administrativa, asimismo se consideró que en las operaciones de “Corte de Piezas” e “Inspección Final” se estarán desarrollando supervisores para la realización de las mismas.

Cuadro 92. Operarios del área de producción del sistema de ensamblaje modular

Operación	Número de operarios
Corte de piezas	32 (3 supervisores)
Preparación de materia prima	1
Revisión de materia prima	1
Unión por soldadura de parte trasera y delantera de piso	0
Unión por soldadura de estructura delantera y tablero con el piso	0
Unión por soldadura de la estructura trasera con el piso y tablero	0
Colocación de armazones laterales	0
Colocación de techo	0

Operación	Número de operarios
Soldadura completa de armazón	0
Soldadura y colocación de costados y guardafangos	0
Pintura general	0
Salida y secado	0
Colocación de llantas	0
Colocación de cableado eléctrico	1
Colocación de transmisión con motor	2
Atornillar la transmisión con el motor	1
Ajuste de cables y colocación de partes extras del motor	2
Colocación de motor, transmisión sobre el drivetrain	3
Colocación y atornillado de motor	1
Colocación de tablero e interior	4
Colocación de maletero y capó	0
Colocación de puertas delanteras	0
Colocación de puertas traseras	0
Colocación de bómper trasero y delantero	0
Colocación de luces	2
Colocación de parabrisas	0
Inspección final	1 (supervisor)
Total operarios	51

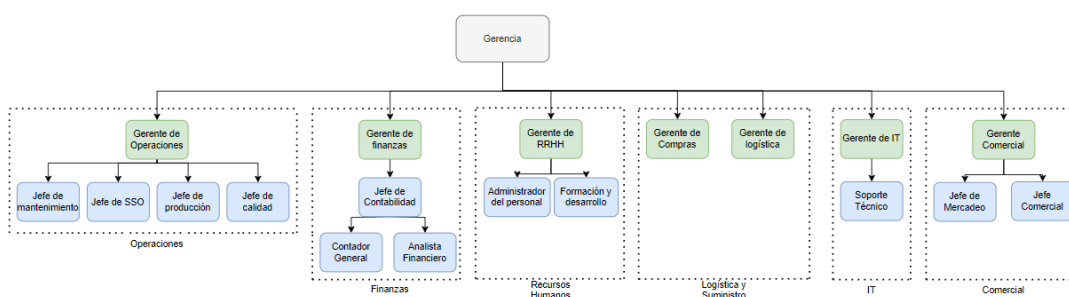
Fuente: Elaboración propia

Para un análisis de inversión completo, es necesario considerar tanto el personal operativo, previamente establecido, como el personal administrativo. Con el fin de asegurar una operación eficiente en la planta de producción, se determinó la cantidad de personas necesarias para los diferentes cargos administrativos y se elaboró un organigrama que muestra las áreas administrativas clave. Estas áreas, esenciales para garantizar el funcionamiento idóneo de la planta, incluyen:

- Operaciones
- Finanzas
- Recursos Humanos
- Logística y suministro
- IT
- Comercial

Dicho organigrama refleja las estructuras necesarias para asegurar el éxito de la planta de producción en caso de implementarse en la vida real.

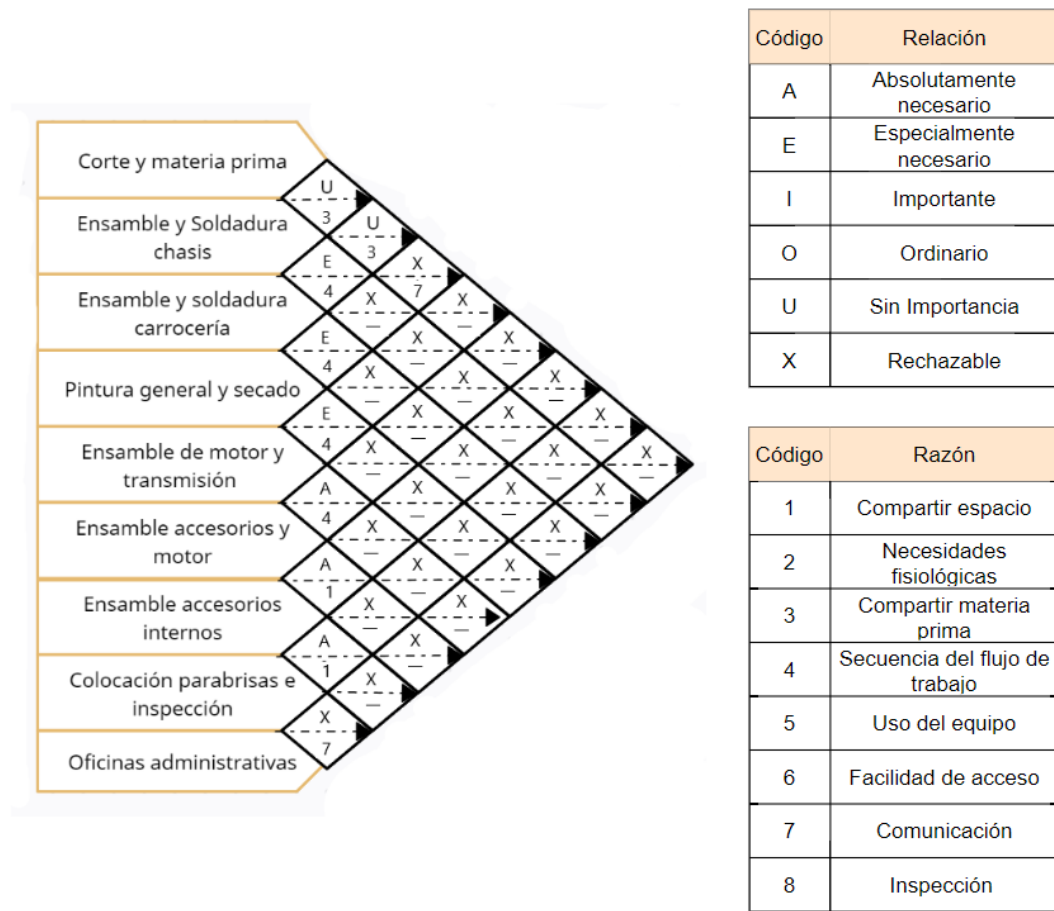
Figura 59. Organigrama área administrativa plan de producción de automóviles



Fuente: Elaboración propia

Se elaboró un diagrama de Muther con el objetivo de visualizar y determinar las interrelaciones entre estas áreas clave. Este diagrama resultó fundamental para optimizar el diseño del layout de la planta, ya que permitió no solo identificar qué tan cerca deberían estar las estaciones y departamentos entre sí, sino también establecer una jerarquía de prioridades basada en criterios operacionales y de eficiencia. De esta manera, el diagrama ayudó a minimizar los tiempos de desplazamiento, mejorar el flujo de materiales y personas, y garantizar una distribución lógica y funcional del espacio. Además, facilitó la toma de decisiones estratégicas al momento de definir la ubicación de áreas críticas, como las estaciones de trabajo modulares en la línea de ensamblaje de vehículos, potenciando la integración y la eficiencia en el proceso productivo.

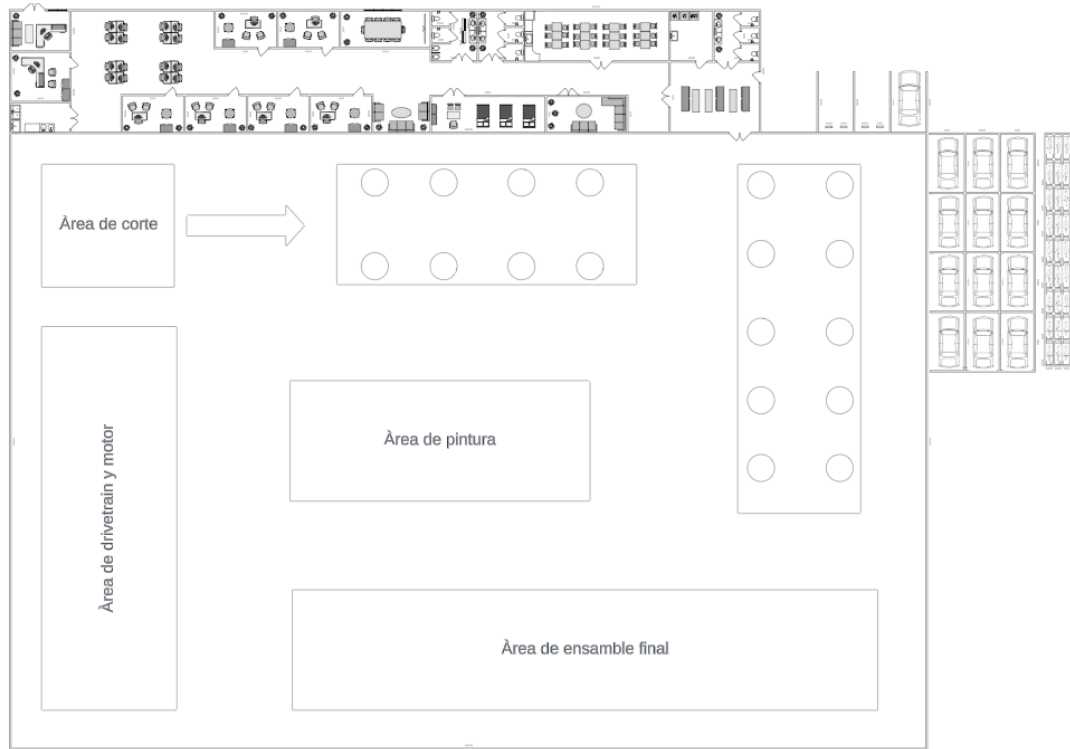
Figura 60. Diagrama de Muther.



Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado el diagrama de Muther, y analizado las relaciones que existían entre cada área de trabajo identificada, se procedió a realizar un bosquejo del layout de la planta de producción de automóviles, tomando en cuenta los procesos que se iban a modularizar para poder llegar a producir dos vehículos en una misma línea. Este bosquejo se realizó por medio de la aplicación de Lucid Chart.

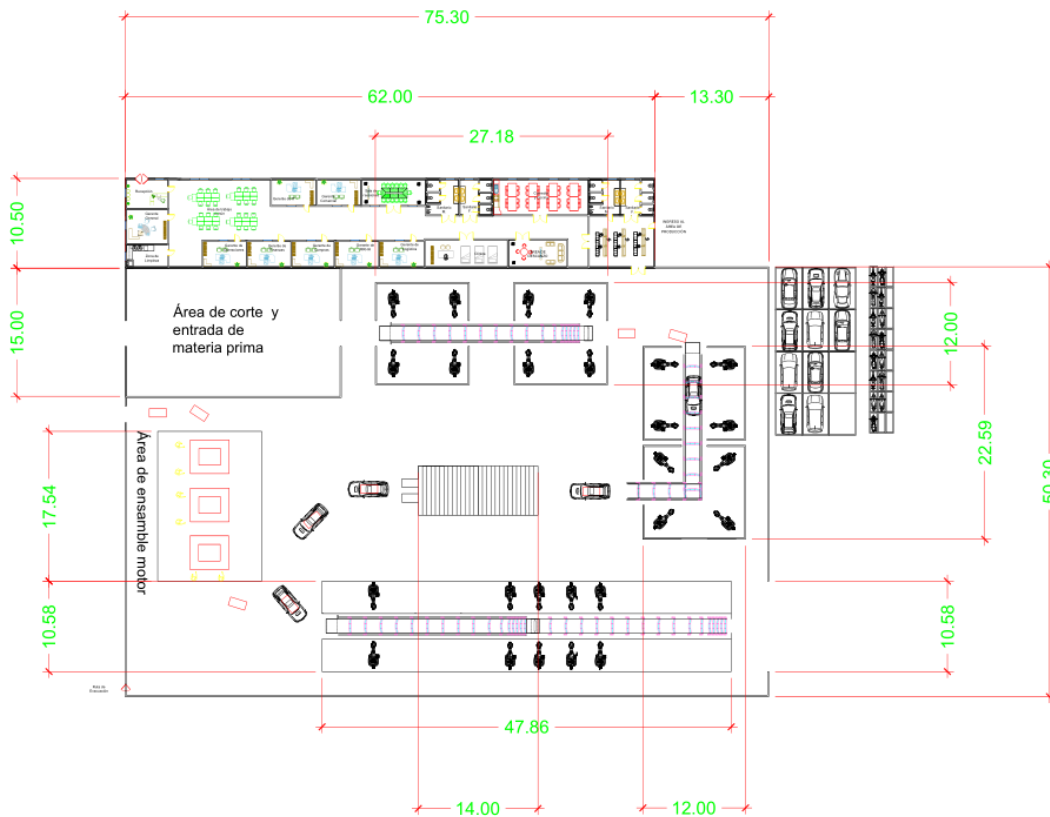
Figura 61. Bosquejo Layout planta de producción de automóviles con un sistema de ensamblaje modular.



Fuente: Elaboración propia

Una vez validadas las medidas tanto para el área de producción, como para el área de las oficinas administrativas, se procedió a trasladar el bosquejo del layout a la aplicación de AutoCAD para poder realizar el layout final de la planta de producción, en donde se iba a estar desarrollando la producción de automóviles por medio del sistema de ensamblaje modular. Para el layout se tomó como base las medidas de la planta producida previamente realizada por parte del Ingeniero Luis Diego Romero, en donde el área de producción tenía una medida aproximada de 75 X 50 m.

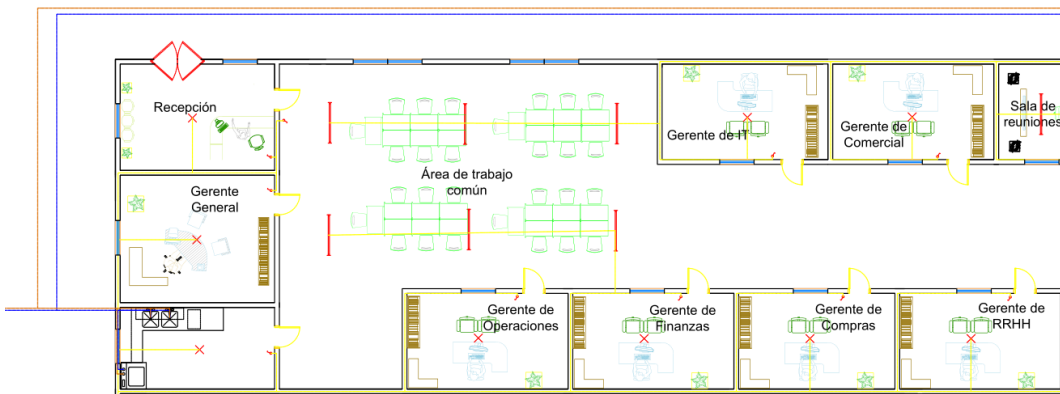
Figura 62. Layout planta de producción de automóviles con un sistema de ensamblaje modular.



Fuente: Elaboración propia

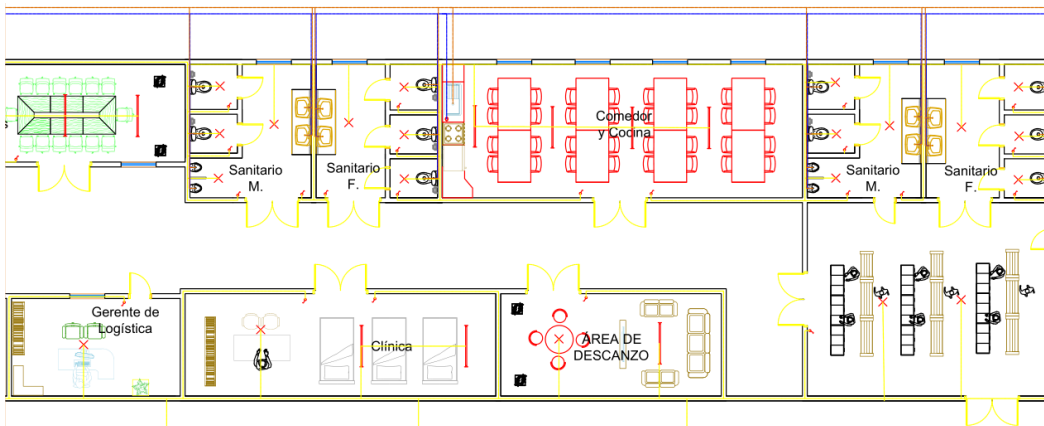
Debido a que en el nuevo layout se tomaron en consideración aspectos como las oficinas administrativas, se incorporaron los lineamientos que establece la ley de Guatemala, como la cantidad de baños por número de colaboradores y la cantidad de salidas de emergencia según el tamaño de la operación. Además de estos requisitos normativos, se prestó especial atención a la infraestructura eléctrica y de suministro de agua en las áreas administrativas. Se incluyó un sistema de distribución eléctrica que garantiza un suministro estable y eficiente, tanto para las oficinas como para el área de producción, asegurando un ambiente adecuado para el personal administrativo y en cuanto al agua, se contempló solo la instalación de baños, asumiendo que el suministro del agua potable y el tratamiento de aguas negras las realiza la municipalidad.

Figura 63. Sección 1 Área de oficinas con iluminación y agua potable.



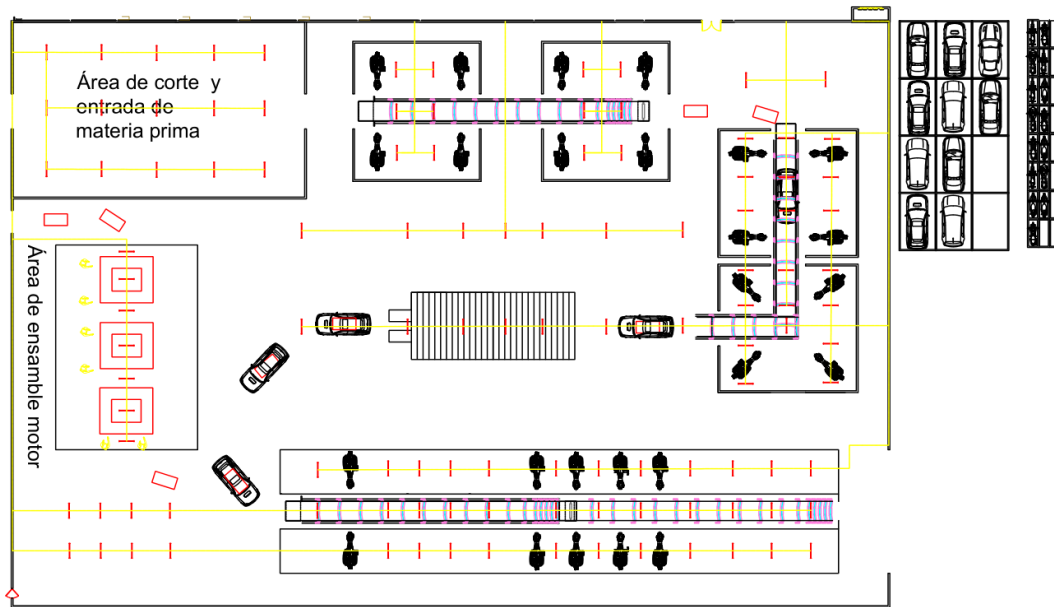
Fuente: Elaboración propia

Figura 64. Sección 2: Área de oficinas con iluminación y agua potable.



Fuente: Elaboración propia

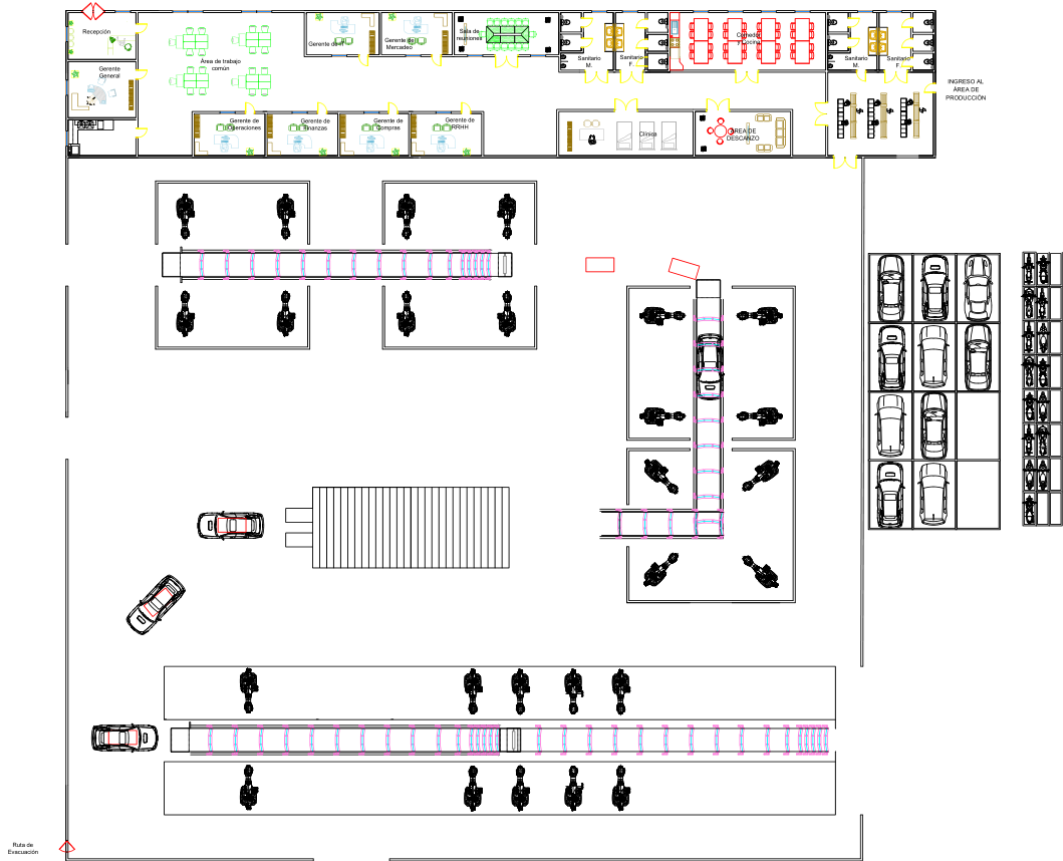
Figura 65. Área de producción con iluminación.



Fuente: Elaboración propia

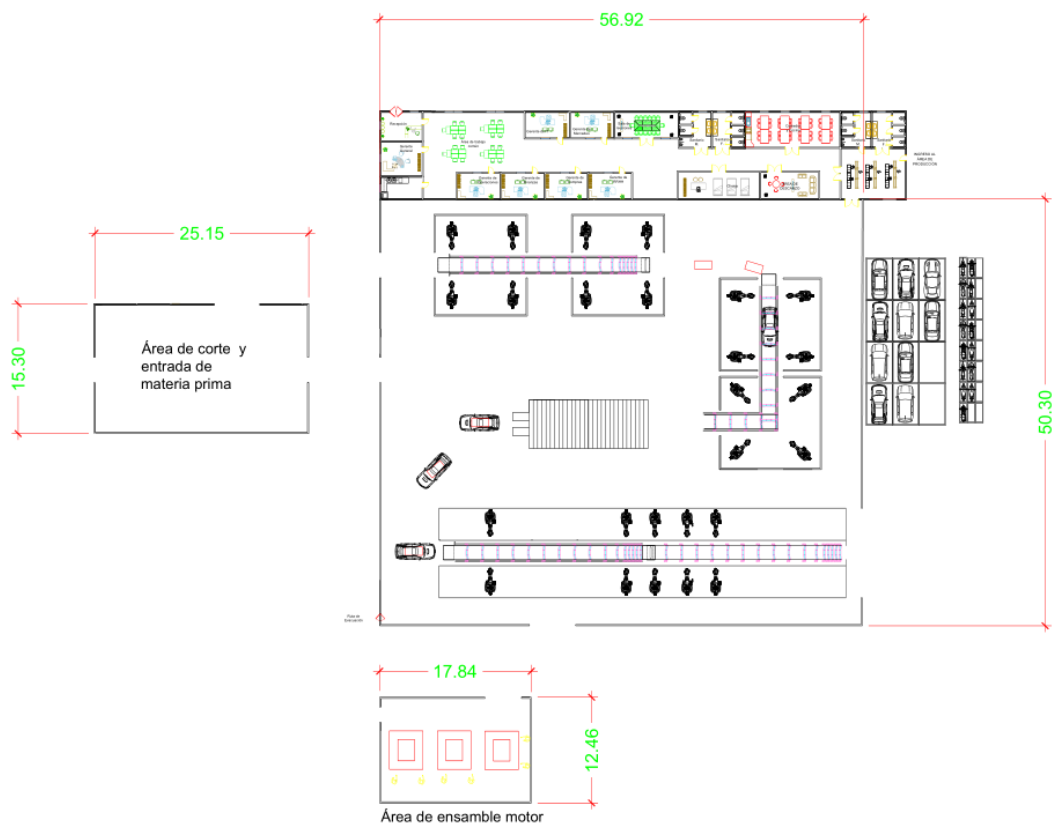
Al analizar el layout de la planta, se identificó un uso ineficiente del espacio disponible, lo que generaba un aprovechamiento deficiente de los recursos y un mayor consumo energético debido al uso de más lámparas LED de las necesarias. Ante esta observación, se propuso una alternativa al diseño mediante la externalización de áreas clave, como el ensamble del motor y el corte de materia prima, ubicándolas en espacios separados de la línea principal de producción. Estas áreas pueden integrarse de forma eficiente utilizando un sistema de ensamble modular. Esta solución no solo optimiza el uso del espacio, sino que también permite tratar cada una de estas áreas como módulos independientes dentro del proceso de fabricación. En particular, las áreas como la de ensamble del drivetrain con motor y el área de corte de materia prima se configuraron como un módulo clave dentro del sistema de ensamble modular de vehículos, mejorando la flexibilidad y eficiencia del proceso productivo.

Figura 66. Layout optimizado propuesto planta de producción de automóviles.



Fuente: Elaboración propia

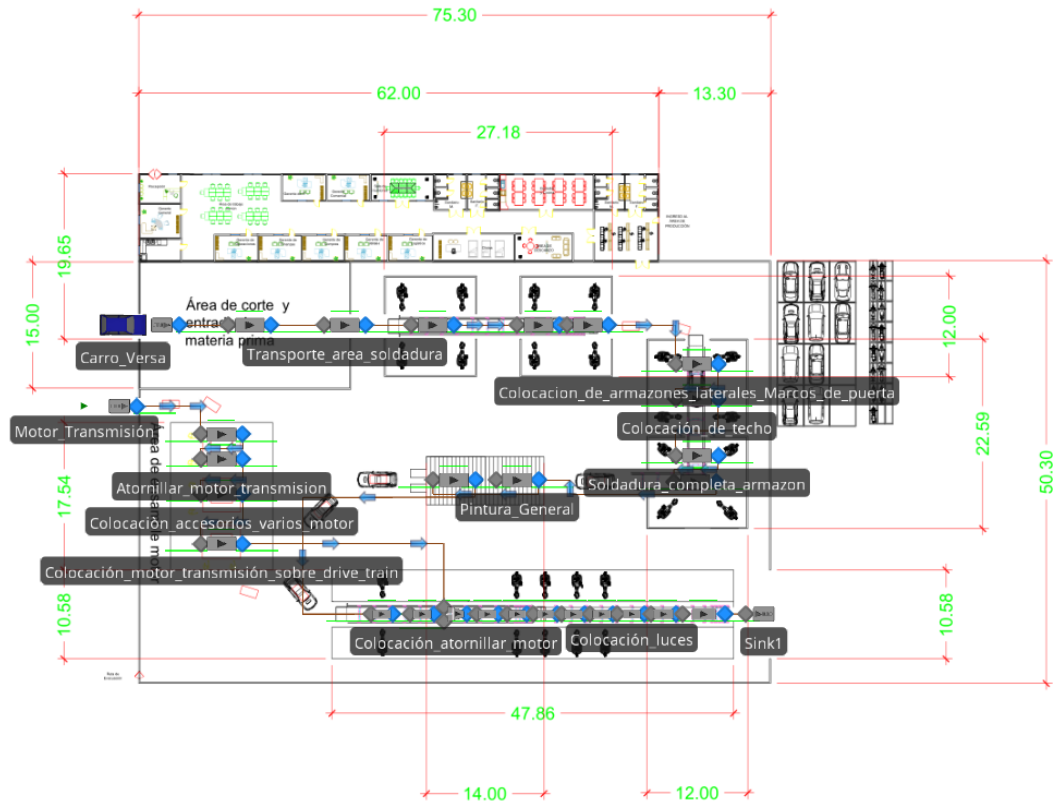
Figura 67. Layout optimizado propuesto planta de producción de automóviles con un sistema de ensamblaje modular.



Fuente: Elaboración propia

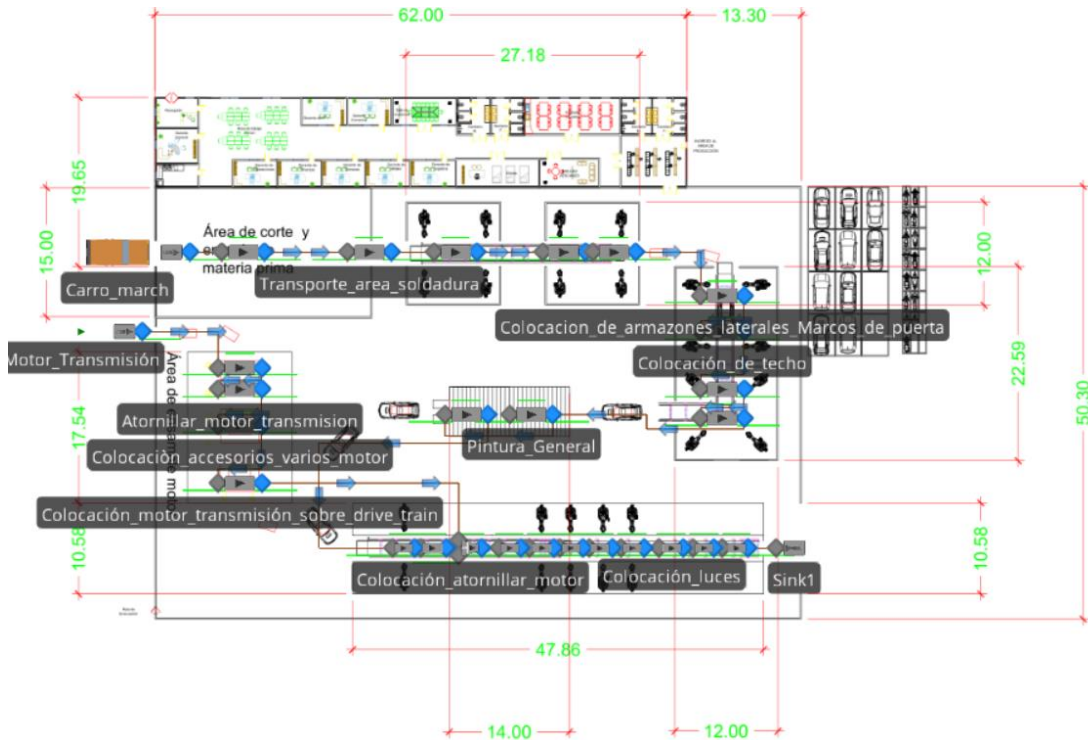
Luego de recopilar toda la información previamente presentada como los tiempos del DOP, distribuciones estadísticas por medio de Input Analyzer, áreas y estaciones de trabajo modulares y el layout, se procedió a realizar la simulación del proceso de producción de automóviles con el sistema de ensamblaje modular utilizando el software de simulación de SIMIO. Se optó por realizar la simulación de los dos vehículos de manera separada para poder observar de manera individual si había existencia de algún cuello de botella y si se producían las unidades planteadas en el balance de líneas.

Figura 68. Simulación proceso de producción con sistema de ensamblaje modular vehículo 1.



Fuente: Elaboración propia

Figura 69. Simulación proceso de producción con sistema de ensamblaje modular vehículo 2.



Fuente: Elaboración propia

Se realizaron simulaciones siguiendo la distribución de turnos establecida en el balance de líneas. Para la producción del Nissan Versa, la simulación se ejecutó durante 16 horas (2 turnos), mientras que para el Nissan March fue de 7 horas (1 turno), debido a que se tomó como supuesto, que el tiempo cambio de configuración para la producción del Nissan March es de una hora. La estimación está basada en el análisis detallado que se presentó en el documento sobre la aplicación de la metodología SMED aplicada a la industria automotriz en donde se puede destacar la reducción del tiempo de configuración mediante la implementación de mecanismos estandarizados en los procesos de configuración de las máquinas, similar al contexto de mi trabajo de graduación. (Vieira et al., 2020)

Se llevaron a cabo dos series de simulaciones: la primera sin resolver el cuello de botella en la operación de colocación de tablero e interior, y la segunda con una modificación para duplicar la capacidad del servidor.

Cuadro 93. Análisis del proceso productivo del vehículo 1 antes y después de resolver el cuello de botella.

	Producción Nissan Versa (Vehículo 1)	
	Sin resolver el cuello de botella (unidades)	Cuello de botella resuelto (unidades)
Unidades generadas	267	267
Unidades terminadas	244	261

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 94. Análisis del proceso productivo del vehículo 2 antes y después de resolver el cuello de botella.

	Producción Nissan March (Vehículo 2)	
	Sin resolver el cuello de botella (unidades)	Cuello de botella resuelto (unidades)
Unidades generadas	117	117
Unidades terminadas	104	111

Fuente: Elaboración propia

Por medio de las tablas presentadas anteriormente, podemos darnos cuenta de que al momento de duplicar la capacidad del servidor que posea el cuello de botella, se logra obtener más unidades terminadas de vehículos, en promedio un 6.85% más unidades, significando una mayor eficiencia del proceso productivo.

Las simulaciones nos permitieron validar y determinar la capacidad de producción que posee la planta de automóviles al momento que se producen 2 carros en una misma línea por medio de un sistema de ensamblaje modular, la cual luego de las modificaciones y ajustes a los cuellos de botella es de 372 carros al día.

Ahora bien, el resolver el cuello de botella en la operación de la colocación del tablero e interior, significo duplicar la capacidad del proceso, lo que se tradujo, en relación a la cantidad de mano de obra, aumentar de 4 operarios a 8. Este cambio generó un aumento en la cantidad de operarios totales en el área de producción, de 51 operarios a 55, tal como se puede observar en

Cuadro 95. Operarios del área de producción del sistema de ensamblaje modular luego de resolver el cuello de botella

Operación	Número de operarios
Corte de piezas	32 (3 supervisores)
Preparación de materia prima	1
Revisión de materia prima	1
Unión por soldadura de parte trasera y delantera de piso	0
Unión por soldadura de estructura delantera y tablero con el piso	0
Unión por soldadura de la estructura trasera con el piso y tablero	0
Colocación de armazones laterales	0
Colocación de techo	0
Soldadura completa de armazón	0
Soldadura y colocación de costados y guardafangos	0
Pintura general	0
Salida y secado	0
Colocación de llantas	0
Colocación de cableado eléctrico	1
Colocación de transmisión con motor	2
Atornillar la transmisión con el motor	1
Ajuste de cables y colocación de partes extras del motor	2

Operación	Número de operarios
Colocación de motor, transmisión sobre el drivetrain	3
Colocación y atornillado de motor	1
Colocación de tablero e interior	8
Colocación de maletero y capó	0
Colocación de puertas delanteras	0
Colocación de puertas traseras	0
Colocación de bómper trasero y delantero	0
Colocación de luces	2
Colocación de parabrisas	0
Inspección final	1 (supervisor)
Total operarios	55

Fuente: Elaboración propia

7.3.4. Análisis de costos directos de los vehículos a producir en el proceso de ensamblaje modular

Para determinar la cantidad de materiales necesarios para la cantidad de carros que se estableció previamente por medio de la simulación de SIMIO, se realizó un MRP o también conocido como Materials Resource Planning, para cada uno de los vehículos.

Cuadro 96. MRP carrocería vehículo 1

Vehículo 1: Carrocería			
Material o pieza	Cantidad necesaria por unidad producida	Piezas necesarias para la producción diaria	Total mensual
Armazón lateral izquierdo	1	244	5368
Plancha de aluminio	1	244	5368
Bisagras	4	976	21472
Kit de tornillos	1	244	5368
Armazón lateral derecho	1	244	5368
Plancha de aluminio	1	244	5368
Bisagras	4	976	21472
Kit de tornillos	1	244	5368
Techo	1	244	5368
Plancha de aluminio	1	244	5368
Sellador	1	244	5368
Kit de tornillos	1	244	5368

Vehículo 1: Carrocería			
Material o pieza	Cantidad necesaria por unidad producida	Piezas necesarias para la producción diaria	Total mensual
Kit de tornillos	1	244	5368

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 97. MRP chasis vehículo 1.

Vehículo 1: Chasis			
Material o pieza	Cantidad necesaria por unidad producida	Piezas necesarias para la producción diaria	Total mensual
Piso superior o delantero	1	244	5368
Plancha de aluminio	1	244	5368
Piso inferior o trasero	1	244	5368
Plancha de aluminio	1	244	5368
Estructura delantera	1	244	5368
Plancha de aluminio	1	244	5368
Estructura del tablero	1	244	5368

Vehículo 1: Chasis			
Material o pieza	Cantidad necesaria por unidad producida	Piezas necesarias para la producción diaria	Total mensual
Plancha de aluminio	1	244	5368
Kit de tuercas	1	244	5368

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 98. MRP guardafangos y costados vehículo 1.

Vehículo 1: Guardafangos y Costados			
Material o pieza	Cantidad necesaria por unidad producida	Piezas necesarias para la producción diaria	Total mensual
Guardafangos derecho	1	244	5368
Plancha de aluminio	1	244	5368
Guardafangos izquierdo	1	244	5368
Plancha de aluminio	1	244	5368
Costado izquierdo	1	244	5368
Plancha de aluminio	1	244	5368
Costado derecho	1	244	5368

Vehículo 1: Guardafangos y Costados			
Material o pieza	Cantidad necesaria por unidad producida	Piezas necesarias para la producción diaria	Total mensual
Plancha de aluminio	1	244	5368
Kit de tornillos	1	244	5368

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 99. MRP baúl vehículo 1.

Vehículo 1: Baúl			
Material o pieza	Cantidad necesaria por unidad producida	Piezas necesarias para la producción diaria	Total mensual
Puerta	1	244	5368
Plancha de aluminio	1	244	5368
Bisagras	2	488	10736
Kit de tornillos	1	244	5368
Cerradura	1	244	5368
Manija de puerta de baúl	1	244	5368
Luz interna	1	244	5368
Kit de cableado	1	244	5368

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 100. MRP bómperes vehículo 1.

Vehículo 1: Bómperes			
Material o pieza	Cantidad necesaria por unidad producida	Piezas necesarias para la producción diaria	Total mensual
Bómpere delantero	1	244	5368
Plancha de aluminio	1	244	5368
Luces (Silvines)	2	488	10736
Bómpere trasero	1	244	5368
Plancha de aluminio	1	244	5368
Luces (Stops)	2	488	10736
Kit de tornillos	1	244	5368
Kit de cableado	1	244	5368

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 101. MRP interior vehículo 1.

Vehículo 1: Interior			
Material o pieza	Cantidad necesaria por unidad producida	Piezas necesarias para la producción diaria	Total mensual
Panel de instrumentos	1	244	5368
Timón	1	244	5368
Palanca de cambios	1	244	5368
Parabrisas	2	488	10736
Asientos	5	1220	26840
Cinturones de seguridad	5	1220	26840
Espejo retrovisor	1	244	5368
Kit de tornillos	1	244	5368
Kit de cuero interior	1	244	5368

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 102. MRP puertas delanteras vehículo 1.

Vehículo 1: Puertas delanteras			
Material o pieza	Cantidad necesaria por unidad producida	Piezas necesarias para la producción diaria	Total mensual
Panel Interno	2	488	10736

Vehículo 1: Puertas delanteras			
Material o pieza	Cantidad necesaria por unidad producida	Piezas necesarias para la producción diaria	Total mensual
Plancha de aluminio	2	488	10736
Panel externo	2	488	10736
Plancha de aluminio	2	488	10736
Manijas	4	976	21472
Sellantes	2	488	10736
Ventanas	2	488	10736
Vidrio ventana	2	488	10736
Motor eléctrico	1	244	5368
Kit de cables eléctricos	1	244	5368
Cerradura de puertas	2	488	10736
Sistema de bloqueo	2	488	10736
Bisagras	2	488	10736
Retrovisores	2	488	10736
Kit de tornillos	1	244	5368

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 103. MRP puertas traseras vehículo 1.

Vehículo 1: Puertas traseras			
Material o pieza	Cantidad necesaria por unidad producida	Piezas necesarias para la producción diaria	Total mensual
Panel Interno	2	488	10736
Plancha de aluminio	2	488	10736
Panel externo	2	488	10736
Plancha de aluminio	2	488	10736
Manijas	4	976	21472
Sellantes	2	488	10736
Ventanas	2	488	10736
Vidrio ventana	2	488	10736
Motor eléctrico	1	244	5368
Kit de cables eléctricos	1	244	5368
Cerradura de puertas	2	488	10736
Sistema de bloqueo	2	488	10736
Bisagras	2	488	10736
Kit de tornillos	1	244	5368

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 104. MRP capo vehículo 1.

Vehículo 1: Capo			
Material o pieza	Cantidad necesaria por unidad producida	Piezas necesarias para la producción diaria	Total mensual
Puerta capo	1	244	5368
Plancha de aluminio	1	244	5368
Bisagras	2	488	10736
Kit de tornillos	1	244	5368
Soportes plásticos	2	488	10736

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 105. MRP Drivetrain y motor vehículo 1.

Vehículo 1: DriveTrain y motor			
Material o pieza	Cantidad necesaria por unidad producida	Piezas necesarias para la producción diaria	Total mensual
Motor	1	244	5368
Suspensión	1	244	5368
Amortiguadores	4	488	10736
Resortes	4	976	21472
Puntuales	4	976	21472
Ejes de llantas	4	976	21472

Vehículo 1: DriveTrain y motor			
Material o pieza	Cantidad necesaria por unidad producida	Piezas necesarias para la producción diaria	Total mensual
Ejes	4	976	21472
Vigas de ejes	2	488	10736
Dirección	1	244	5368
Ruedas	1	244	5368
Aros	4	976	21472
Llantas	4	976	21472
Frenos	4	976	21472
Chuchos	24	5856	128832
Transmisión	1	244	5368
Kit de componentes motor	1	244	5368
Kit de tornillos	1	244	5368

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 106. MRP carrocería vehículo 2.

Vehículo 2: Carrocería			
Material o pieza	Cantidad necesaria por unidad producida	Piezas necesarias para la producción diaria	Total mensual
Armazón lateral izquierdo	1	111	2442
Plancha de aluminio	1	111	2442
Bisagras	4	444	9768
Kit de tornillos	1	111	2442
Armazón lateral derecho	1	111	2442
Plancha de aluminio	1	111	2442
Bisagras	4	444	9768
Kit de tornillos	1	111	2442
Techo	1	111	2442
Plancha de aluminio	1	111	2442
Sellador	1	111	2442
Kit de tornillos	1	111	2442
Kit de tornillos	1	111	2442

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 107. MRP chasis vehículo 2.

Vehículo 2: Chasis			
Material o pieza	Cantidad necesaria por unidad producida	Piezas necesarias para la producción diaria	Total mensual
Piso superior o delantero	1	111	2442
Plancha de aluminio	1	111	2442
Piso inferior o trasero	1	111	2442
Plancha de aluminio	1	111	2442
Estructura delantera	1	111	2442
Plancha de aluminio	1	111	2442
Estructura del tablero	1	111	2442
Plancha de aluminio	1	111	2442
Kit de tuercas	1	111	2442

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 108. MRP guardafangos y costados vehículo 2.

Vehículo 2: Guardafangos y costados			
Material o pieza	Cantidad necesaria por unidad producida	Piezas necesarias para la producción diaria	Total mensual
Guardafangos derecho	1	111	2442
Plancha de aluminio	1	111	2442
Guardafangos izquierdo	1	111	2442
Plancha de aluminio	1	111	2442
Costado izquierdo	1	111	2442
Plancha de aluminio	1	111	2442
Costado derecho	1	111	2442
Plancha de aluminio	1	111	2442
Kit de tornillos	1	111	2442

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 109. MRP baúl vehículo 2.

Vehículo 2: Baúl			
Material o pieza	Cantidad necesaria por unidad producida	Piezas necesarias para la producción diaria	Total mensual
Puerta	1	111	2442
Plancha de aluminio	1	111	2442
Bisagras	2	222	4884
Kit de tornillos	1	111	2442
Cerradura	1	111	2442
Manija de puerta de baúl	1	111	2442
Luz interna	1	111	2442
Kit de cableado	1	111	2442

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 110. MRP b6mperes veh6culo 2.

Veh6culo 2: B6mperes			
Material o pieza	Cantidad necesaria por unidad producida	Piezas necesarias para la producci6n diaria	Total mensual
B6mper delantero	1	111	2442
Plancha de aluminio	1	111	2442
Luces (Silvines)	2	222	4884
B6mper trasero	1	111	2442
Plancha de aluminio	1	111	2442
Luces (stops)	2	222	4884
Kit de tornillos	1	111	2442
Kit de cableado	1	111	2442

Fuente: Elaboraci6n propia

Cuadro 111. MRP interior vehículo 2.

Vehículo 2: Interior			
Material o pieza	Cantidad necesaria por unidad producida	Piezas necesarias para la producción diaria	Total mensual
Panel de instrumentos	1	111	2442
Timón	1	111	2442
Palanca de cambios	1	111	2442
Parabrisas	2	222	4884
Asientos	5	555	12210
Cinturones de seguridad	5	1220	12210
Espejo retrovisor	1	111	2442
Kit de tornillos	1	111	2442
Kit de cuero interior	1	111	2442

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 112. MRP puertas delanteras vehículo 2.

Vehículo 2: Puertas delanteras			
Material o pieza	Cantidad necesaria por unidad producida	Piezas necesarias para la producción diaria	Total mensual
Panel interno	2	222	4884
Plancha de aluminio	2	222	4884
Panel externo	2	222	4884
Plancha de aluminio	2	222	4884
Manijas	4	444	9768
Sellantes	2	222	4884
Ventanas	2	222	4884
Vidrio ventana	2	222	4884
Motor eléctrico	1	111	2442
Kit de cables eléctricos	1	111	2442
Cerradura de puertas	2	222	4884
Sistema de bloqueo	2	222	4884
Bisagras	2	222	4884
Retrovisores	2	222	4884
Kit de tornillos	1	111	2442

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 113. MRP puertas traseras vehículo 2.

Vehículo 2: Puertas traseras			
Material o pieza	Cantidad necesaria por unidad producida	Piezas necesarias para la producción diaria	Total mensual
Panel interno	2	222	4884
Plancha de aluminio	2	222	4884
Panel externo	2	222	4884
Plancha de aluminio	2	222	4884
Manijas	4	444	9768
Sellantes	2	222	4884
Ventanas	2	222	4884
Vidrio ventana	2	222	4884
Motor eléctrico	1	111	2442
Kit de cables eléctricos	1	111	2442
Cerradura de puertas	2	222	4884
Sistema de bloqueo	2	222	4884
Bisagras	2	222	4884
Kit de tornillos	1	111	2442

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 114. MRP capo vehículo 2.

Vehículo 2: Capo			
Material o pieza	Cantidad necesaria por unidad producida	Piezas necesarias para la producción diaria	Total mensual
Puerta capo	1	111	2442
Plancha de aluminio	1	111	2442
Bisagras	2	222	4884
Kit de tornillos	1	111	2442
Soportes plásticos	2	222	4884

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 115. MRP Drivetrain y motor vehículo 2.

Vehículo 2: DriveTrain y motor			
Material o pieza	Cantidad necesaria por unidad producida	Piezas necesarias para la producción diaria	Total mensual
Motor	1	111	2442
Suspensión	1	111	2442
Amortiguadores	4	444	9768
Resortes	4	444	9768

Vehículo 2: DriveTrain y motor			
Material o pieza	Cantidad necesaria por unidad producida	Piezas necesarias para la producción diaria	Total mensual
Puntuales	4	444	9768
Ejes de llantas	4	444	9768
Ejes	4	444	9768
Vigas de ejes	2	222	4884
Dirección	1	111	2442
Ruedas	1	111	2442
Aros	4	444	9768
Llantas	4	444	9768
Frenos	4	444	9768
Chuchos	24	2664	58608
Transmisión	1	111	2442
Kit de componentes motor	1	111	2442
Kit de tornillos	1	111	2442

Fuente: Elaboración propia

Al tener definidas las cantidades de los componentes que se iban a utilizar para la producción de cada uno de los vehículos, se procedió a realizar el costeo de la materia prima. Para el caso de la materia prima del Nissan Versa, se tomó como referencia los costos previamente realizados en el trabajo de graduación del Ingeniero Luis Diego Romero. Ahora bien, para el costo de la materia prima del segundo vehículo, el Nissan March, se cotizó en internet las partes o productos que son diferenciados del otro vehículo y para el costo de las demás partes, se utilizó el costo previamente cotizado en el trabajo de graduación del Ingeniero Luis Diego Romero (Romero Casasola, 2023).

Al costo de la materia prima que se estará importando se consideró y tomó en cuenta aspectos como el impuesto sobre el valor agregado o IVA y también se consideró el arancel que se le aplica a productos que son importados relacionados a piezas de vehículos el cual es del 10% (SAT, 2023).

Cuadro 116. Costo materia prima importada vehículo 1.

Componente	Presentación	Costo total	Porcentaje de arancel	DAI	IVA	Costo total con impuestos
Motor	Motor 1.6L 4 cilindros DOHC y transmisión automática	Q 6,110.32	10.0%	Q 611.03	Q 806.56	Q 7,527.91
Tuercas	3 kits de tuercas (16-24)	Q 360.48	10.0%	Q 36.05	Q 47.58	Q 444.11
Bisagras	12 Bisagras de vehículo	Q 1,043.16	10.0%	Q 104.32	Q 137.70	Q 1,285.17
Manijas	1 paquete de 4 manijas	Q 408.40	10.0%	Q 40.84	Q 53.91	Q 503.15
Cerraduras de puerta	1 kit de 4 cerraduras	Q 232.62	10.0%	Q 23.26	Q 30.71	Q 286.59
Soportes plásticos	1 soporte individual	Q 146.24	10.0%	Q 14.62	Q 19.30	Q 180.17
Vidrios	4 vidrios individuales	Q 3,157.12	10.0%	Q 315.71	Q 416.74	Q 3,889.57
Parabrisas	2 parabrisas individuales	Q 2,984.38	10.0%	Q 298.44	Q 393.94	Q 3,676.76
Amortiguadores	1 kit de 4 amortiguadores	Q 1,352.38	10.0%	Q 135.24	Q 178.51	Q 1,666.13
Resortes	2 kit de 2 resortes	Q 616.00	10.0%	Q 61.60	Q 81.31	Q 758.91
Puntuales	1 kit de 4 puntuales	Q 588.86	10.0%	Q 58.89	Q 77.73	Q 725.48
Ejes de llantas	1 kit de 4 ejes	Q 1,684.28	10.0%	Q 168.43	Q 222.32	Q 2,075.03
Vigas de ejes	2 vigas individuales	Q 2,393.20	10.0%	Q 239.32	Q 315.90	Q 2,948.42
Dirección	1 dirección individual	Q 1,688.13	10.0%	Q 168.81	Q 222.83	Q 2,079.78
Aros	1 kit de 4 aros	Q 705.53	10.0%	Q 70.55	Q 93.13	Q 869.21
Frenos	1 kit de 4 frenos	Q 416.83	10.0%	Q 41.68	Q 55.02	Q 513.53
Carcasas plásticas retrovisor	1 set de 2 carcasas	Q 459.82	10.0%	Q 45.98	Q 60.70	Q 566.50
Vidrio reflectante retrovisor	1 set 2 vidrio reflectante	Q 96.18	10.0%	Q 9.62	Q 12.70	Q 118.49
Retrovisor interno	1 vidrio de retrovisor interno	Q 281.87	10.0%	Q 28.19	Q 37.21	Q 347.26
Motor de elevación	4 motores de elevación individual	Q 680.12	10.0%	Q 68.01	Q 89.78	Q 837.91
Cuero interno	1 kit de cuero	Q 77.59	10.0%	Q 7.76	Q 10.24	Q 95.59
Timón	1 timón individual	Q 1,300.40	10.0%	Q 130.04	Q 171.65	Q 1,602.09
Palanca	1 palanca individual	Q 1,609.99	10.0%	Q 161.00	Q 212.52	Q 1,983.51
Tablero de instrumentos	1 tablero de instrumentos	Q 1,195.96	10.0%	Q 119.60	Q 157.87	Q 1,473.42
Asientos	1 kit de 5 asientos	Q 2,168.25	10.0%	Q 216.83	Q 286.21	Q 2,671.28
Luz interna	1 luz interna individual	Q 439.60	10.0%	Q 43.96	Q 58.03	Q 541.59
Manija baúl	1 manija individual	Q 101.80	10.0%	Q 10.18	Q 13.44	Q 125.42
Cinturones de seguridad	1 kit de 5 cinturones	Q 1,235.90	10.0%	Q 123.59	Q 163.14	Q 1,522.63
Luces	1 de 4 luces	Q 2,608.51	10.0%	Q 260.85	Q 344.32	Q 3,213.68
TOTALES		Q 36,143.92		Q 3,614.39	Q 4,771.00	Q 44,529.31

Fuente: Romero Casasola, 2023: Diseño de dos escenarios de un ensamblaje automotriz que compare procesos de producción tradicionales y automatizados para su programación en una aplicación didáctica en realidad virtual para el Laboratorio de Diseño de Procesos en la Universidad del Valle de Guatemala.

Cuadro 117. Costo materia prima importada vehículo 2.

Componente	Presentación	Costo total	Porcentaje de arancel	DAI	IVA	Costo total con impuestos
Motor	HR16DE 4 Cilindros DOHC	Q 2,943.05	10.0%	Q 294.31	Q 388.48	Q 3,625.84
Transmisión	1 kit Transmisión automática	Q 5,974.00	10.0%	Q 597.40	Q 788.57	Q 7,359.97
Componentes motor	1 kit Componentes motor	Q 1,947.77	10.0%	Q 194.78	Q 257.11	Q 2,399.65
Tuercas	3 kits de tuercas (16-24)	Q 360.48	10.0%	Q 36.05	Q 47.58	Q 444.11
Bisagras	12 Bisagras de vehículo	Q 1,043.16	10.0%	Q 104.32	Q 137.70	Q 1,285.17
Manijas	1 paquete de 4 manijas	Q 408.40	10.0%	Q 40.84	Q 53.91	Q 503.15
Cerraduras de puerta	1 Kit de 4 cerraduras	Q 232.62	10.0%	Q 23.26	Q 30.71	Q 286.59
Soportes plásticos	1 soporte individual	Q 146.24	10.0%	Q 14.62	Q 19.30	Q 180.17
Vidrios	4 vidrios individuales	Q 3,157.12	10.0%	Q 315.71	Q 416.74	Q 3,889.57
Parabrisas	2 parabrisas individuales	Q 2,984.38	10.0%	Q 298.44	Q 393.94	Q 3,676.76
Amortiguadores	1 kit de 4 amortiguadores	Q 1,352.38	10.0%	Q 135.24	Q 178.51	Q 1,666.13
Resortes	2 kit de 2 resortes	Q 616.00	10.0%	Q 61.60	Q 81.31	Q 758.91
Puntuales	1 kit de 4 puntuales	Q 588.86	10.0%	Q 58.89	Q 77.73	Q 725.48
Ejes de llantas	1 kit de 4 ejes	Q 1,684.28	10.0%	Q 168.43	Q 222.32	Q 2,075.03
Vigas de ejes	2 vigas individuales	Q 2,393.20	10.0%	Q 239.32	Q 315.90	Q 2,948.42
Dirección	1 dirección individual	Q 1,688.13	10.0%	Q 168.81	Q 222.83	Q 2,079.78
Aros	1 kit de 4 aros	Q 687.37	10.0%	Q 68.74	Q 90.73	Q 846.84
Frenos	1 kit de 4 frenos	Q 416.83	10.0%	Q 41.68	Q 55.02	Q 513.53
Carcasas plásticas retrovisor	1 set de 2 carcasas	Q 538.16	10.0%	Q 53.82	Q 71.04	Q 663.01
Vidrio reflectante retrovisor	1 set 2 vidrio reflectante	Q 171.91	10.0%	Q 17.19	Q 22.69	Q 211.79
Retrovisor interno	1 vidrio de retrovisor interno	Q 281.87	10.0%	Q 28.19	Q 37.21	Q 347.26
Motor de elevación	4 motores de elevación individual	Q 680.12	10.0%	Q 68.01	Q 89.78	Q 837.91
Tela interna	1 kit de tela	Q 40.00	10.0%	Q 4.00	Q 5.28	Q 49.28
Timón	1 timón individual	Q 1,300.40	10.0%	Q 130.04	Q 171.65	Q 1,602.09
Palanca	1 palanca individual	Q 1,609.99	10.0%	Q 161.00	Q 212.52	Q 1,983.51
Tablero de instrumentos	1 tablero de instrumentos	Q 1,536.90	10.0%	Q 153.69	Q 202.87	Q 1,893.46
Asientos	1 kit de 5 asientos	Q 2,168.25	10.0%	Q 216.83	Q 286.21	Q 2,671.28
Luz interna	1 luz interna individual	Q 439.60	10.0%	Q 43.96	Q 58.03	Q 541.59
Manija baúl	1 manija individual	Q 101.80	10.0%	Q 10.18	Q 13.44	Q 125.42
Cinturones de seguridad	1 kit de 5 cinturones	Q 1,235.90	10.0%	Q 123.59	Q 163.14	Q 1,522.63
Luces	1 kit de 4 luces	Q 1,941.72	10.0%	Q 194.17	Q 256.31	Q 2,392.20
TOTALES		Q 40,670.89		Q 4,067.09	Q 5,368.56	Q 50,106.54

Fuente: Elaboración propia

En el caso de los componentes y materia prima que se iba a estar comprando directamente en Guatemala, también se tomó como referencia los costos previamente establecidos y realizados por parte del Ingeniero Luis Diego Romero (Romero Casasola, 2023).

Cuadro 118. Costo materia prima comprada localmente

Componente	Presentación	Costo	IVA	Costo Total
Tornillos	11 kit de tornillos	Q 1,309.00	Q 157.08	Q 1,466.08
Cables	6 kit de cables	Q 450.00	Q 54.00	Q 504.00
Llantas	4 llantas individuales	Q 1,839.80	Q 220.78	Q 2,060.58
Chuchos	4 paquetes de 6 chuchos	Q 237.00	Q 28.44	Q 265.44
Sellantes	6 sellantes individuales	Q 401.94	Q 48.23	Q 450.17
TOTAL				Q 4,746.27

Fuente: Romero Casasola, 2023: Diseño de dos escenarios de un ensamble automotriz que compare procesos de producción tradicionales y automatizados para su programación en una aplicación didáctica en realidad virtual para el Laboratorio de Diseño de Procesos en la Universidad del Valle de Guatemala.

Debido a que varias de las piezas utilizadas en el MRP son producidas dentro del mismo proceso productivo, también se tomó en consideración el costo de la elaboración de estas piezas, tomando como referencia el costo de la materia prima establecido previamente por parte del Ingeniero Luis Diego Romero. Para este costo, se tomó en cuenta la cantidad de planchas de aluminio necesarias para la elaboración de una pieza, el precio de la plancha con IVA incluido, la tarifa de la pieza y la tarifa de mano de obra (Romero Casasola, 2023).

Cuadro 119. Costo materia prima elaborada a partir de planchas de aluminio.

Pieza	Cantidad de planchas de aluminio	Precio plancha	Tarifa pieza	Tarifa de mano de obra	Costo de pieza
Piso frontal	1	Q 806.20	Q 2.19	Q 0.20	Q 808.59
Piso trasero	1	Q 806.20	Q 2.19	Q 0.20	Q 808.59
Estructura delantera	1	Q 806.20	Q 2.19	Q 0.20	Q 808.59
Estructura maletero	1	Q 806.20	Q 2.19	Q 0.20	Q 808.59
Estructura tablero	1	Q 806.20	Q 2.19	Q 0.20	Q 808.59
Armazón lateral derecho	1	Q 806.20	Q 2.19	Q 0.20	Q 808.59
Armazón lateral izquierdo	1	Q 806.20	Q 2.19	Q 2.00	Q 810.39
Techo	1	Q 806.20	Q 2.19	Q 0.05	Q 808.44
Baúl	1	Q 806.20	Q 2.19	Q 0.05	Q 808.44
Capo	1	Q 806.20	Q 2.19	Q 0.10	Q 808.49
Guardafangos	2	Q 1,612.40	Q 2.19	Q 0.10	Q 1,614.69
Costados	2	Q 1,612.40	Q 2.19	Q 0.10	Q 1,614.69
Bumpers	2	Q 1,612.40	Q 2.19	Q 0.10	Q 1,614.69
Panel externo puerta delantera	2	Q 1,612.40	Q 2.19	Q 1.50	Q 1,616.09
Panel externo puerta trasera	2	Q 1,612.40	Q 2.19	Q 1.50	Q 1,616.09
Total					Q 16,163.55

Fuente: Romero Casasola, 2023: Diseño de dos escenarios de un ensamble automotriz que compare procesos de producción tradicionales y automatizados para su programación en una aplicación didáctica en realidad virtual para el Laboratorio de Diseño de Procesos en la Universidad del Valle de Guatemala.

Cuadro 120. Costo materia prima vehículo 1.

Rubro de materia prima	Costo
Componentes importados	Q 44,529.31
Componentes de compra local	Q 4,746.27
Componentes elaborados a partir de planchas de aluminio	Q 16,163.55
Costo materia prima vehículo 1	Q 65,439.13

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 121. Costo materia prima vehículo 2.

Rubro de materia prima	Costo
Componentes importados	Q 50,106.54
Componentes de compra local	Q 4,746.27
Componentes elaborados a partir de planchas de aluminio	Q 16,163.55
Costo materia prima vehículo 2	Q 71,016.36

Fuente: Elaboración propia

Se realizó el cálculo del costo de la mano de obra directa para la producción de vehículos, tomando en consideración la cantidad de operarios que operan en el área de producción. La cantidad de operarios y supervisores en por turno se pueden observar en el Cuadro 67. Cantidad de Operarios en un turno de trabajo, para así tener un total de 55 colaboradores por turno.

Cuadro 122. Cantidad de operarios en un turno de trabajo.

Cantidad de operarios por turno	
Operarios	51
Supervisores	4

Fuente: Elaboración propia

Debido a que se están trabajando 3 turnos de trabajo, la cantidad de operarios se puede observar en el Cuadro 68. Prestaciones de Ley aplicadas al Salario de los Operarios. Se consideró un sueldo mínimo para los operarios de Q. 3266.86 y para los supervisores de Q. 5,097.00. Además del sueldo mínimo de los operarios, se consideró también la bonificación incentivo que indica la ley Guatemalteca, y las diferentes prestaciones de ley que indica la Constitución Política de la República.

Cuadro 123. Prestaciones de ley aplicadas al salario de los operarios.

Prestaciones	
Bono 14	8.33%
Aguinaldo	8.33%
Indeminización	8.33%
Vacaciones	4.17%
IGSS	10.67%
IRTRA	1%
INTECAP	1%
Total	41.83%

Fuente: Elaboración propia.

Con toda la información mencionada anteriormente, se procedió a realizar el cálculo de la mano de obra directa para cada uno de los vehículos producidos dentro de la planta de producción.

Cuadro 124. Costo mano de obra total.

	Cantidad al día	Sueldo	Sueldo Total Mensual	Bonificación incentivo	Prestaciones
Operarios	153	Q3,266.86	Q499,829.58	Q38,250.00	Q209,078.71
Supervisores	12	Q5,097.00	Q61,164.00	Q3,000.00	Q25,584.90

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 125. Costo mano de obra vehículo 1.

	Cantidad al día	Sueldo	Sueldo total mensual	Bonificación incentivo	Prestaciones	Total mano de obra directa
Operarios	102	Q3,266.86	Q333,219.72	Q25,500.00	Q139,385.81	Q557,938.13
Supervisores	8	Q5,097.00	Q40,776.00	Q2,000.00	Q17,056.60	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 126. Costo mano de obra vehículo 2.

	Cantidad al día	Sueldo	Sueldo total mensual	Bonificación incentivo	Prestaciones	Total mano de obra directa
Operarios	51	Q3,266.86	Q166,609.86	Q12,750.00	Q69,692.90	Q278,969.06
Supervisores	4	Q5,097.00	Q20,388.00	Q1,000.00	Q8,528.30	

Fuente: Elaboración propia

Debido a que se está considerando ahora los colaboradores del área administrativa, también se realizó el cálculo del costo de la mano de obra. Para este cálculo, se investigó el sueldo promedio de cada uno de los diferentes roles establecidos en el mercado guatemalteco y también se consideró la bonificación incentivo que indica la ley Guatemalteca, y las diferentes prestaciones de ley que indica la Constitución Política de la República.

Cuadro 127. Salarios roles administrativos.

Rol	Salario Promedio
Gerente de operaciones	Q14,000.00
Jefe de mantenimiento	Q12,000.00
Jefe de SSO	Q7,000.00
Jefe de producción	Q8,796.00
Jefe de calidad	Q9,000.00
Gerente de finanzas	Q12,904.00
Jefe de contabilidad	Q10,062.00
Contador general	Q6,867.00
Analista financiero	Q9,691.00
Gerente de RRHH	Q9,402.00
Administrador de personal	Q3,425.00
Formación y desarrollo	Q4,417.00
Gerente de compras	Q10,994.00
Gerente de logística	Q10,715.00
Gerente de IT	Q12,000.00
Soporte técnico	Q3,947.00
Gerente comercial	Q10,176.00
Jefe de mercadeo	Q8,183.00
Jefe comercial	Q5,566.00

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 128. Costo mano de obra área administrativa.

Total colaboradores	Total salario mensual	Bonificación incentivo	Prestaciones	Total costo mano de obra indirecta
19	Q169,145.00	Q4,750.00	Q70,753.35	Q244,648.35

Fuente: Elaboración propia

A parte del costo de la mano de obra indirecta, también se realizó el cálculo del costo del mobiliario y equipo que se estaría utilizando en el área administrativa. El costo del equipo y mobiliario se obtuvo por medio de cotizaciones realizadas en internet.

Cuadro 129. Costo componentes eléctricos área administrativa.

Componentes	Cantidad	Precio	Costo Total
Focos	29	Q 54.95	Q 1,593.55
Tiras LED	16	Q 499.46	Q 7,991.36
TOTAL			Q 9,584.91

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 130. Costo componentes de baño área administrativa.

Baños			
ITEM	Cantidad	Precio	Costo Total
Inodoro	10	Q 477.00	Q 4,770.00
Migitorio	4	Q 1,638.00	Q 6,552.00
Lavamanos	8	Q 482.00	Q 3,856.00
TOTAL			Q 15,178.00

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 131. Costo mobiliario oficina área administrativa.

Oficina			
ITEM	Cantidad	Precio	Costo Total
Escritorios	10	Q 2,390.00	Q 23,900.00
Sillas ejecutivas	24	Q 699.00	Q 16,776.00
Computadoras	9	Q 4,195.00	Q 37,755.00
Estantería	9	Q 999.00	Q 8,991.00
Silla simple	18	Q 449.00	Q 8,082.00
Mesa conferencia	1	Q 6,330.00	Q 6,330.00
Mesas área común	6	Q 3,499.00	Q 20,994.00
TOTAL			Q 122,828.00

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 132. Costo mobiliario área común área administrativa.

Área Común			
ITEM	Cantidad	Precio	Costo Total
Sillas comedor	32	Q 249.00	Q 7,968.00
Mesas comedor	8	Q 799.00	Q 6,392.00
Microondas	1	Q 1,119.00	Q 1,119.00
Refrigerador	1	Q 2,199.00	Q 2,199.00
Fregadero	2	Q 1,749.00	Q 3,498.00
Mesa área descanso	1	Q 4,499.00	Q 4,499.00
Sillas área descanso	4		
Sillones área descanso	3	Q 999.00	Q 2,997.00
Camas clínica	3	Q 3,063.00	Q 9,189.00
TOTAL			Q 37,861.00

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 133. Costo mobiliario área de vestidores

Área de vestidores			
ITEM	Cantidad	Precio	Costo Total
Casilleros (Set de 9 casilleros)	3	Q 3,087.50	Q 9,262.50
Bancas	3	Q 4,818.14	Q 14,454.42
TOTAL			Q 23,716.92

Fuente: Elaboración propia

Se estimó también el costo de la electricidad y agua potable estimado dentro de las oficinas administrativas y el área de producción. Para el costo de la electricidad, se estimó el consumo en kWh mensual de cada uno de los equipos y se utilizó un costo por kWh de Q. 1.386, el cual es el precio por kWh estimado en el área de Escuintla, Guatemala (González, 2023).

Cuadro 134. Costo eléctrico componentes eléctricos área administrativa.

Componentes	Cantidad	Consumo w	Consumo kW	Consumo diario	Consumo mensual	Costo x kW	Costo total
Focos	29	50	0.05	0.4	8.8	Q 1.39	Q 353.71
Tiras LED	16	36	0.036	0.288	6.336	Q 1.39	Q 140.51
TOTAL							Q 494.21

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 135. Costo eléctrico equipo de oficina área administrativa.

Componentes	Cantidad	Consumo w	Consumo kW	Consumo diario	Consumo mensual	Costo x kW	Costo total
Computadoras	9	350	0.35	2.8	61.6	Q 1.39	Q 768.40

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 136. Costo eléctrico equipo de uso común área administrativa.

Componentes	Cantidad	Consumo w	Consumo kW	Consumo diario	Consumo mensual	Costo x kW	Costo total
Microondas	1	900	0.9	7.2	158.4	Q 1.39	Q 219.54
Refrigerador	1	1.03	1.03	8.24	181.28	Q 1.39	Q 251.25
						TOTAL	Q 470.80

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 137. Costo eléctrico componentes eléctricos área producción.

Componentes	Cantidad	Consumo W	Consumo kW	Consumo diario	Consumo mensual	Costo x kW	Costo total
Tiras LED	94	36	0.036	0.288	6.336	Q 1.39	Q 825.48
						TOTAL	Q 825.48

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo del costo del consumo del agua, se estimó el consumo en metros cúbicos de agua de cada uno de los equipos utilizados y se utilizó el costo por metro cúbico de Q.2.92, el cual es el costo por metro cúbico en la Ciudad de Guatemala (Flores, 2023).

Cuadro 138. Costo de consumo de agua área administrativa.

ITEM	Consumo agua (lt)	Cantidad de usos aproximados (por persona)	Cantidad colaboradores	Consumo lt mensual	Consumo m ³	Costo por m ³	Costo total
Inodoro	6.05	66	19	7586.7	7.59	Q 2.92	Q 22.15
Migitorio	1.9	66	8	1003.2	1.00	Q 2.92	Q 2.93
Lavamanos	2.5	66	19	3135	3.14	Q 2.92	Q 9.15
						Total	Q 34.24

Fuente: Elaboración propia

También debido a que ahora se tomó en consideración el espacio y el metraje para las oficinas administrativas, se realizó de nuevo el costo del terreno en donde se estaría desarrollando la planta productiva de vehículos. Este costeo se realizó tanto para las dimensiones que poseía la planta de producción previamente realizada por el Ingeniero Luis Diego Romero y también se realizó el costeo de las nuevas dimensiones del layout propuesto previamente. Se tomó como base, el costo por vara cuadrada, previamente indicado y establecido en el trabajo de graduación del Ingeniero Luis Diego Romero, siendo este de Q. 1,037.48 por vara cuadrada (Romero Casasola, 2023).

Cuadro 139. Costo de terreno área de producción Layout original.

Layout original (Producción)		
Varas cuadradas	Precio de la vara	Costo del terreno
5421	Q 1,037.48	Q 5,624,179.08

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 140. Costo de terreno área de oficinas Layout original.

Layout original (Oficinas)		
Varas cuadradas	Precio de la vara	Costo del terreno
931.7	Q 1,037.48	Q966,620.12

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 141. Costo de terreno total Layout original.

Layout original		
Varas cuadradas	Precio de la vara	Costo del terreno
6352.7	Q 1,037.48	Q6,590,799.20

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 142. Costo de terreno área de producción Layout propuesto.

Layout propuesto (Producción General)		
Varas cuadradas	Precio de la vara	Costo del terreno
4097	Q 1,037.48	Q4,250,555.56

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 143. Costo de terreno área módulo 1 Layout propuesto.

Layout propuesto (Módulo 1: Corte de Piezas)		
Varas cuadradas	Precio de la vara	Costo del terreno
550.7	Q 1,037.48	Q 571,340.24

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 144. Costo de terreno área módulo 2 Layout propuesto.

Layout propuesto (Módulo 2: Ensamble Motor)		
Varas cuadradas	Precio de la vara	Costo del terreno
318.1	Q 1,037.48	Q 330,022.39

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 145. Costo de terreno área de oficinas Layout propuesto.

Layout propuesto (Oficinas)		
Varas cuadradas	Precio de la vara	Costo del terreno
931.7	Q 1,037.48	Q 966,620.12

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 146. Costo de terreno total Layout propuesto.

Layout propuesto		
Varas cuadradas	Precio de la vara	Costo del terreno
5897.5	Q 1,037.48	Q 6,118,538.30

Fuente: Elaboración propia

Se realizó también el cálculo del costo de la maquinaria que se iba a utilizar en la línea de producción con un sistema de ensamble modular, tomando en cuenta la cantidad de máquinas y el precio por unidad. Además, se tomó como supuesto que la maquinaria utilizada tendría un tiempo de vida útil de 10 años y que el valor de salvamento estimado era del 25% del valor inicial de compra. Con la información relacionada los costos y los supuestos, se procedió a calcular la depreciación anual y mensual para cada una de las máquinas utilizadas.

Cuadro 147. Costo inversión inicial y depreciación maquinaria.

Máquina	Cantidad	Precio de Compra	Costo Total	Valor de Salvamento	Vida Útil Aproximada	Depreciación Anual	Depreciación Mensual
Brazo Soldador CRP- RH- 18- 20W	12	Q 140,354.60	Q 1,684,255.20	Q 421,063.80	10	Q 126,319.14	Q 10,526.60
Brazo robótico Liviano KUKA KR 120 R2700-2	16	Q 176,274.35	Q 2,820,389.60	Q 705,097.40	10	Q 211,529.22	Q 17,627.44
Brazo robótico Pesado KUKA KR 1000 L750 Titan	8	Q 293,836.63	Q 2,350,693.04	Q 587,673.26	10	Q 176,301.98	Q 14,691.83
Booth de pintura TARGET TG-70B	1	Q 46,417.30	Q 46,417.30	Q 11,604.33	10	Q 3,481.30	Q 290.11
Grúa Floor Mounted Jib Crane	3	Q 77,362.17	Q 232,086.51	Q 58,021.63	10	Q 17,406.49	Q 1,450.54
Compresor	5	Q 3,040.33	Q 15,201.65	Q 3,800.41	10	Q 1,140.12	Q 95.01
Lift Ratio LIFT AM	2	Q 61,889.74	Q 123,779.48	Q 30,944.87	10	Q 9,283.46	Q 773.62
AMR (Autonomous Mobile Robot)	10	Q 69,625.95	Q 696,259.50	Q 174,064.88	10	Q 52,219.46	Q 4,351.62
Banda Transportadora HONG'S BELT HS-1800A	10	Q 2,777.30	Q 27,773.00	Q 6,943.25	10	Q 2,082.98	Q 173.58
Transporte	20	Q 3,119.92	Q 62,398.40	Q 15,599.60	10	Q 4,679.88	Q 389.99
TOTAL						Q	50,370.34

Fuente: Elaboración propia

Se estimó también el costo de consumo eléctrico para cada una de las máquinas que posee como servicio auxiliar la electricidad. Para ello se utilizó el consumo promedio de cada una de las máquinas, el consumo diario y mensual, y el costo por kWh, el cual es de Q. 1.386, en el departamento de Escuintla Guatemala, el cual es el lugar en donde se tiene pensado construir la planta de producción de automóviles (Gonzalez, 2023).

Cuadro 148. Costo consumo eléctrico maquinaria.

Máquina	Cantidad	Potencia	Consumo diario	Consumo mensual	Costo X kWh	Costo total
Brazo soldador CRP-RH-18-20W	12	3 kW	72	1584.0	Q 1.39	Q 26,345.09
Brazo robótico liviano KUKA KR 120 R2700-2	16	1.2 kW	28.8	633.6	Q 1.39	Q 14,050.71
Brazo robótico pesado KUKA KR 1000 L750 Titan	8	8.6 kW	206.4	4540.8	Q 1.39	Q 50,348.39
Booth de pintura TARGET TG-70B	1	15 kW	360	7920.0	Q 1.39	Q 10,977.12
Banda transportadora HONG'S BELT HS-1800A	10	15 kw	360	7920.0	Q 1.39	Q 109,771.20
TOTAL						Q 211,492.51

Fuente: Elaboración propia

Por último, en relación a la maquinaria utilizada en el proceso de producción de automóviles por medio de un sistema de ensamblaje modular, se realizó el cálculo estimado del costo de mantenimiento mensual para cada una de las mismas. Para calcular este costo, se utilizó el supuesto que en general las empresas que se dedican a realizar el mantenimiento estiman un costo de mantenimiento anual de entre el 5% al 10% del valor original de la maquinaria (SPC Consulting Group, 2022).

Cuadro 149. Costo de mantenimiento de maquinaria.

Mantenimiento	Cantidad	Precio de compra	Costo Total	Porcentaje de costo de mantenimiento (10%) Anual	Costo de mantenimiento mensual
Brazo soldador CRP-RH-18-20W	12	Q 140,354.60	Q 1,684,255.20	Q 168,425.52	Q 14,035.46
Brazo robótico liviano KUKA KR 120 R2700-2	16	Q 176,274.35	Q 2,820,389.60	Q 282,038.96	Q 23,503.25
Brazo robótico pesado KUKA KR 1000 L750 Titan	8	Q 293,836.63	Q 2,350,693.04	Q 235,069.30	Q 19,589.11
Booth de pintura TARGET TG-70B	1	Q 46,417.30	Q 46,417.30	Q 4,641.73	Q 386.81
Grúa Floor Mounted Jib Crane	3	Q 77,362.17	Q 232,086.51	Q 23,208.65	Q 1,934.05
Compresor	5	Q 3,040.33	Q 15,201.65	Q 1,520.17	Q 126.68
Lift Ratio LIFT AM	2	Q 61,889.74	Q 123,779.48	Q 12,377.95	Q 1,031.50
AMR (Autonomous Mobile Robot)	10	Q 69,625.95	Q 696,259.50	Q 69,625.95	Q 5,802.16
Banda transportadora HONG'S BELT HS-1800A	10	Q 2,777.30	Q 27,773.00	Q 2,777.30	Q 231.44
Transporte o cajas de herramientas	30	Q 3,119.92	Q 93,597.60	Q 9,359.76	Q 779.98
Total					Q 67,420.44

Fuente: Elaboración propia

Por medio de un costeo basado en actividades, se estimó, a partir de los datos obtenidos previamente de los costos indirectos, las tasas presupuestadas de aplicación de costos indirectos para cada una de las actividades identificadas.

Cuadro 150. Grupo común de costos indirectos identificados.

Actividad	Base de aplicación
Administración y manejo de procesos	Cantidad de horas de trabajo disponibles al mes
Uso de infraestructura eléctrica	Cantidad de kW consumidos en un mes
Consumo de agua de instalaciones	Cantidad horas de producción

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 151. Tasas presupuestadas de aplicación de costos indirectos.

Actividad	Jerarquía	Costos indirectos totales presupuestados	Cantidad presupuestada de la base de aplicación	Tasa presupuestada de costos indirectos
Administración y Manejo de Procesos	Mantenimiento de Instalaciones	Q 244,648.35	29040	Q8.4245 por hora de mano de obra directa
Uso de infraestructura eléctrica	Mantenimiento de Instalaciones	Q 2,558.89	22598.4	Q0.11 por KW consumido
Consumo de agua de instalaciones	Mantenimiento de Instalaciones	Q 34.24	528	Q0.06 por hora de producción

Fuente: Elaboración propia

En base a estas tasas presupuestadas de aplicación de costos indirectos, se procedió a realizar el cálculo de los costos indirectos de producción que se le podrían llegar a atribuir a cada uno de nuestros centros de costos, que en este caso era el Nissan Versa y el Nissan March.

Cuadro 152. Costos indirectos totales.

Costos Indirectos de las actividades							
Administración y Manejo de Procesos							
<i>Versa, 19,360 hora de mano de obra directa x 8.42453008</i>	Q	163,098.90	Q	28.40			
<i>March, 9,680 hora de mano de obra directa x 8.42453008</i>					Q	81,549.45	Q 33.39
							Q 244,648.35
Uso de infraestructura eléctrica							
<i>Versa, 15,065.6 kWh consumo directo x 0.11323318</i>	Q	1,705.93	Q	0.30			
<i>March, 7,532.8 kWh consumo directo x 0.11323318</i>					Q	852.96	Q 0.35
							Q 2,558.89
Consumo de agua de instalaciones							
<i>Versa, 352 horas producción mensual x 0.06484225</i>	Q	22.82	Q	0.004			
<i>March, 176 horas producción mensual x 0.06484225</i>					Q	11.412	Q 0.005
							Q 34.24
Total Costos Indirectos	Q	164,827.65	Q	28.71	Q	82,413.83	Q 33.75
							Q 247,241.48

Fuente: Elaboración propia

Por último, se procedió a realizar el cálculo del costo unitario de cada uno de los vehículos que se producen en la planta de producción por medio de un sistema de ensamblaje modular, tomando en cuenta únicamente los costos directos, los cuales incluyen: materiales directos, mano de obra directa, consumo de energía y mantenimiento.

Cuadro 153. Costo producción unitario vehículo 1.

Cantidad unidades	5742	
Centro de costo	Vehículo 1 (Nissan Versa)	
Descripción de costos	Total	Por Unidad
Costos directos		
Materiales directos	Q 375,751,474.35	Q 65,439.13
Mano de obra Directa	Q 557,938.13	Q 97.17
Consumo energía	Q 140,995.01	Q 24.56
Mantenimiento	Q 44,946.96	Q 7.83
Total costos directos	Q 376,495,354.45	Q 65,568.68

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 154. Costo de producción unitario vehículo 2.

Cantidad unidades	2442	
Centro de costo	Vehículo 2 (Nissan March)	
Descripción de costos	Total	Por Unidad
Costos directos		
Materiales directos	Q 173,421,939.59	Q 71,016.36
Mano de obra Directa	Q 278,969.06	Q 114.24
Consumo energía	Q 70,497.50	Q 28.87
Mantenimiento	Q 22,473.48	Q 9.20
Total costos directos	Q 173,793,879.64	Q 71,168.66

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 155. Costos de producción unitarios para cada vehículo.

Cantidad unidades	5742		2442		
	Vehículo 1 (Nissan Versa)		Vehículo 2 (Nissan March)		
Centro de costo	Total	Por Unidad	Total	Por Unidad	Total
Costos directos					
Materiales directos	Q 375,751,474.35	Q 65,439.13	Q 173,421,939.59	Q 71,016.36	Q 549,173,413.95
Mano de obra Directa	Q 557,938.13	Q 97.17	Q 278,969.06	Q 114.24	Q 836,907.19
Consumo energía	Q 140,995.01	Q 24.56	Q 70,497.50	Q 28.87	Q 211,492.51
Mantenimiento	Q 44,946.96	Q 7.83	Q 22,473.48	Q 9.20	Q 67,420.44
Total costos directos	Q 376,495,354.45	Q 65,568.68	Q 173,793,879.64	Q 71,168.66	Q 550,289,234.10

Fuente: Elaboración propia

Podemos observar en el Cuadro 100. Costos de Producción Unitarios para cada Vehículo, que para el Nissan Versa, se obtuvo un costo directo total de producción de Q. 376,495,354.45, en donde se están produciendo actualmente 5792 carros al mes, significando un costo unitario de Q.65,568.68. Ahora bien, para el Nissan March, se obtuvo un costo directo total de producción de Q. 173,793,879.64, en donde se están produciendo actualmente 2442 carros al mes, significando un costo unitario de Q.71,168.66. Se comparó el costo unitario del Nissan Versa tanto para el sistema de ensamblaje tradicional, como para el sistema de ensamblaje modular y se pudo identificar que el sistema de ensamblaje modular permitió reducir el costo unitario del vehículo en 0.06%.

Cuadro 156. Comparación costos de producción unitarios sistema de ensamblaje tradicional vs modular.

	Sistema de Ensamblaje	
	Tradicional	Modular
Nissan Versa	Q65,609.05	Q 65,568.68
Nissan March	N/A	Q 71,168.66

Fuente: Elaboración propia

Con toda la información recopilada en relación a costos de producción, unidades de producción en el desarrollo de un sistema de ensamblaje modular en una planta de producción de automóviles, se realizó el cálculo de indicadores de producción, los cuales se habían establecido y calculado inicialmente para el proceso de producción tradicional realizado en el trabajo de graduación del Ingeniero Luis Diego Romero.

- Tasa de producción (Throughput)

Cuadro 157. Tasa de producción vehículo 1 sistema de ensamblaje modular.

Tasa de producción	
Unidades generadas	Unidades terminadas
267	261

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 158. Tasa de producción vehículo 2 sistema de ensamblaje modular.

Tasa de producción	
Unidades generadas	Unidades terminadas
117	111

Fuente: Elaboración propia

- Tiempo de ciclo

Cuadro 159. Tiempo de ciclo vehículo 1 sistema de ensamblaje modular.

Tiempo de ciclo por vehículo (HH:MM:SS)
00:22:32

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 160. Tiempo de ciclo vehículo 2 sistema de ensamblaje modular.

Tiempo de ciclo por vehículo (HH:MM:SS)
00:20:58

Fuente: Elaboración propia

- Costo por unidad

Cuadro 161. Costo de producción unitario vehículo 1 sistema de ensamblaje modular

Costo de producción por vehículo (Q)
Q.65,568.68

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 162. Costo de producción unitario vehículo 2 sistema de ensamblaje modular

Costo de producción por vehículo (Q)
Q.71,168.66

Fuente: Elaboración propia

- Unidades producidas por hora

Cuadro 163. Unidades producidas por hora vehículo 1 sistema de ensamblaje modular.

Volumen de producción (unidades o vehículos)	
Diario	Hora
261	16

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 164. Unidades producidas por hora vehículo 2 sistema de ensamblaje modular

Volumen de producción (unidades o vehículos)	
Diario	Hora
111	16

Fuente: Elaboración propia

- Costo de mano de obra

Cuadro 165. Costo de mano de obra vehículo 1 con el sistema de ensamblaje modular.

Costo de mano de obra (mensual)	Unidades producidas (mensual)	Costo de mano de obra/Unidad producida
Q. 557, 938.13	5742	Q. 97.17

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 166. Costo de mano de obra vehículo 2 con el sistema de ensamblaje modular.

Costo de mano de obra (mensual)	Unidades producidas (mensual)	Costo de mano de obra/Unidad producida
Q. 278, 969.06	2442	Q. 114.24

Fuente: Elaboración propia

Al realizar la comparación de los indicadores de producción entre el sistema de ensamblaje tradicional y el sistema de ensamblaje modular, podemos observar que en relación al Throughput, el sistema de ensamblaje tradicional posee una mayor cantidad de unidades terminadas en comparación con las unidades que ingresaron al proceso. Asimismo, en relación al tiempo de ciclo, en el sistema de ensamblaje tradicional, el tiempo es menor a comparación con el sistema de ensamblaje modular, pero esto está dado debido a que para poder implementar de manera integral los módulos propuestos, se necesitó especificar el proceso del ensamblaje de motor.

Tal como se mencionó anteriormente, el costo unitario de ensamblaje del Nissan Versa es menor utilizando el sistema de ensamblaje modular, en comparación con el sistema de ensamblaje tradicional, ya que este sistema permite poder producir varios modelos de vehículo dentro de una misma línea, permitiendo que los costos directos de ensamblaje se puedan diluir entre los diferentes vehículos que son producidos.

Por último, el costo de mano de obra, para el sistema de ensamblaje modular, fue mucho mayor para ambos modelos de vehículo, en comparación del sistema de ensamblaje tradicional, debido a que al resolver el cuello de botella identificado al momento de realizar la simulación, se tuvo que duplicar la cantidad de operarios en esa operación, además que el proceso de ensamblaje del motor, el cual se estableció como un módulo, se realiza de manera manual, debido al detalle que se debe tener al momento de ensamblar el mismo.

Se realizó un análisis de sensibilidad para poder observar qué factor o elemento podría llegar a tener un efecto significativo en el costo unitario de cada uno de los carros que se produjeron en la planta de producción de automóviles con un sistema de ensamblaje modular. Los factores que se seleccionaron para realizar el análisis fueron los siguientes:

- Precio de compra láminas de aluminio
- Cambio en el arancel de importación
- Costo de la Mano de Obra directa

Cada uno de estos parámetros se variación entre un rango de -15% a 15% para observar cómo se comportaba el costo al momento de modificar los factores en los correspondientes porcentajes.

Cuadro 167. Cambio del costo de la mano de obra directa del vehículo 1 al variar los salarios.

Salarios Mano de Obra Directa		
	Q	65,568.68
-15%	Q	65,554.10
-10%	Q	65,558.96
-5%	Q	65,563.82
0	Q	65,568.68
5%	Q	65,573.54
10%	Q	65,578.40
15%	Q	65,583.25

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 168. Cambio del costo de la materia prima directa del vehículo 1 al variar el precio del aluminio.

Precio Aluminio		
	Q	65,576.51
-15%	Q	63,150.08
-10%	Q	63,956.28
-5%	Q	64,762.48
0	Q	65,568.68
5%	Q	66,374.88
10%	Q	67,181.08
15%	Q	67,987.28

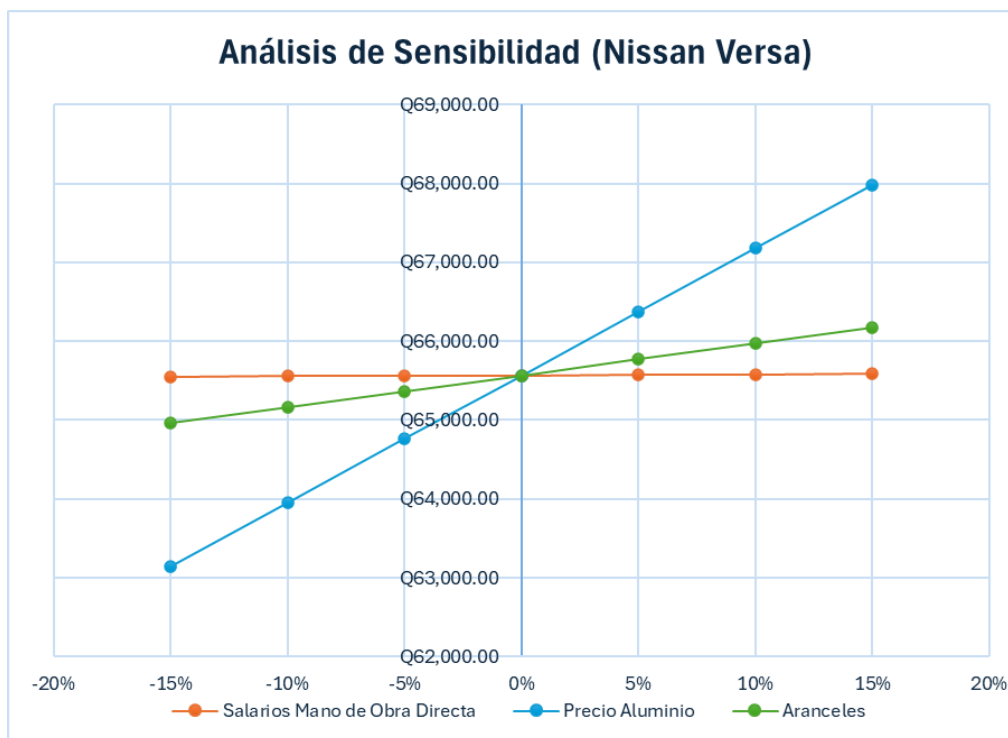
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 169. Cambio del costo de la materia prima directa del vehículo 1 al variar los aranceles de importación.

Aranceles		
	Q	65,576.51
-15%	Q	64,961.46
-10%	Q	65,163.87
-5%	Q	65,366.27
0	Q	65,568.68
5%	Q	65,771.08
10%	Q	65,973.49
15%	Q	66,175.90

Fuente: Elaboración propia

Figura 70. Análisis de sensibilidad para vehículo 1.



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 170. Cambio del costo de la mano de obra directa del vehículo 2 al variar los salarios.

Salarios Mano de Obra Directa		
	Q	71,177.87
-15%	Q	71,151.53
-10%	Q	71,157.24
-5%	Q	71,162.95
0	Q	71,168.66
5%	Q	71,174.38
10%	Q	71,180.09
15%	Q	71,185.80

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 171. Cambio del costo de la materia prima directa del vehículo 2 al variar el precio del aluminio.

Precio Aluminio		
	Q	71,177.87
-15%	Q	68,750.06
-10%	Q	69,556.26
-5%	Q	70,362.46
0	Q	71,168.66
5%	Q	71,974.86
10%	Q	72,781.06
15%	Q	73,587.26

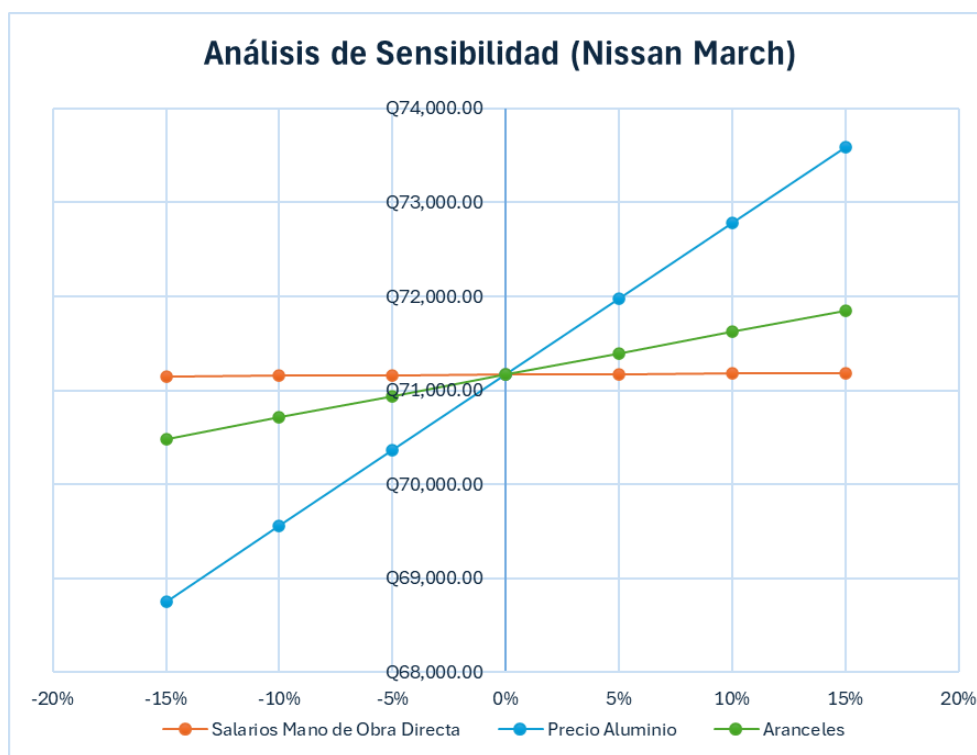
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 172. Cambio del costo de la materia prima directa del vehículo 2 al variar los aranceles de importación.

Aranceles		
	Q	71,177.87
-15%	Q	70,485.39
-10%	Q	70,713.15
-5%	Q	70,940.91
0	Q	71,168.66
5%	Q	71,396.42
10%	Q	71,624.18
15%	Q	71,851.94

Fuente: Elaboración propia

Figura 71. Análisis de sensibilidad para vehículo 2.



Fuente: Elaboración propia

Al analizar el análisis de sensibilidad, para ambos vehículos que se producen en el sistema de ensamblaje modular, podemos observar que la variable que posee un efecto bastante significativo en el costo unitario de ambos vehículos es el precio de las láminas de aluminio. Esto se debe a que las planchas de aluminio son una materia prima que se utiliza de manera constante y en grandes cantidades al momento de producir vehículos, de modo que si existe un aumento o disminución en el precio de venta de la lámina, el costo se verá afectado de manera significativa.

La siguiente variable que podría llegar a tener un efecto, si bien no tan significativo como la variación en el precio de las láminas de aluminio, es el valor de los aranceles que son aplicados para cada componente que es importado al país. Debido a que mucha de la materia prima que se utiliza para la producción de vehículos proviene de países extranjeros, los aranceles juegan un papel importante en el costo de la materia prima, y si esta llega a variar de manera significativa, podría llegar a tener un efecto tanto positivo como negativo para el costo unitario final de los vehículos.

7.4. Discusión

En los últimos años, la industria automotriz se ha consolidado como una de las industrias más competitivas y demandantes de todo el mundo, esto se ha dado por la gran cantidad de cambios y mejoras tecnológicas que se han implementado en los pasos de los años. Esas mejoras no han sido únicamente en el diseño de los vehículos o en el diseño del motor, sino que también se han desarrollado tecnologías y metodologías que permiten que la producción de vehículos sea más eficiente, menos contaminante y con más capacidad de adaptación a la cambiante demanda.

El objetivo principal de este trabajo de graduación era poder llevar a cabo y aplicar una de las metodologías de producción que cada vez se ha ido aplicando más alrededor del mundo, el cual es el sistema de ensamblaje modular para poder ampliar el portafolio de vehículos que se producían en la planta diseñada en el trabajo de graduación del Ingeniero Luis Diego Romero. Para ello, se distribuyó la implementación de este sistema de ensamblaje modular, en la planta previamente diseñada en 4 fases principales: Evaluación del proceso actual (tradicional), investigación de recursos necesarios para la implementación del sistema de ensamblaje modular, diseño de la distribución del área de producción, área de oficinas administrativas y elaboración de una simulación del proceso productivo y estimación de costos directos de la producción de vehículos por medio del sistema de ensamblaje modular.

En la primera fase realizada, se pudo observar que el proceso de producción previamente realizado por el Ingeniero Luis Diego Romero, por medio de un sistema de ensamblaje tradicional, poseía varias oportunidades de mejora. Primero, se pudo identificar que actualmente la planta de producción únicamente produce un tipo de vehículo, lo cual en la actualidad podría llegar a ser un limitante en el caso que se desee ser competitivo en el mercado de vehículos. Asimismo, se identificó, que en el proceso productivo, existía una operación que se desempeñaba como un cuello de botella, haciendo que la capacidad de producción se viera afectada de manera negativa. Otro aspecto clave identificado, fue que el diseño de la planta de producción poseía una gran cantidad de espacio sin utilizar, además que aún no se estaba tomando en cuenta el área de oficinas administrativas, las cuales, en la vida real, posee una utilidad significativa en el desarrollo y manejo de la planta de producción en general. Por último, por medio del análisis del PESTLE, se pudo identificar que actualmente, muchas de las empresas que se dedican a la producción de vehículos, alrededor del mundo, están optando por la implementación de vehículos eléctricos, significando una oportunidad de negocio en un país en vías de desarrollo tal como lo es Guatemala.

La realización y análisis del BOM o Bill of Materiales, nos permitió identificar aspectos claves para la implementación de un sistema de ensamblaje modular que permite producir dos vehículos diferentes en una misma línea de producción. Primero, por medio del análisis del BOM se identificaron los componentes y partes que podrían llegar a compartir ambos modelos de vehículos, tal como el chasis. Esta estandarización de componentes entre ambos modelos permite simplificar de manera significativa el proceso productivo, y nos permitió identificar los módulos que se podrían llegar a trabajar dentro del proceso productivo, tal como el proceso de ensamble y soldadura de la carrocería y el proceso del ensamble del motor. Estos resultados del análisis realizado del BOM, nos permitieron validar

que este enfoque modular, permite tener una flexibilidad bastante grande en el proceso productivo, permitiendo ajustes según las necesidades de cada modelo, y al mismo tiempo, permite que se optimice el uso de componentes compartidos. Asimismo, el uso de vehículos guiados automatizados y robots móviles autónomos dentro del proceso de producción ha demostrado mejorar de manera significativa el flujo del trabajo en el proceso de ensamble, optimizando el espacio de producción y la adaptabilidad de la planta.

El investigar acerca de otras empresas en el sector automotriz, nos permitió poder comprobar y observar que existe una gran tendencia también al uso de plataformas modulares o el uso eficiente de modelos y componentes compartidos entre varios modelos de vehículos, tal como la TNGA utilizada por Toyota y la MQB utilizada por Volkswagen. Estas plataformas han demostrado tener un efecto positivo en temas como la flexibilidad, costos y mejora de tiempos de desarrollo de productos.

El definir los procesos productivos que se iban a modular en la planta de producción, nos permitió comenzar a realizar la toma de tiempo de los procesos que eran diferentes entre vehículos, los cuales eran el ensamblaje y soldadura de la carrocería y la elaboración del drivetrain con el motor. El tiempo obtenido para el Nissan March en relación al proceso de ensamblaje y soldadura de la carrocería fue de un minuto con 18 segundos. Ahora, debido a que ambos carros iban a tener el mismo tiempo de elaboración del drivetrain con el motor, a ambos se les asignó un tiempo promedio de 50 segundos.

A partir de estos tiempos, se elaboró el DOP para cada uno de los vehículos. Para el Nissan Versa, se obtuvo, luego de incluir el proceso de elaboración de drivetrain con motor, un tiempo de procesamiento de 22 minutos con 32 segundos. Para el Nissan March, debido a que los tiempos en la carrocería eran distintos, se obtuvo al final un tiempo promedio de procesamiento de 20 minutos con 58 segundos. El análisis del DOP también nos permitió realizar un balance de líneas para cada uno de los vehículos, asumiendo, que la demanda entre ambos iba a ser de 8096 carros al mes, en donde para ambos, se obtuvo que el proceso productivo se tenía que dividir en 8 estaciones de trabajo. La producción se dividió en 2/3 para el Nissan Versa y 1/3 para el Nissan March, tomando en cuenta el margen de contribución, asumiendo que ambos tendrían el mismo costo y utilizando precios de venta para el año 2017. Este análisis nos permitió validar que es mejor producir el Nissan Versa, debido a que posee un mayor margen de contribución. Asimismo, el análisis del balance de líneas nos permitió definir la cantidad de operarios que serían necesarios para operar en el sistema de ensamblaje modular, en donde se obtuvo un total de 51 operarios y 4 supervisores por turno de trabajo.

Debido a que se identificó que anteriormente no se había tomado en cuenta el área administrativa en la planta de producción, se procedió a realizar un organigrama con los roles y áreas que se deberían de tener para asegurar un funcionamiento óptimo de la planta, desde el punto de vista administrativo. En el organigrama se identificaron las áreas de operaciones, finanzas, recursos humanos, logística y suministro, IT y comercial, en donde se obtuvo un total de 19 colaboradores. Este cambio y toma en cuenta del área administrativa, tendrá un efecto en los costos iniciales de construcción y en los costos indirectos de mano de obra.

Una vez identificada toda la información mencionada anteriormente, se procedió a diseñar el layout de la planta de producción, modificando la distribución de las áreas para poder implementar los módulos previamente establecidos. Asimismo, el área administrativa, tampoco se había considerado en el layout original de la planta de producción, por lo que se diseñó y elaboró las oficinas en donde se iban a desempeñar los trabajadores. Estas oficinas poseen una medida de 10.50 m X 62.00 m. El realizar el layout, nos permitió validar el dato que existía mucho espacio sin utilizar dentro de la planta, por lo que se optó por rediseñar la planta de producción, en donde los módulos se externalizan del área de producción, permitiendo que las dimensiones del área de construcción se redujeron de 5421 varas cuadradas a 4965.8 varas cuadradas, en donde el área principal de producción abarca únicamente 4097 varas cuadradas.

Por último, se realizó una simulación en la plataforma SIMIO para poder observar cómo se comportaría el proceso de producción de dos vehículos en una misma línea de producción por medio de un sistema de ensamblaje modular. Al analizar la simulación, se pudo solucionar y abordar el cuello de botella identificado en la evaluación inicial del proceso de producción tradicional, por medio del aumento de la capacidad de operarios al doble de su valor original. Este cambio en el cuello de botella nos permitió pasar de producir 244 carros del Nissan Versa a 261, y nos permitió pasar de 104 carros del Nissan March a 111 carros, aumentando la producción diaria en 3 unidades, comparado con la producción con el proceso tradicional.

El análisis de la simulación realizada previamente en la fase anterior permitió que se pudieran elaborar el MRP para cada uno de los modelos de vehículos, tomando en cuenta la cantidad a utilizar por vehículo y la cantidad total que se tendría que comprar al momento de estar produciendo 372 carros diarios y 8184 carros al mes. En base al MRP, luego se procedió a realizar el cálculo del costo de materia prima directa. Para este costo se tomó como base los costos de la materia prima que comparten entre ambos vehículos del trabajo de graduación del Ingeniero Luis Diego Romero y se cotizaron los costos de los productos diferenciados entre ambos modelos. Luego del análisis del costeo, se obtuvo que el costo del Nissan Versa por unidad se mantuvo en Q. 65,439.13 y el costo por unidad del Nissan March fue de Q.71, 016.36. Este aumento del costo fue dado debido a que se especificaron componentes del motor para el caso del Nissan March, además que al cotizar los componentes diferenciados que son importados, se obtuvo que muchos de ellos poseían un costo mayor a comparación de los costos del Nissan Versa.

El cálculo de la mano de obra directa se basó en la cantidad de operarios que se encuentran trabajando en los 3 turnos de producción disponibles, en donde 2 de esos turnos son dedicados a la producción del vehículo Nissan Versa y el otro turno es dedicado a la producción del Nissan March. Con esto en mente, se procedió a calcular el costo de la mano de obra, tomando como base un salario mínimo para los operarios de Q. 3266.86 y un salario mínimo para los supervisores de Q.5,097. Asimismo, se tomó en cuenta la bonificación incentivo que establece la ley la cual es Q. 250 y se tomó como porcentaje de prestaciones de ley un 41.86%. El costo de mano de obra directa para el Nissan Versa fue de Q. 557, 938.13 y el costo para el Nissan March fue de Q. 278,969.06.

Debido a que ahora se está tomando en consideración el área administrativa dentro de la planta de producción, se realizó el costeo inicial del mobiliario y equipo a utilizar dentro de las oficinas. En este rubro se consideraron los muebles del área común y el área de oficina. Además del costo del mobiliario y equipo, se realizó el costeo de componentes como los baños e iluminación que permiten asegurar un ambiente ameno y cómodo dentro de las oficinas, en donde este monto asciende a Q. 209,168.83. Este monto será necesario considerarlo al momento que se realice un estudio de inversión de la planta de producción, ya que son costos los cuales se deben incurrir al inicio del proyecto.

Otro costo importante que se tomó en consideración en relación al área administrativa fue el costo de la mano de obra indirecta, la cual incluye los sueldos de los colaboradores, la bonificación incentivo y el mismo porcentaje de prestaciones de ley utilizadas para el cálculo de costeo de la mano de obra directa. El costo de la mano de obra indirecto ascendió a un valor de Q. 244,648.35. Otro costo que se tomó en cuenta, desde el punto de vista indirecto, fue el costo de la electricidad y agua potable consumido por parte del área administrativa y el consumo eléctrico de la iluminación en el área de producción. Al analizar el consumo mensual, se obtuvo un costo indirecto de electricidad de Q. 2,558.89 y un costo indirecto de consumo de agua potable de Q. 34.24 mensual.

Un aspecto importante que se costeó en esta última fase fue el costo del layout original tomando en cuenta las oficinas administrativas y también se costeó la propuesta del layout optimizado también tomando en cuenta las oficinas administrativas. Para el caso del layout inicial, se obtuvo un costo de construcción total de Q. 6,590,799.2, mientras que para el layout propuesto se obtuvo un costo de construcción total de Q. 6,118,538.32. Básicamente el optimizar el layout de la planta de producción de vehículos por medio de un sistema de ensamblaje modular, permite que se reduzcan los costos iniciales de construcción en Q. 452,260.89.

También se realizó el cálculo del costo de la maquinaria utilizada en el proceso productivo. Se tomó en cuenta la cantidad de máquinas a utilizar, y el costo unitario de cada uno. El costo total de la maquinaria ascendió a Q. 8,059,253.68, lo cual se puede llegar a considerar un valor bastante alto, y este puede estar dado por la implementación de los vehículos AMR los cuales poseen un costo unitario de Q. 69,625.95. Asimismo, se estimó el valor mensual de la depreciación de las máquinas y el costo de mantenimiento.

Una vez identificados todos los costos, tanto indirectos como directos, se procedió a aplicar un costeo basado en actividades para poder estimar el monto total de cada uno de estos costos, para cada vehículo que se está produciendo en la planta de producción con el sistema de ensamblaje modular. Para el costeo, se identificaron 3 actividades indirectas para realizar el cálculo de la tasa presupuestada de costos indirectos.

El costeo basado en actividades nos permitió calcular el total de costos indirectos para cada uno de los vehículos producidos, los cuales ascendía a Q. 164,827.65 para el Nissan Versa y Q. 82,413.83 para el Nissan March. Estos costos indirectos se dejaron únicamente indicados, debido a que para el costo unitario se tomó en cuenta únicamente los costos directos.

Con base en el análisis de solo los costos directos, se obtuvo el costo unitario para cada centro de costos, que en este caso eran los vehículos, en donde el costo unitario del Nissan Versa fue de Q. 65,568.68 y Q.71,168.66 para el Nissan March. Al comparar el costo unitario utilizando el sistema de ensamblaje modular vs el sistema tradicional se obtuvo que se redujo el costo unitario del Nissan Versa en un 0.06%. Esto nos indica que el sistema de ensamblaje modular permite tener una mejora en los costos de manera significativa, tanto en el layout y distribución del área de producción como en el costo unitario de cada vehículo, debido a que los costos directos tienen a dividirse entre los productos producidos.

Al tener toda la información relacionada a la producción de los dos vehículos en la planta de producción por medio de un sistema de ensamblaje modular, se procedió a realizar y establecer los indicadores de producción que se habían establecido en la fase 1, para realizar una comparación entre el sistema de ensamblaje tradicional y el modular. Al observar el Throughput, nos podemos dar cuenta, que si bien en el sistema tradicional, se llegan a producir más unidades en comparación con las unidades generadas, en el sistema modular, se llega a producir más unidades en conjunto, llegando a producir 3 unidades más por día, lo cual se traduce a 8184 unidades al mes, en comparación con las 8096 unidades al mes con el sistema tradicional.

Al analizar el indicador del tiempo de ciclo, podemos observar que el tiempo para el Nissan Versa, en comparación con el sistema de ensamblaje tradicional, aumentó de 20 minutos con 42 segundos a 22 minutos con 32 segundos. Tal como se mencionó anteriormente, este aumento se da porque para poder establecer el módulo del ensamble del drivetrain con el motor, se tuvo que agregar varias operaciones dentro del proceso, pero en sí, el tiempo de ciclo, sigue siendo bastante rápido en comparación con los tiempos de ciclo de la industria automotriz. Ahora bien, el Nissan March posee un tiempo de ciclo de 20 minutos con 58 segundos. Este tiempo es relativamente más rápido que el Nissan Versa, debido a que el Nissan Versa posee un diseño mucho más complejo, especialmente al momento de hablar de la carrocería, el cual es el proceso en donde el tiempo de procesamiento del Nissan March se reduce en gran manera.

El costo unitario, tal como se mencionó anteriormente, para el Nissan Versa fue de Q.65,568.68 y para el Nissan March fue de Q. 71,168.66. El costo del Nissan March es relativamente mayor al costo del Nissan Versa, debido principalmente a la cantidad de unidades que son producidas de cada vehículo, y el costo de la materia prima diferenciada para el Nissan March. Para poder mejorar el costo del mismo, se recomendaría agregar una nueva línea de producción, dedicada solo para el Nissan March para poder aumentar las unidades producidas al día.

El indicador de unidades producidas por hora nos permite ver que en no hay mayor diferencia entre el sistema de ensamblaje tradicional y el modular en relación a este indicador, ya que el sistema modular producido 16 vehículos por hora, mientras que el tradicional 15, sin embargo, el sistema modular permite realizar una producción simultánea de los dos modelos de vehículos, permitiendo así una mayor flexibilidad y adaptabilidad al mercado cambiante de automóviles.

El último indicador de producción, el cual es el costo de mano de obra unitario para cada uno de los modelos de vehículo, nos indica que el sistema de ensamblaje tradicional posee un menor costo para el Nissan Versa, siendo este Q.61.02, en comparación al costo de mano de obra unitario con el sistema de ensamblaje modular, siendo este Q. 97.17. Esta diferencia está dada por la cantidad de personas que fueron agregadas para desempeñarse en el módulo del ensamblaje del drivetrain con el motor, las cuales fueron 8 personas. Asimismo, este aumento está dado por la resolución de cuello de botella en el proceso de colocación del tablero e interior, en donde se agregaron 4 operarios más para solucionarlo. Ahora, el costo de mano de obra unitario para el Nissan March fue de Q.114.24, el cual también se ve influenciado por el aumento en la cantidad de operarios en el área de producción y también por la cantidad de unidades producidas.

Por último, al analizar el análisis de sensibilidad realizado para determinar que variables podrían llegar a tener un efecto significativo en el costo unitario de cada uno de los modelos de vehículos, se determinó que el costo de las láminas de aluminio, utilizadas para la fabricación de las piezas del chasis, guardafangos y carrocería, es la variable que posee el efecto más importante en el costo de ambos vehículos. La siguiente variable que podría llegar a tener un efecto significativo en el costo unitario de cada uno de los vehículos es el valor de los aranceles de importación. Esto se debe a que mucha de la materia prima utilizada para la producción de los vehículos proviene de países extranjeros.

En conclusión, la implementación del sistema de ensamblaje modular ha demostrado ser una solución integral y eficiente para la producción simultánea de dos modelos de vehículos en una misma línea de ensamblaje. Las mejoras en flexibilidad, eficiencia operativa, especialización de la mano de obra y reducción de costos, junto con la capacidad de adaptación a fluctuaciones en la demanda, refuerzan los beneficios de esta metodología frente a los enfoques tradicionales de producción en línea. Este sistema representa un avance significativo en la industria automotriz, especialmente para plantas de producción que buscan optimizar sus recursos y mantenerse competitivas en un mercado en constante evolución.

8. Capítulo 4: Modularización de cinta de manufacturación automotriz y modelado interno de vehículo.

8.1. Metodología

8.1.1. Enfoque general

Este proyecto utiliza un enfoque interdisciplinario que combina la ingeniería industrial, las ciencias de la computación y el diseño para crear una línea de producción en realidad virtual. El simulador se visualizará a través de Oculus Quest por el motor Unity, permitiendo a los usuarios interactuar de manera inmersiva en una línea de producción y la vista interior del vehículo.

8.1.2. Etapas de desarrollo

8.1.2.1. Planificación

Requerimientos de la planta: Estructura, estaciones, maquinaria y procesos de la línea de producción.

Recursos técnicos: Hardware y software necesarios para el modelado, animación e implementación del simulador.

8.1.2.2. Modelado y animación

El modelado y la animación de la planta de ensamblaje se llevarán a cabo utilizando Blender, además de esto se buscarán modelos licenciados con tal de ahorrar tiempo de desarrollo:

Modelado 3D: Se crearán modelos detallados de la planta, maquinaria y vehículos.

Animación: Se animarán los procesos de producción, incluyendo el movimiento de las piezas, el ensamblaje, el flujo de la línea de producción y las funcionalidades del tablero del vehículo.

8.1.2.3. Implementación.

La implementación del simulador se realizará en Unity:

Integración: Los modelos y animaciones creados en Blender se importarán a Unity para su integración en el simulador.

Interactividad: Se desarrollarán scripts en C\# para permitir la interacción del usuario con la planta a través de Oculus Quest.

Navegación: Se configurará la navegación dentro del simulador, permitiendo a los usuarios moverse libremente por la planta y explorar los procesos, esta iteración la planta estará inactiva parcialmente.

8.1.2.4.Pruebas y validación.

El simulador será sometido a una serie de pruebas:

Pruebas de funcionalidad: Para verificar que todos los procesos de la línea de producción funcionan correctamente.

Pruebas de usabilidad: Para asegurar que el simulador sea intuitivo y fácil de usar, realizando pruebas con usuarios.

Pruebas de rendimiento: Para garantizar que el simulador funcione de manera fluida en Oculus Quest.

8.1.2.5.Documentación.

Se elaborará la documentación del simulador, que incluirá:

Documentación técnica: Descripción de la estructura interna, implementación y arquitectura del simulador.

Documentación de diseño: Informe detallado de la estructura de software; clases, módulos, interfaces y diagramas UML.

Documentación API: Funcionamiento de las interfaces.

RoadMap: Vista a futuro del proyecto para la implementación completa de la planta.

Documentación de implementación: Guía para la implementación de los nuevos módulos de la planta.

Informe de pruebas: Resultados de las pruebas realizadas y mejoras implementadas.

8.1.2.6.Implementación en el entorno de la planta.

El simulador se integrará con datos reales de la planta:

Datos de producción: Se importarán datos reales de la planta para validar la funcionalidad del simulador.

Optimización: Se analizarán los procesos y se sugerirán mejoras basadas en los datos obtenidos del simulador.

8.2. Marco teórico.

8.2.1. Tecnologías.

- Unity:

Unity es un motor de desarrollo de juegos multiplataforma ampliamente utilizado por desarrolladores de todo el mundo. Permite crear contenido interactivo en 2D y 3D, proporcionando un conjunto completo de herramientas y recursos que facilitan el desarrollo de aplicaciones y juegos sofisticados. Entre las características más destacadas de Unity se encuentran su manejador de activos, el UI Toolkit, el sistema de física, las capacidades de animación, el sistema de audio, el soporte para realidad virtual y las optimizaciones específicas para plataformas.

Manejador de activos: El manejador de activos en Unity permite una gestión eficiente de los recursos utilizados en el desarrollo de juegos, incluyendo modelos, texturas, sonidos y otros tipos de datos. Esto facilita la organización y el acceso rápido a los activos, mejorando la eficiencia del flujo de trabajo del desarrollador -Unity Documentation- Asset Manager ().

UI Toolkit: El UI Toolkit de Unity es una herramienta integral para el diseño y la implementación de interfaces de usuario (UI) en aplicaciones y juegos. Proporciona un conjunto de controles y un sistema de estilo que permite a los desarrolladores crear interfaces de usuario intuitivas y atractivas Unity Documentation - UI Toolkit ().

Sistema de física: Unity incluye un sistema de física robusto que simula el comportamiento realista de los objetos en un entorno virtual. Este sistema permite a los desarrolladores aplicar fuerzas, detectar colisiones y gestionar interacciones físicas complejas entre los objetos del juego Unity Documentation - Physics ().

Capacidades de animación: El sistema de animación de Unity ofrece herramientas avanzadas para la creación y control de animaciones de personajes y objetos. Permite a los desarrolladores definir y gestionar secuencias de movimiento de manera eficiente, asegurando transiciones suaves y realistas Unity Documentation - Animation ().

Sistema de audio: El sistema de audio en Unity proporciona soporte para la reproducción y manipulación de sonidos y música dentro del juego. Esto incluye capacidades para aplicar efectos de audio, ajustar niveles de volumen y crear experiencias auditivas envolventes Unity Documentation - Audio ().

Soporte para realidad virtual: Unity es compatible con una amplia gama de plataformas de realidad virtual (VR), lo que permite a los desarrolladores crear experiencias

inmersivas para dispositivos VR. El soporte incluye herramientas específicas para la integración y optimización de contenidos VR [Unity Documentation - VR Overview \(\)](#).

Optimización para plataformas específicas: Unity permite optimizar los juegos para diferentes plataformas, incluyendo consolas, PC, dispositivos móviles y más. Esto garantiza que el rendimiento y la calidad visual del juego sean consistentes en todas las plataformas de destino [Unity Documentation - Platform Specific \(\)](#).

Unity es una herramienta versátil y poderosa que facilita el desarrollo de aplicaciones interactivas y juegos de alta calidad, proporcionando un conjunto completo de recursos que abarcan desde la gestión de activos hasta la optimización específica para plataformas.

- Blender.

Blender es un software de código abierto utilizado para la creación de gráficos 3D, que ofrece una amplia gama de herramientas para modelado, animación, renderizado, escultura y pintura. Es una herramienta versátil que se utiliza en diversas industrias, desde la animación y el cine hasta la impresión 3D y la realidad virtual.

Las características principales de Blender incluyen su interfaz, la disposición de escenas, las herramientas de escultura y pintura, el sistema de animación y las capacidades de renderizado.

Blender está diseñada para ser altamente personalizable y eficiente, permitiendo a los usuarios ajustar las ventanas y los paneles según sus necesidades específicas. La interfaz incluye múltiples áreas de trabajo y permite la creación de atajos personalizados para mejorar la productividad [Blender Manual - Interface \(\)](#).

Disposición de escenas: Blender ofrece herramientas avanzadas para la disposición de escenas, lo que permite a los usuarios organizar y gestionar los elementos dentro de una escena de manera efectiva. Estas herramientas incluyen la capacidad de crear y manipular objetos, cámaras, luces y otros elementos esenciales para la construcción de entornos 3D complejos [Blender Manual - Scene Layout \(\)](#).

Herramientas de escultura y pintura: Blender proporciona un conjunto robusto de herramientas de escultura y pintura que permiten a los artistas modelar y texturizar sus creaciones con gran detalle. Estas herramientas incluyen pinceles personalizables, capacidades de esculpido dinámico y opciones de pintura en textura y vértices [Blender Manual - Sculpt and Paint \(\)](#).

Sistema de animación: El sistema de animación de Blender es extremadamente poderoso y versátil, permitiendo la creación de animaciones complejas para personajes y objetos.

Ofrece herramientas para la animación basada en fotogramas clave, animación no lineal y rigging avanzado, facilitando la producción de movimientos realistas y fluidos (Blender Manual - Animation).

Capacidades de renderizado: Blender incluye múltiples motores de renderizado, como Cycles y Eevee, que permiten a los usuarios producir imágenes y animaciones de alta calidad. Estas capacidades de renderizado soportan efectos avanzados de iluminación, sombreado y texturizado, proporcionando resultados profesionales (Blender Manual - Render).

Blender es una herramienta integral para la creación de gráficos 3D que combina una interfaz adaptable con potentes herramientas para escultura, pintura, animación y renderizado. Su naturaleza de código abierto y su amplia comunidad de usuarios contribuyen a su continuo desarrollo y mejora.

- C#.

C# es un lenguaje de programación desarrollado por Microsoft que se utiliza ampliamente para el desarrollo de aplicaciones en la plataforma .NET. Es un lenguaje de programación orientado a objetos que combina la simplicidad del lenguaje C con las capacidades avanzadas de programación y la robustez de C++. C está diseñado para ser un lenguaje moderno, simple y seguro, proporcionando un alto nivel de eficiencia y flexibilidad para el desarrollo de software.

Características del lenguaje C#

Simplicidad y facilidad de Uso: C# está diseñado para ser fácil de aprender y usar, con una sintaxis clara y concisa que facilita la escritura y comprensión del código.

Orientación a Objetos: C# es un lenguaje orientado a objetos, lo que significa que permite a los desarrolladores crear programas modulares y reutilizables. La orientación a objetos facilita la gestión de la complejidad del software mediante la encapsulación, herencia y polimorfismo.

Interoperabilidad: C# se integra perfectamente con otras tecnologías de Microsoft, como el framework .NET, lo que permite a los desarrolladores aprovechar una amplia gama de bibliotecas y herramientas existentes. **Seguridad y Manejo de Memoria:** C incluye características avanzadas de seguridad y manejo de memoria, como la recolección automática

de basura y la tipificación segura, lo que ayuda a prevenir errores comunes de programación y problemas de seguridad.

Aplicaciones de C#:

Desarrollo de aplicaciones de escritorio: C# es una opción popular para el desarrollo de aplicaciones de escritorio en Windows utilizando el framework .NET.

Desarrollo web: C# se utiliza junto con ASP.NET para crear aplicaciones web dinámicas y servicios web.

Desarrollo de juegos: C# es el lenguaje principal utilizado en el motor de juegos Unity, lo que lo convierte en una opción popular para el desarrollo de juegos en 2D y 3D.

Aplicaciones Móviles: Con Xamarin, una plataforma de desarrollo móvil de Microsoft, los desarrolladores pueden utilizar C# para crear aplicaciones móviles para iOS y Android.

C# es un lenguaje de programación versátil y poderoso que ofrece una amplia gama de características y capacidades para el desarrollo de software en diversas plataformas y aplicaciones. C Language Reference ()

- Oculus Quest 2

El Oculus Quest 2, desarrollado por Meta, es uno de los dispositivos de realidad virtual (VR) más avanzados y accesibles disponibles en el mercado. Este dispositivo ha sido diseñado para proporcionar una experiencia de VR completamente inmersiva sin necesidad de una conexión a una PC o consola, ofreciendo una gran flexibilidad y portabilidad a los usuarios. Además, la combinación de Oculus Quest 2 con herramientas de desarrollo como Unity permite la creación de aplicaciones y experiencias de realidad virtual y aumentada (AR) de alta calidad.

Especificaciones técnicas del Oculus Quest 2. El Oculus Quest 2 cuenta con especificaciones técnicas impresionantes que lo posicionan como uno de los dispositivos de VR más potentes. Algunas de las características clave incluyen:

Procesador: Qualcomm Snapdragon XR2, diseñado específicamente para experiencias de realidad extendida (XR). Pantallas: Dos pantallas con una resolución de 1832x1920 píxeles por ojo, proporcionando imágenes nítidas y claras.

Almacenamiento: Disponible en versiones de 128GB y 256GB. Controladores: Controladores Oculus Touch mejorados para una interacción precisa y natural. Tracking: Tracking insideout con cuatro cámaras integradas para un seguimiento de movimiento preciso sin la necesidad de sensores externos. Audio: Audio posicional 3D integrado para una experiencia de sonido envolvente Meta Quest 2 Tech Specs (). Integración con Unity para Desarrollo en VR/AR: Unity es una plataforma de desarrollo ampliamente utilizada para la creación de aplicaciones y juegos en VR y AR. La documentación de Oculus para Unity proporciona una guía completa sobre cómo empezar a desarrollar aplicaciones para Oculus Quest 2. Esto incluye la configuración del entorno de desarrollo, la implementación de

interacciones VR específicas, y la optimización de las aplicaciones para un rendimiento óptimo en Oculus Quest 2 Oculus Unity Documentation – Getting Started Overview ()

Realidad Aumentada y Virtual La realidad aumentada (AR) y la realidad virtual (VR) son tecnologías que están revolucionando la manera en que interactuamos con el mundo digital. Mientras que la VR sumerge completamente al usuario en un entorno virtual, la AR superpone elementos digitales en el mundo real. Estas tecnologías tienen aplicaciones en una amplia variedad de campos, desde los videojuegos y el entretenimiento hasta la educación y la formación profesional.

Realidad virtual (VR): La VR crea un entorno completamente digital en el que los usuarios pueden interactuar de manera inmersiva. Dispositivos como el Oculus Quest 2 permiten a los usuarios explorar mundos virtuales, participar en juegos interactivos y aplicaciones educativas, y experimentar simulaciones realistas.

Realidad aumentada (AR): La AR, por otro lado, añade elementos digitales al entorno físico del usuario, mejorando la percepción del mundo real. Esto se logra a través de dispositivos como smartphones, tablets y gafas AR, que superponen información digital sobre el entorno físico. La combinación de AR y VR, conocida como realidad mixta (MR), permite crear experiencias aún más interactivas y envolventes, aprovechando lo mejor de ambas tecnologías.

El Oculus Quest 2 y la integración con Unity proporcionan una plataforma poderosa para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada y virtual, ofreciendo a los desarrolladores las herramientas necesarias para crear experiencias inmersivas e innovadoras

8.2.1.1. Modelación 3D y técnicas de modelado

El modelado 3D es una técnica de representación digital de objetos tridimensionales mediante software especializado. Esta técnica es fundamental en diversas industrias, incluyendo el diseño industrial, la ingeniería, la arquitectura, el entretenimiento, y la investigación científica. A continuación, se describen los principales conceptos y técnicas de modelado 3D, proporcionando una visión integral de sus características y aplicaciones.

1. Modelado paramétrico: El modelado paramétrico utiliza parámetros y restricciones matemáticas para definir la geometría de los objetos. Esta técnica permite realizar cambios rápidos y precisos en el diseño al modificar los parámetros definidos. Es especialmente útil en ingeniería y diseño industrial, donde la precisión y la capacidad de hacer ajustes rápidos son cruciales. Programas como SolidWorks y CATIA son conocidos por sus capacidades de modelado paramétrico SolidWorks Manual ()

2. Modelado de superficies: El modelado de superficies se enfoca en la creación de superficies curvas y lisas, lo cual es ideal para el diseño de partes exteriores y estéticas de

objetos. Esta técnica permite una alta precisión en la representación de formas complejas y es ampliamente utilizada en la industria automotriz y aeronáutica. Herramientas como Rhino y Autodesk Alias son comunes para este tipo de modelado Rhino Manual ().

3. Modelado sólido: El modelado solido representa objetos mediante sólidos geométricos completos, proporcionando una visión detallada del volumen y la estructura interna del objeto. Esta técnica es precisa y se utiliza mucho en ingeniería y diseño mecánico. Software como AutoCAD y PTC Creo facilitan el modelado solido AutoCAD Manual ().

4. Modelado de malla (poligonal): El modelado de malla o poligonal construye objetos a partir de vértices, aristas y caras. Esta técnica es flexible y permite modelar formas complejas y detalladas. Es común en la industria del entretenimiento, especialmente en la creación de personajes y escenarios para videojuegos y películas. Blender, 3ds Max y Maya son programas populares para el modelado de malla Blender Manual ().

5. Modelado basado en funciones constructivas (CSG): El modelado basado en funciones constructivas (CSG) utiliza operaciones booleanas para combinar formas primitivas en modelos complejos. Esta técnica es robusta y permite crear geometrías complicadas mediante uniones, diferencias e intersecciones. Es útil en aplicaciones de ingeniería y manufactura OpenSCAD Manual ().

6. Modelado basado en NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines): NURBS es una técnica de modelado que utiliza curvas y superficies definidas matemáticamente para crear formas suaves y precisas. Es ideal para modelar superficies complejas y detalladas, y se utiliza en diseño automotriz, de productos y arquitectura. Programas como Rhino y Maya soportan NURBS Maya Manual ().

7. Modelado de volúmenes: El modelado de volúmenes representa objetos mediante volúmenes, utilizando voxels en lugar de vértices y aristas. Es útil para simulaciones y análisis, especialmente en aplicaciones científicas y médicas. Software como MagicaVoxel se utiliza para este tipo de modelado MagicaVoxel Manual ().

8. Modelado procedural: El modelado procedural genera modelos automáticamente utilizando algoritmos y reglas predefinidas. Es eficiente para crear entornos complejos y repetitivos, como paisajes y ciudades. Houdini y Blender (con scripting) son herramientas que soportan modelado procedural Houdini Manual ().

9. Modelado de subdivisión de superficies: El modelado de subdivisión de superficies comienza con una malla poligonal simple y subdivide repetidamente las caras para crear una superficie suave y detallada. Es común en la animación y la creación de personajes. Maya y Blender tienen herramientas robustas para esta técnica (Blender Subdivisión Surface).

10. Modelado esquelético (Rigging): El modelado esquelético o rigging, involucra la creación de una estructura interna (esqueleto) para la animación de modelos. Es esencial para la animación de personajes y mecanismos, permitiendo movimientos realistas y complejos. Blender, Maya y 3ds Max son programas que ofrecen avanzadas capacidades de rigging - Maya Rigging Manual.

El modelado 3D es una disciplina vasta y compleja que abarca diversas técnicas y enfoques, cada uno con sus propias aplicaciones y ventajas. Desde el modelado paramétrico en ingeniería hasta el rigging en animación, estas técnicas permiten la creación de modelos tridimensionales detallados y precisos que son esenciales en una amplia gama de industrias.

8.2.1.2.Planta automotriz.

El ensamblaje y la manufactura de vehículos son procesos complejos que involucran múltiples etapas, desde el diseño inicial hasta la producción final. Este proceso es fundamental para garantizar la calidad, la seguridad y la eficiencia del producto final. A continuación, se presenta una descripción técnica de los principales aspectos involucrados en el ensamblaje y la manufactura de un vehículo, basada en las metodologías y estudios descritos por Velásquez et al. (2022) VELASQUEZ . (2022).

1. Diseño y desarrollo de prototipos: El proceso comienza con el diseño conceptual y la creación de prototipos. En esta fase, se utilizan herramientas de diseño asistido por computadora (CAD) para crear modelos detallados del vehículo y sus componentes. Los prototipos permiten realizar pruebas iniciales y ajustes antes de pasar a la producción en masa.

2. Desarrollo de procesos: El desarrollo de procesos es crucial para definir cómo se ensamblarán y fabricarán las partes del vehículo. Esto incluye la selección de métodos de producción, la planificación de la secuencia de operaciones y la optimización de los flujos de trabajo para maximizar la eficiencia y minimizar los costos.

Planificación de Procesos: Definición de las operaciones necesarias para producir cada componente.

Selección de herramientas y maquinaria: Identificación de las herramientas y maquinas específicas que se utilizarán en la producción.

Optimización de flujos de trabajo: Diseño de líneas de ensamblaje eficientes para reducir el tiempo de producción y mejorar la calidad.

3. Fabricación de partes: La fabricación de partes incluye la producción de todos los componentes necesarios para ensamblar el vehículo. Esto puede involucrar diferentes técnicas de manufactura, tales como:

Fundición: Utilizada para crear piezas metálicas grandes y complejas.

Mecanizado: Procesos como el torneado, fresado y taladrado para obtener piezas con alta precisión. Moldeo: Empleado para la fabricación de piezas plásticas y componentes compuestos.

4. Ensamblaje: El ensamblaje del vehículo se lleva a cabo en varias etapas, cada una de las cuales agrega componentes y subensamblajes al producto final. Este proceso puede incluir:

Ensamblaje del chasis: Montaje de la estructura básica del vehículo, incluyendo el bastidor y las suspensiones.

Instalación del tren motriz: Colocación del motor, la transmisión y otros componentes relacionados con el sistema de propulsión.

Montaje de la carrocería: Unión de las partes exteriores, como puertas, capo y paneles laterales.

Integración de sistemas: Instalación de sistemas eléctricos, electrónicos y de infotainment. Acabados y Control de Calidad: Aplicación de pintura, pruebas de funcionamiento y verificación de calidad.

5. Herramientales: El desarrollo de herramientas específicos es esencial para garantizar la precisión y la consistencia en la producción de partes y ensamblajes. Esto incluye:

Matrices y moldes: Utilizados en procesos de fundición y moldeo para dar forma a las piezas.

Plantillas y dispositivos de sujeción: Ayudan a mantener las piezas en su lugar durante el ensamblaje y el mecanizado.

Maquinas especializadas: Equipos diseñados especial y únicamente para realizar tareas particulares en el proceso de fabricación.

6. Colaboración con proveedores: La colaboración con proveedores es fundamental para el éxito del ensamblaje y la manufactura de vehículos. Los proveedores deben cumplir con estrictos estándares de calidad y tiempos de entrega para asegurar que todas las partes y componentes estén disponibles cuando se necesiten.

Selección de proveedores: Evaluación y elección de proveedores confiables que puedan cumplir con los requisitos de calidad y tiempo.

Coordinación logística: Gestión del transporte y la entrega de partes desde los proveedores hasta la planta de ensamblaje.

Control de calidad de insumos: Inspección de las piezas y componentes recibidos para asegurar que cumplen con las especificaciones.

El ensamblaje y la manufactura de un vehículo son procesos intrincados que requieren una planificación detallada, una ejecución precisa y una estrecha colaboración entre múltiples partes interesadas. La integración eficiente de todos estos aspectos es clave para producir vehículos de alta calidad y competitivos en el mercado.

8.2.1.3. Maquinaria a modelar.

Descripción técnica de la KR 1000 L750 Titan:

El KR 1000 L750 Titan es un robot industrial desarrollado por KUKA Robóticas, diseñado para manejar cargas pesadas y tareas de manufactura de alta precisión. Este robot es parte de la serie Titan y es conocido por su robustez, precisión y capacidad para operar en entornos industriales exigentes. A continuación, se presenta una descripción detallada de sus características y capacidades, basada en el manual de usuario proporcionado por KUKA KUKA Robotics (2024).

1. Capacidades de carga y alcance: El KR 1000 L750 Titan está diseñado para manejar cargas extremadamente pesadas, con una capacidad de carga útil de hasta 750 kg. Su amplio alcance de hasta 3600 mm permite realizar operaciones en un área extensa, lo que lo hace ideal para aplicaciones que requieren el manejo de grandes componentes o ensamblajes pesados.

2. Estructura y diseño: Este robot cuenta con una estructura robusta que asegura su estabilidad y precisión durante el funcionamiento. Está construido con materiales de alta resistencia que soportan el desgaste y las condiciones adversas de los entornos industriales. Su diseño modular facilita el mantenimiento y la reparación, reduciendo el tiempo de inactividad.

3. Precisión y repetibilidad: El KR 1000 L750 Titan ofrece una alta precisión y repetibilidad, con una desviación mínima en su posición final. Esta característica es crucial para aplicaciones que requieren una exactitud constante, como la soldadura, el ensamblaje de precisión y el manejo de materiales delicados.

4. Control y programación: El robot está equipado con un controlador avanzado que permite una programación flexible y personalizada. Los usuarios pueden programar el KR 1000 L750 Titan utilizando el software de programación de KUKA, que proporciona una interfaz intuitiva y herramientas avanzadas para optimizar el rendimiento del robot en diversas aplicaciones.

5. Aplicaciones industriales: El KR 1000 L750 Titan se utiliza en una amplia gama de industrias, incluyendo la automotriz, la manufactura pesada, la construcción y la minería. Algunas de las aplicaciones específicas incluyen:

Manipulación de materiales: Carga y descarga de piezas pesadas en líneas de producción. Ensamblaje: Montaje de componentes grandes y pesados. Soldadura: Realización de soldaduras precisas en grandes estructuras. Pintura y Recubrimiento: Aplicación de capas protectoras y decorativas en grandes superficies. 6. Seguridad y Cumplimiento El robot cumple con las normas internacionales de seguridad para la operación de robots industriales. Incluye características de seguridad como zonas de trabajo programables, sensores de colisión y sistemas de parada de emergencia para garantizar un entorno de trabajo seguro.

El KR 1000 L750 Titan de KUKA Robotics es un robot industrial altamente capaz, diseñado para tareas que requieren el manejo de cargas pesadas y una alta precisión. Su robustez, precisión y flexibilidad lo convierten en una herramienta invaluable en diversas aplicaciones industriales, mejorando la eficiencia y la calidad de los procesos de manufactura.

8.2.1.4. Automóvil a ensamblar.

Descripción técnica del Nissan Versa Note 2017:

El Nissan Versa Note 2017 es un automóvil compacto diseñado para ofrecer una combinación de eficiencia, espacio y tecnología a un precio accesible. Este vehículo se destaca en el segmento de los hatchbacks por su versatilidad, economía de combustible y características avanzadas que mejoran la experiencia de conducción. A continuación, se presenta una descripción detallada de sus características y capacidades, basada en el folleto oficial de Nissan \cite{nissan_versa_note_2017}.

1. Diseño y estilo

El Nissan Versa Note 2017 presenta un diseño aerodinámico y moderno, con líneas fluidas y un perfil elegante que mejoran su eficiencia y atractivo visual. La parrilla distintiva de Nissan y los faros delanteros de halógeno añaden un toque de sofisticación al diseño del vehículo.

2. Motor y rendimiento

El Versa Note 2017 está equipado con un motor de 4 cilindros y 1.6 litros que ofrece un equilibrio ideal entre potencia y eficiencia. Este motor produce 109 caballos de fuerza y 107 lb-pie de torque, proporcionando una conducción ágil y eficiente. La transmisión variable continua (CVT) Xtronic de Nissan contribuye a una aceleración suave y un consumo de combustible optimizado, alcanzando hasta 39 mpg en carretera.

3. Espacio y comodidad

A pesar de su tamaño compacto, el Versa Note 2017 ofrece un interior sorprendentemente espacioso y cómodo. Los asientos traseros abatibles 60/40 permiten una flexibilidad excepcional para el almacenamiento de carga, proporcionando hasta 38.3 pies

cúbicos de espacio de carga con los asientos traseros plegados. Además, el amplio espacio para las piernas en ambas filas de asientos asegura la comodidad de todos los pasajeros.

4. Tecnología y conectividad

El Nissan Versa Note 2017 incorpora una variedad de tecnologías avanzadas diseñadas para mejorar la conectividad y la seguridad del conductor y los pasajeros. Algunas de estas características incluyen:

Sistema de navegación NissanConnect: Con pantalla táctil de 5.8 pulgadas, permite acceso a aplicaciones móviles, navegación y control de audio.

Cámara de visión trasera: Facilita el estacionamiento y las maniobras en espacios reducidos.

Bluetooth: Conectividad para llamadas manos libres y transmisión de audio.

Entrada sin Llave y botón de encendido: Para mayor comodidad y seguridad.

5. Seguridad

La seguridad es una prioridad en el Versa Note 2017, que incluye una serie de características avanzadas diseñadas para proteger a los ocupantes en todas las situaciones. Entre estas características se encuentran:

Control dinámico del vehículo (VDC): Ayuda a mantener la estabilidad del vehículo en condiciones difíciles.

Sistema de Frenos Antibloqueo (ABS): Mejora el control del vehículo durante frenadas de emergencia.

Airbags Avanzados: Incluyen airbags frontales, laterales y de cortina para una protección integral.

6. Economía de combustible

El Versa Note 2017 es conocido por su excepcional economía de combustible, lo que lo convierte en una opción atractiva para los conductores conscientes de los costos. Con un rendimiento de hasta 31 mpg en ciudad y 39 mpg en carretera, este vehículo ofrece una eficiencia impresionante sin comprometer el rendimiento.

El Nissan Versa Note 2017 es un vehículo compacto que combina diseño moderno, tecnología avanzada, y una economía de combustible sobresaliente. Su espacioso interior, características de seguridad y conectividad lo convierten en una opción ideal para conductores que buscan un automóvil práctico y eficiente.

8.2.1.5. Estudios previos

El trabajo de graduación "Desarrollo de un Ambiente Virtual para uso Didáctico con Énfasis en la Aplicación de Conocimiento en una Planta de Ensamblaje Automotriz" de la Universidad del Valle de Guatemala, Facultad de Ingeniería, representa una contribución significativa al uso de la realidad virtual (RV) en la educación y la capacitación industrial. Este proyecto destaca la implementación de dos escenarios de ensamblaje automotriz, uno

tradicional y otro automatizado, y su comparación en términos de capacidad productiva mediante herramientas de producción y análisis financiero.

El objetivo principal del estudio fue diseñar y comparar dos escenarios de ensamblaje automotriz (tradicional y automatizado) mediante la aplicación de RV. Estos escenarios fueron modelados e implementados en una aplicación de RV, demostrando el potencial de la tecnología para proyectar, generar y visualizar ideas de producción y análisis financiero sin necesidad de maquinaria moderna. La aplicación desarrollada permite simular el proceso de ensamblaje de automóviles, creando una herramienta didáctica para enseñar este proceso. Además, se trabajó en el desarrollo de un controlador de personaje, la mejora de la interfaz de usuario (UI/UX) y la definición de una estrategia de monetización a largo plazo.

La realidad virtual ha emergido como una tecnología crucial en el desarrollo de software y videojuegos, con un pronóstico de crecimiento significativo en el mercado global. Este estudio detalló el desarrollo de una aplicación de RV para simular el ensamblaje de automóviles, proporcionando una experiencia inmersiva a través de un controlador de personaje que permite interactuar con el entorno virtual. La planificación de la experiencia de usuario y el análisis de estrategias de monetización fueron aspectos clave del desarrollo, destacando la evolución de la RV desde los videojuegos hacia aplicaciones educativas y comerciales.

La implementación de RV en la educación de ingeniería industrial ofrece un enfoque innovador que puede transformar la enseñanza de conceptos teóricos y el desarrollo de habilidades prácticas. La RV proporciona una experiencia de aprendizaje inmersiva y realista que mejora la comprensión y retención del conocimiento por parte de los estudiantes. Este proyecto buscó abordar la falta de experiencias inmersivas en la enseñanza de ingeniería industrial, ofreciendo una solución que combina la educación y la tecnología de vanguardia para mejorar la calidad de la formación académica.

El estudio recomendó establecer un público objetivo y segmentar la demanda para realizar proyecciones financieras a largo plazo, asegurando la rentabilidad de la automatización en plantas industriales. Además, destacó la importancia de diseñar plantas completas, incluyendo áreas administrativas y logísticas, para obtener una visión integral de los beneficios de la RV en la educación y la capacitación industrial. La creación de assets reutilizables y la optimización de materiales y animaciones fueron cruciales para lograr un entorno interactivo de alta calidad. Finalmente, el desarrollo de un simulador de línea de ensamblaje en RV se presentó como una solución eficiente para la capacitación de operarios y la optimización de procesos industriales.

La tesis de la Universidad del Valle de Guatemala sobre el uso de la realidad virtual en la simulación de ensamblaje automotriz ofrece un marco sólido para entender cómo la

tecnología puede transformar la educación y la capacitación en ingeniería industrial. Este estudio no solo demuestra la viabilidad técnica y económica de la RV, sino que también establece un precedente importante para futuros proyectos educativos y de capacitación en el ámbito industrial. (giron 2024 desarrollo de un ambiente didáctico de realidad virtual).

8.2.2. Definiciones clave

Escena: En el contexto de la realidad virtual y el modelado 3D, una escena se refiere al entorno completo o al espacio virtual en el que se desarrollan las interacciones y las simulaciones. Incluye todos los objetos, luces, cámaras y otros elementos necesarios para recrear una experiencia inmersiva y realista. Cada escena puede contener múltiples modelos y scripts que definen el comportamiento y la apariencia de los elementos dentro del entorno virtual.

Modelo: Un modelo en 3D es una representación digital de un objeto físico o conceptual que se crea utilizando software de modelado 3D. Los modelos están compuestos por geometrías formadas por vértices, aristas y caras, y pueden ser manipulados y animados para simular el comportamiento real de los objetos en un entorno virtual. En la tesis, los modelos son fundamentales para representar los componentes de la planta de ensamblaje automotriz y otros elementos interactivos.

Superficie 3D: Una superficie 3D es una forma geométrica que define la frontera externa de un objeto tridimensional. En el modelado 3D, las superficies pueden ser definidas mediante varios métodos, incluyendo mallas poligonales, NURBS y subdivisión de superficies. Las superficies 3D son cruciales para crear modelos detallados y precisos, proporcionando la base para texturizar y animar los objetos en la escena.

Script: Un script es un conjunto de instrucciones de programación que define el comportamiento de los objetos y las interacciones dentro de una aplicación de realidad virtual. Los scripts se utilizan para implementar lógica de juego, controlar la animación, manejar eventos de usuario y realizar cálculos en tiempo real. En Unity, los scripts suelen estar escritos en C#, y son esenciales para el funcionamiento dinámico y la interactividad de la aplicación.

Proceso: En el contexto de la manufactura y el ensamblaje, un proceso se refiere a una serie de acciones o pasos necesarios para transformar materiales y componentes en productos acabados. Los procesos incluyen operaciones como corte, soldadura, ensamblaje y acabado, y son fundamentales para la producción eficiente y de alta calidad. En la tesis, se modelan y simulan procesos de ensamblaje automotriz para comparar diferentes escenarios de producción y evaluar su eficiencia y viabilidad económica.

Realidad virtual (RV): La realidad virtual es una tecnología que permite la creación de entornos simulados tridimensionales en los que los usuarios pueden interactuar de manera inmersiva utilizando dispositivos como cascos de RV y controladores de movimiento. En la tesis, se utiliza RV para simular el proceso de ensamblaje automotriz y proporcionar una herramienta educativa interactiva.

Interfaz de usuario (UI): La interfaz de usuario se refiere a los elementos visuales y de interacción que permiten a los usuarios comunicarse y operar dentro de una aplicación o sistema. En el contexto de la RV, una UI bien diseñada es crucial para garantizar una experiencia de usuario intuitiva y efectiva.

Experiencia de usuario (UX): La experiencia de usuario se refiere a la calidad de la interacción de un usuario con un sistema o aplicación, abarcando aspectos como la usabilidad, accesibilidad, y satisfacción general. Una buena UX es esencial para el éxito de aplicaciones educativas y de simulación en RV.

Controlador de personaje: Un controlador de personaje es un script o conjunto de scripts que gestionan las acciones y movimientos de un avatar dentro de un entorno virtual. Esto incluye caminar, correr, saltar, interactuar con objetos y otras acciones que el usuario puede realizar en la simulación.

Simulación: La simulación es el proceso de crear un modelo virtual que representa un sistema o proceso del mundo real, permitiendo su análisis y estudio en un entorno controlado. En la tesis, se simula el proceso de ensamblaje de automóviles para evaluar y mejorar la eficiencia de la producción.

Capacidad productiva: La capacidad productiva se refiere a la cantidad máxima de productos que una planta de ensamblaje puede producir en un período determinado, dados los recursos disponibles. Este concepto es crucial para comparar escenarios de ensamblaje tradicional y automatizado en la tesis.

Análisis financiero: El análisis financiero implica la evaluación de la viabilidad económica y el rendimiento de un proyecto o proceso, utilizando métricas y herramientas financieras. En el contexto de la tesis, se utiliza para comparar la rentabilidad de diferentes métodos de ensamblaje automotriz.

Modelado paramétrico: El modelado paramétrico utiliza parámetros y restricciones matemáticas para definir y manipular la geometría de los objetos 3D. Este enfoque permite cambios rápidos y precisos en el diseño de componentes y estructuras en la simulación de ensamblaje.

Modelado sólido: El modelado sólido representa objetos tridimensionales completos, definiendo tanto su forma externa como su volumen interno. Es ampliamente utilizado en ingeniería para crear representaciones precisas de componentes mecánicos y ensamblajes.

Modelado de superficies: El modelado de superficies se centra en la creación de superficies curvas y lisas para objetos tridimensionales. Es ideal para diseñar partes exteriores de vehículos y otros elementos que requieren formas aerodinámicas y estéticas.

Modelado de malla (Poligonal): El modelado de malla utiliza vértices, aristas y caras para crear objetos tridimensionales detallados. Esta técnica es flexible y se utiliza ampliamente en la industria del entretenimiento y en aplicaciones de simulación.

Realidad aumentada (RA): La realidad aumentada superpone elementos digitales en el entorno físico del usuario, mejorando la percepción del mundo real con información adicional. Aunque no es el enfoque principal de la tesis, la RA tiene aplicaciones complementarias en la educación y la capacitación industrial.

Modelado basado en NURBS: Las NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines) son representaciones matemáticas precisas de curvas y superficies tridimensionales. Esta técnica es utilizada para crear modelos detallados y suaves, esenciales para diseños industriales y automotrices.

Modelado procedural: El modelado procedural utiliza algoritmos y reglas predefinidas para generar modelos y entornos tridimensionales automáticamente. Esta técnica es eficiente para crear escenarios complejos y repetitivos en simulaciones y videojuegos.

Modelado de subdivisión de superficies: Esta técnica comienza con una malla poligonal simple que se subdivide repetidamente para crear superficies suaves y detalladas. Es comúnmente utilizada en la animación y en la creación de personajes para aplicaciones de RV y videojuegos.

Modelado esquelético (Rigging): El rigging es el proceso de crear una estructura interna (esqueleto) para un modelo 3D, permitiendo su animación. Es esencial para la animación de personajes y la simulación de movimientos en entornos virtuales.

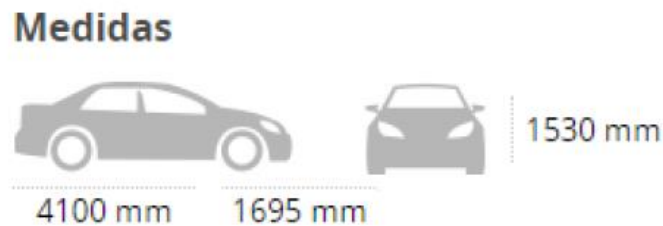
Unity: Unity es una plataforma de desarrollo de software que se utiliza para crear aplicaciones interactivas en 2D y 3D, incluyendo videojuegos y simulaciones en realidad virtual. En la tesis, Unity es utilizado para desarrollar la aplicación de simulación de ensamblaje automotriz.

Blender: Blender es un software de código abierto para la creación de gráficos 3D, que incluye herramientas para modelado, animación, simulación y renderizado. Es utilizado en la tesis para crear y animar modelos 3D de componentes de la planta de ensamblaje.

Oculus Quest 2: Oculus Quest 2 es un dispositivo de realidad virtual autónomo desarrollado por Meta. Se utiliza en la tesis para proporcionar una experiencia inmersiva de simulación de ensamblaje automatizado, permitiendo a los usuarios interactuar con el entorno virtual de manera natural e intuitiva.

8.2.3. Modelos conceptuales.

Figura 72: Medidas Nissan Versa Note



Fuente: Nissan Note Monovolúmenes - Note 1.2 N-Tec 5 puertas

8.3. Resultados

8.3.1. Modelado del vehículo.

El objetivo inicial de modelar un vehículo completamente nuevo a través de Blender fue reconsiderado debido a las exigencias de tiempo y la necesidad de un alto nivel de detalle en el modelo. En su lugar, se decidió buscar un modelo preexistente que cumpliera con los requisitos del proyecto, lo que llevó a la selección del modelo "Versa Note SR Toon" del usuario jetstream14 en TurboSquid. Este modelo destaca principalmente por su alto nivel de detalle interno, lo cual es fundamental para la finalidad del proyecto, que busca representar de manera precisa el interior del vehículo dentro del ambiente virtual, ofreciendo una experiencia más realista y educativa en el contexto de la línea de ensamblaje automotriz.

La selección del modelo no solo se basó en la fidelidad visual, sino también en su capacidad para ser modificado y adaptado a las necesidades del proyecto. Aunque el modelo original presenta un estilo visual de "toon shader", se ha decidido aplicar texturas distintas para eliminar este efecto y darle un acabado más realista, alineado con la propuesta del proyecto. Esta modificación tiene como objetivo mantener el equilibrio entre el realismo visual y el rendimiento técnico dentro del entorno virtual. Además, se considera la optimización del modelo, ya que se ajustarán tanto las texturas como la geometría cuando sea necesario para garantizar que el modelo se integre eficazmente en la simulación sin afectar el rendimiento.

La elección de este modelo también contribuye significativamente al valor educativo y didáctico del proyecto. Al contar con un alto nivel de detalle y realismo, los usuarios podrán apreciar de manera más clara los componentes internos del vehículo y su relación con la línea de ensamblaje automatizada. Esto, a su vez, permite una comprensión más profunda de los procesos de manufactura y su efectividad, logrando que el ambiente virtual no solo sea una representación visual atractiva, sino también una herramienta formativa que refleje con precisión las capacidades de las líneas de producción modernas. En este sentido, el proyecto busca facilitar una experiencia inmersiva y detallada, maximizando su potencial como recurso didáctico para el Laboratorio de Realidad Virtual de la Universidad del Valle de Guatemala.

Finalmente, la capacidad de animación del modelo también fue un factor clave en su selección, ya que este atributo permitirá su inclusión en futuros desarrollos dentro del proyecto, con el fin de mostrar movimientos dinámicos y operativos en la línea de ensamblaje. Aunque la animación es un objetivo aparte, la versatilidad del modelo asegura que se pueda integrar sin dificultades en las etapas posteriores del proyecto.

Figura 73: Modelo 3D Nissan Versa Note



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la capacidad de animación del modelo también fue un factor clave en su selección, ya que este atributo permitirá su inclusión en futuros desarrollos dentro del proyecto, con el fin de mostrar movimientos dinámicos y operativos en la línea de ensamblaje. Aunque la animación es un objetivo aparte, la versatilidad del modelo asegura que se pueda integrar sin dificultades en las etapas posteriores del proyecto.

8.3.2. Animaciones.

Para lograr una simulación más realista y funcional en el contexto de la línea de ensamblaje automotriz, se implementaron animaciones específicas en el modelo de vehículo. Estas animaciones incluyen el giro del volante, el movimiento de la palanca de cambios y la apertura de las puertas, permitiendo una interacción visual detallada que enriquece la experiencia de aprendizaje de los estudiantes.

El proceso de animación se llevó a cabo en Blender, aplicando técnicas de *rigging* para permitir un control preciso de las partes móviles del modelo. El volante, la palanca de cambios y las puertas fueron configurados mediante un sistema de *rigging* y huesos, que facilitó la asignación de *keyframes* y la manipulación de los movimientos deseados. A continuación, se describe el proceso seguido:

Preparación del modelo y configuración del Rig: El modelo del vehículo fue adaptado para soportar las animaciones mediante la inclusión de un *rig* específico para el volante y las puertas. Se asignaron pivotes adecuados a cada elemento móvil (volante y bisagras de las puertas), asegurando una rotación realista y precisa.

Asignación de Keyframes: Para el volante, se configuraron *keyframes* en el eje de rotación *Y*, comenzando con un valor de 0° y alcanzando un giro de -220° para simular el movimiento completo. Las puertas, por su parte, fueron configuradas con *keyframes* en el eje de rotación correspondiente a su apertura, asegurando que cada puerta se moviera de manera autónoma. Los *keyframes* se ajustaron a una interpolación lineal para garantizar que el movimiento fuera constante, simulando el comportamiento esperado en un entorno real.

Figura 74: Keyframes



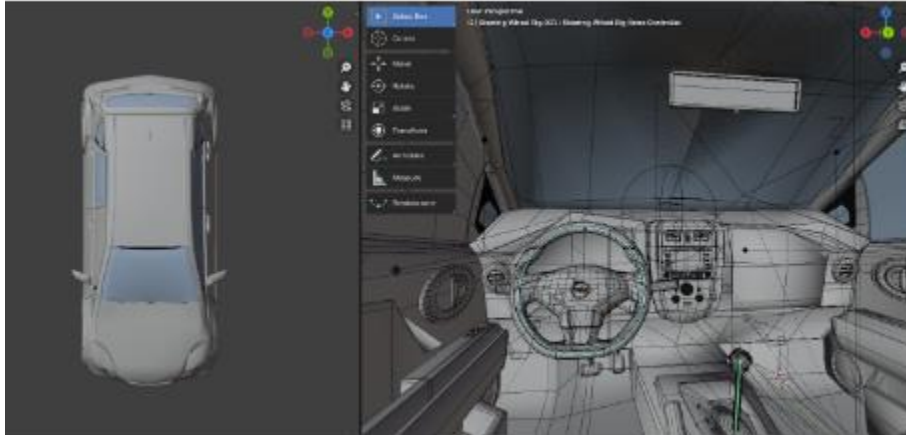
Fuente: Elaboración propia.

Exportación de animaciones para Unity: Una vez comprobada la funcionalidad de las animaciones en Blender, el modelo fue exportado en formato FBX, asegurando la correcta transferencia del *rig* y las animaciones a Unity. Durante la exportación, se habilitó la opción de *Bake Animation* para consolidar los *keyframes* y asegurar una integración sin pérdida de información en el entorno virtual.

La inclusión de estas animaciones aporta un valor significativo a la simulación, ya que permite a los usuarios visualizar el funcionamiento operativo del vehículo dentro de la planta de ensamblaje. Estas animaciones dinámicas no solo contribuyen a la inmersión y realismo del entorno, sino que también refuerzan el aprendizaje de los estudiantes al ofrecer una representación precisa de las interacciones físicas en una línea de producción automatizada.

Mediante la visualización de los componentes móviles, los estudiantes pueden comprender de manera más intuitiva los conceptos de automatización y ensamblaje de vehículos, mejorando así la efectividad del simulador como herramienta didáctica en el Laboratorio de Realidad Virtual de la Universidad del Valle de Guatemala.

Figura 75: Vista en blender del modelo



Fuente: Elaboración propia.

8.3.3. Implementación de modelos y animaciones en Unity

El modelo fue exportado desde Blender en formato FBX, que es compatible con Unity y conserva tanto la geometría como las animaciones. Durante la importación en Unity, se realizaron los siguientes pasos:

8.3.3.1. Configuración de importación

- Al importar el archivo FBX en Unity, se revisaron los ajustes de escala y orientación para asegurar la correcta alineación del modelo dentro del entorno virtual. Además, se habilitó la opción de animación para que Unity pudiera reconocer y desglosar cada animación del modelo en clips individuales.
- **Configuración de importación:** Al importar el archivo FBX en Unity, se revisaron los ajustes de escala y orientación para asegurar la correcta alineación del modelo dentro del entorno virtual. Además, se habilitó la opción de animación para que Unity pudiera reconocer y desglosar cada animación del modelo en clips individuales.
- **Separación de clips de animación:** En la pestaña de *Animation* en el *Inspector* de Unity, las animaciones fueron separadas en clips específicos, como el giro del volante y la apertura de las puertas. Esto permitió un control detallado sobre cada animación, asegurando que pudieran activarse de forma independiente según las necesidades del simulador.

Creación del *Animator Controller*: Se configuró un *Animator Controller* que permitiera gestionar las animaciones del modelo. Este controlador actúa como un centro de control para las transiciones y activaciones de las animaciones, lo cual es esencial para sincronizar los movimientos del vehículo con las interacciones del usuario. Por ejemplo, el *Animator Controller* permite que el volante gire cuando se simula la conducción y que las puertas se abran o cierren en momentos específicos.

8.3.3.2. Implementación de materiales y texturas.

Debido a la naturaleza del proyecto y a la necesidad de flexibilidad en el entorno virtual, el modelo fue exportado sin texturas desde Blender, y los materiales fueron creados directamente en Unity. Esta decisión permite un control visual más detallado y facilita el ajuste de los materiales según las necesidades del simulador. Para la apariencia del modelo, se utilizaron texturas de terceros que cuentan con la licencia *Standard*, la cual permite su uso sin costo en entornos educativos, asegurando el cumplimiento de las normativas de uso y derechos de autor.

En Unity, se configuraron materiales específicos para las distintas partes del vehículo, como el exterior, el interior y los componentes metálicos. Se emplearon *shaders* propios de Unity para lograr un acabado realista, combinando texturas de alta calidad con parámetros de reflexión y especularidad que replican con precisión la apariencia de los materiales reales utilizados en la industria automotriz. Este proceso no solo optimiza el rendimiento, sino que también mejora la apariencia del modelo en el entorno de realidad virtual.

8.3.3.3. Configuración de interacciones y eventos

Para que las animaciones respondieran a las acciones del usuario, se implementaron eventos y scripts en Unity que permiten activar cada animación en el momento adecuado. Esto se realizó de la siguiente manera:

- **Asignación de Triggers:** En el *Animator Controller*, se crearon triggers específicos para cada animación (como "GirarVolante", "MoverPalanca" o "AbrirPuerta") que se activan mediante scripts. Estos triggers permiten que la animación se reproduzca cuando el usuario realiza una acción determinada en el simulador.
- **Creación de Scripts de control:** Se desarrollaron scripts en C# que interactúan con el *Animator Controller* para activar las animaciones según el contexto. Por ejemplo, un script detecta la selección del usuario a la puerta del vehículo y activa el trigger correspondiente para iniciar la animación de apertura.

Una vez integradas las animaciones y los materiales, se realizaron pruebas de rendimiento en Unity para asegurarse de que el modelo y sus movimientos no afectaran la fluidez de la simulación. Para lograr esto era necesario tener una geometría optimizada, que dada la elección del modelo, ya se tenía. Así que el ajuste fue principalmente con las texturas y parámetros de animación.

La implementación del modelo, sus materiales y animaciones en Unity no solo enriquece el simulador, sino que también facilita la interacción y comprensión de los estudiantes sobre los procesos de ensamblaje y automatización en una planta automotriz. Además de proveerles a los usuarios mayor satisfacción en su uso.

8.3.4. Escena de módulo interno del vehículo

La escena del módulo interno del vehículo fue diseñada para proporcionar una experiencia inmersiva que permita a los usuarios explorar y experimentar las funcionalidades del interior de un automóvil. Basada en el modelo del Nissan Versa Note 2016, esta escena ofrece un conjunto de interacciones que replican el comportamiento de los controles y sistemas internos del vehículo, proporcionando una representación realista y educativa de su funcionamiento

8.3.4.1. Interacciones principales.

La escena permite a los usuarios interactuar con diversos elementos dentro del vehículo, tales como el volante, la palanca de cambios y las puertas. Cada una de estas interacciones fue cuidadosamente diseñada para imitar el comportamiento real de un automóvil, lo que contribuye a la inmersión y la comprensión de los sistemas internos del vehículo. A continuación, se describen las principales interacciones disponibles en la escena:

- **Movimiento del volante:** El volante fue programado para girar en respuesta a las entradas del usuario, simulando la sensación de conducción. Esta animación fue implementada utilizando el sistema de rigging y el `Animator Controller` en Unity, lo que permite un control preciso del ángulo de giro.
- **Palanca de cambios:** La palanca de cambios se animó para responder a los movimientos del usuario, replicando las posiciones de cambio en un vehículo automático. Esta funcionalidad permite a los usuarios entender la mecánica básica de un sistema de transmisión y experimentar cómo interactuarían con este control en un entorno real.

- **Apertura de puertas:** Las puertas del vehículo fueron animadas para abrirse y cerrarse, brindando una representación detallada de su funcionamiento. Esta característica permite una exploración completa del interior del vehículo y facilita el acceso a diferentes puntos de vista dentro de la

8.3.4.2. Elementos de sonido

Además de las interacciones visuales, se incorporaron efectos de sonido que enriquecen la experiencia de inmersión y realismo en la simulación. Estos efectos de sonido fueron cuidadosamente seleccionados para representar los sistemas internos del vehículo, añadiendo una capa adicional de realismo a la escena. Los sonidos incluidos son:

- **Sonido de arranque del motor:** Al activar el encendido del vehículo, se reproduce un sonido de arranque que simula el inicio del motor, lo cual proporciona al usuario una experiencia más auténtica y realista.
- **Sonido de aire acondicionado:** La activación del sistema de aire acondicionado reproduce un sonido que simula el flujo de aire dentro del habitáculo, permitiendo a los usuarios experimentar la operación de este sistema en un entorno simulado.
- **Función de radio:** La simulación incluye una radio funcional que puede sintonizar una estación real. Esta funcionalidad fue implementada mediante la conexión con una estación de radio específica, permitiendo al usuario experimentar el funcionamiento de un sistema de radio en un vehículo de forma realista.

Figura 76: Vista interna desde Unity



Fuente: Elaboración propia.

8.3.5. Modularización de escenas en Unity para implementación de nuevos módulos.

Se ha logrado la creación de una escena base en Unity que funcionará como plantilla para la implementación de nuevos módulos en la simulación. Esta escena contiene todos los recursos esenciales, como configuraciones de iluminación, cámaras y scripts predeterminados, lo cual permite una integración rápida y eficiente de nuevos elementos o módulos sin la necesidad de construir cada escena desde cero.

Para organizar la jerarquía, se establecieron cinco categorías principales de agrupación de objetos dentro de la escena mediante el uso de objetos vacíos, lo cual facilita el orden y la claridad. La primera categoría es "Environment," que agrupa la mayor parte de los elementos de la escena. Dentro de esta, se encuentran subcategorías como "World," que organiza todos los objetos tridimensionales, como planos para el suelo y cubos para las paredes. También incluye "Cameras," que contiene las cámaras de la escena, siendo la cámara principal "EagleEye," utilizada para una vista ortogonal y proyectada en el monitor del simulador. Finalmente, "Lights" agrupa las fuentes de iluminación de la escena.

La segunda sección, "UI," contiene los elementos de interacción de usuario, tales como menús e instrucciones para los usuarios del simulador, así como objetos interactivos, como una tablet que permite iniciar o finalizar las simulaciones en otras escenas.

La tercera sección, "Systems," alberga los sistemas que gestionan el entorno del juego y los scripts de acción del simulador. Aquí se incluyen elementos como los gestores de sonido y el sistema EventSystem, que se encarga de la administración general de la escena. En caso de añadir otros sistemas de control para la simulación, estos deberían colocarse en esta sección de la jerarquía.

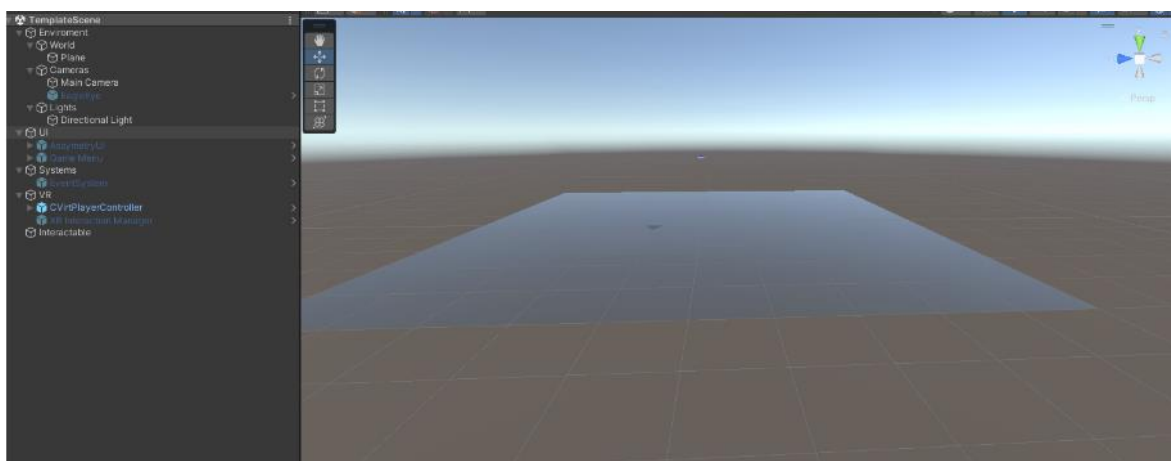
La cuarta sección, "VR," contiene los elementos específicos para la funcionalidad de realidad virtual, incluyendo el controlador y los sistemas XR necesarios para el simulador. Cualquier componente adicional de VR debería añadirse en esta sección.

Finalmente, la sección "Interactable" es un objeto vacío que aún no contiene elementos, pero está destinado a alojar todas las partes del simulador con las que el usuario puede interactuar directamente o que responden a sus acciones.

Además, se llevó a cabo una reestructuración completa de la jerarquía de objetos en las escenas para optimizar la organización y mejorar la navegabilidad dentro del proyecto. Esta reestructuración fue crucial, ya que la jerarquía anterior presentaba un desorden significativo, dificultando el trabajo tanto de los desarrolladores nuevos como de aquellos que ya estaban familiarizados con el proyecto.

Por último, se reorganizaron las carpetas y recursos del proyecto, lo que ha incrementado la eficiencia en el desarrollo y facilitado el acceso a los distintos componentes de la simulación. Uno de los cambios más notorios y que más agiliza el proceso de familiarización con el simulador es la organización de las escenas en tres subcarpetas: "Simulador," que contiene todas las escenas activas del simulador; "Auxiliary," para escenas que no están en uso, pero tuvieron una función previa en el desarrollo; y "Utility," que incluye la plantilla y, en el futuro, albergará todas las escenas de utilidad, como pruebas de maquinaria o animaciones.

Figura 77: Escena plantilla



Fuente: Elaboración propia.

8.3.6. Pruebas de usuario

Las pruebas de usuario consistieron en poner a un grupo diverso de personas a hacer una prueba de tres minutos en el simulador. Donde se usaron dos escalas para medir la accesibilidad del simulador. La primera fue comodidad, la cual consistía en una escala de uno a diez, siendo uno que el simulador les creaba malestar, deseaban quitárselo de manera inmediata, y diez una comodidad alta donde se sentían a gusto dentro de este y sin ninguna incomodidad. La segunda métrica fue la de usabilidad, la cual de la misma manera iba en una escala de uno a diez, donde uno era no poder usar el simulador o no entender su funcionamiento, y diez poder usar el simulador con facilidad al punto de sentirse como una tarea cotidiana. Para ambas métricas se les preguntó a los usuarios como se sentían en tres instancias de la prueba, al empezar a usar el simulador, luego de un minuto y treinta segundos de usarlo, y al terminar de usarlo.

Entre los factores a tomar en cuenta respecto a los usuarios solamente se consideró la edad y si estos habían hecho uso de un simulador o si tenían alguna experiencia de realidad virtual previamente.

Los resultados obtenidos fueron:

Cuadro 173: Resultados pruebas de usuario

Edad	Experiencia previa VR	Comodidad al empezar	Comodidad al 1:30	Comodidad al terminar	Usabilidad al empezar	Usabilidad al 1:30	Usabilidad al terminar
23	Si	7	9	9	7	8	8
24	No	6	8	8	2	6	7
26	No	4	6	5	2	5	6
27	Si	7	8	9	8	8	8
26	No	5	6	6	4	6	7
28	No	6	8	8	5	7	7
13	No	7	8	7	6	7	7
54	No	5	7	8	1	4	8
30	No	6	7	8	3	5	7
25	Si	8	10	10	6	8	8
26	No	5	4	4	4	6	6
30	Si	6	8	9	5	7	8
28	Si	7	8	8	7	8	8
23	Si	9	10	10	6	9	9
23	No	3	6	7	5	7	8
23	No	6	6	6	6	7	8
20	Si	7	8	8	7	8	8

Fuente: Elaboración propia.

8.4. Discusión de resultados

La implementación del simulador de planta de ensamblaje automotriz ha permitido alcanzar avances significativos en el desarrollo de una herramienta educativa en realidad virtual. Aunque debido a limitaciones de tiempo no se realizaron pruebas de usuario, los resultados obtenidos hasta el momento indican que el simulador tiene el potencial de brindar una experiencia educativa inmersiva y efectiva. A continuación, se discuten los aspectos clave del modelado, la modularización y las proyecciones de impacto educativo y comercial, así como las limitaciones actuales.

8.4.1. Evaluación del modelado del vehículo

El uso de un modelo preexistente, específicamente el `\textit{Versa Note SR Toon}` de TurboSquid, fue una decisión estratégica que permitió cumplir con los requisitos visuales y funcionales del proyecto en un tiempo razonable. Este enfoque no solo facilitó la integración de un modelo con un alto nivel de detalle interno, esencial para la finalidad educativa, sino que también permitió optimizar recursos al evitar la construcción de un modelo desde cero.

La modificación del modelo para adaptarlo a un estilo visual más realista mediante el reemplazo de texturas es una contribución clave para el logro de una experiencia de simulación que balancea el realismo visual y el rendimiento en Unity. Este proceso de adaptación también permitió la implementación de animaciones en componentes críticos, como el volante, la palanca de cambios y las puertas, lo cual maximiza la utilidad del modelo como recurso formativo. La capacidad de personalizar el modelo asegura que, en fases posteriores, pueda ampliarse y adaptarse a nuevas funcionalidades, incrementando así su valor educativo en el contexto de una línea de ensamblaje automotriz.

8.4.2. Impacto de la modularización en Unity.

La creación de una escena base modular en Unity representa un avance significativo en términos de organización y eficiencia para el desarrollo y la expansión futura del proyecto. La estructuración de la jerarquía en categorías bien definidas (como `\textit{Environment}`, `\textit{UI}`, `\textit{Systems}`, `\textit{VR}` e `\textit{Interactable}`) optimiza el flujo de trabajo, facilitando la incorporación de nuevos elementos o funcionalidades sin afectar la estructura general de la escena. Esta organización no solo mejora la navegabilidad del proyecto para los desarrolladores, sino que también sienta una base sólida para futuros módulos de simulación.

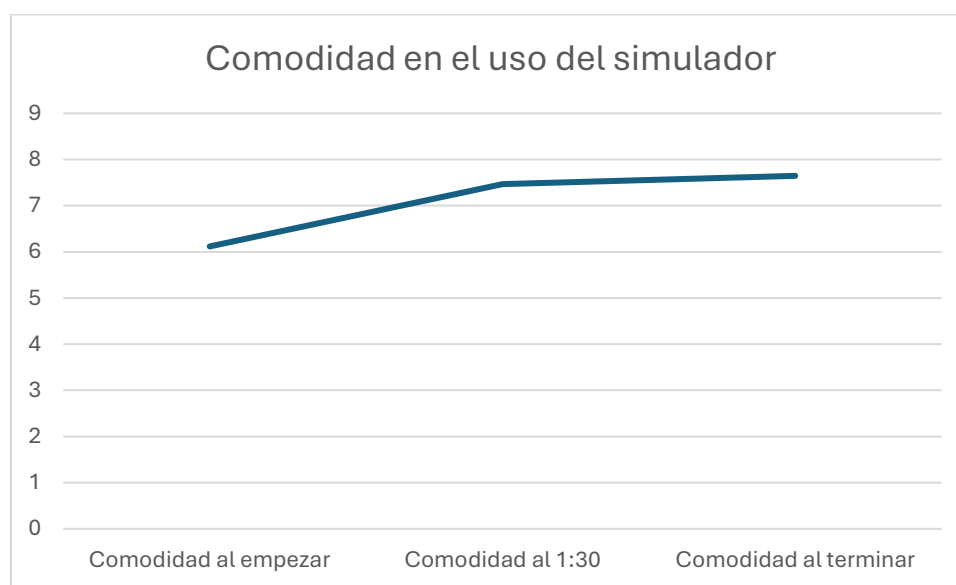
La decisión de organizar los recursos y carpetas del proyecto en subcarpetas específicas para escenas de simulación, escenas auxiliares y escenas utilitarias ha mejorado

notablemente la accesibilidad y el orden del proyecto. Esta estructuración es fundamental para el crecimiento del simulador, ya que permite a los desarrolladores y colaboradores comprender rápidamente la disposición de la escena y facilita la implementación de mejoras sin interrumpir el funcionamiento de las secciones ya desarrolladas.

8.4.3. Pruebas de usuarios.

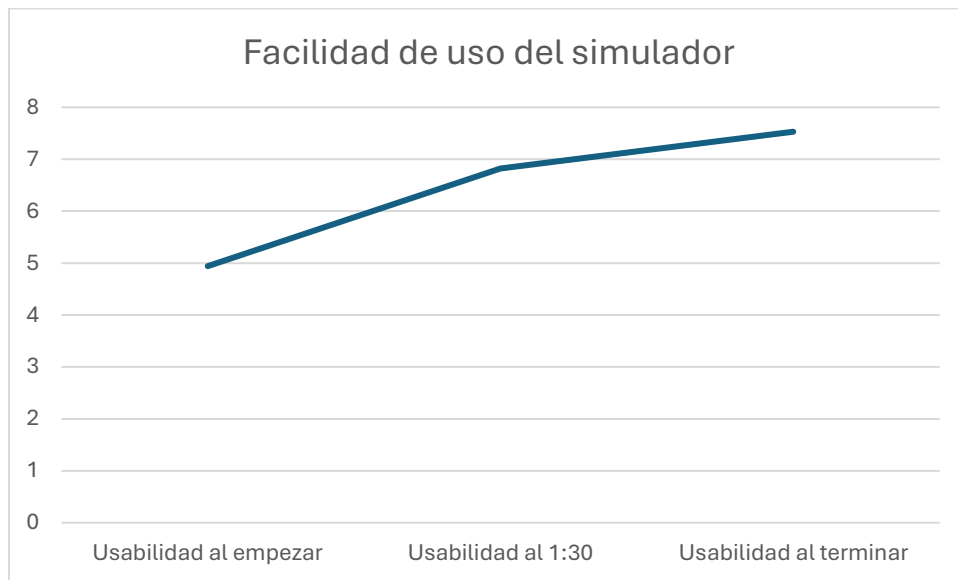
El análisis de las métricas obtenidas de las pruebas de usuario en el simulador de realidad virtual permitió identificar mejoras tanto en comodidad como en usabilidad a lo largo del tiempo de uso. Las evaluaciones iniciales reflejaron un nivel promedio de comodidad de 6.12 y una usabilidad de 4.94, indicando cierta dificultad inicial para adaptarse al sistema. Sin embargo, estos valores incrementaron progresivamente, alcanzando promedios finales de 7.65 en comodidad y 7.53 en usabilidad, lo que sugiere que los usuarios lograron adaptarse y sentirse más cómodos y familiarizados con el simulador. Al desglosar los resultados según experiencia previa en VR, los usuarios con experiencia reportaron mejores valores iniciales y finales en ambas métricas. Además, los grupos de edad más jóvenes mostraron mayor facilidad de uso en comparación con los grupos mayores. Estos resultados subrayan la importancia de considerar el diseño accesible para usuarios novatos y la necesidad de optimizar elementos que mejoren la experiencia inicial.

Figura 78: Comodidad a través del tiempo



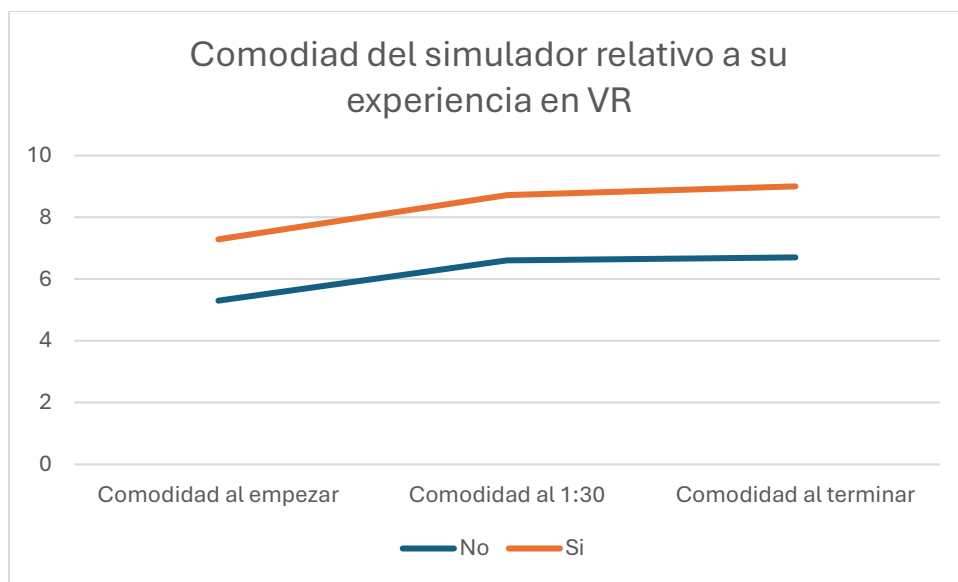
Fuente: Elaboración propia

Figura 79: Usabilidad a través del tiempo



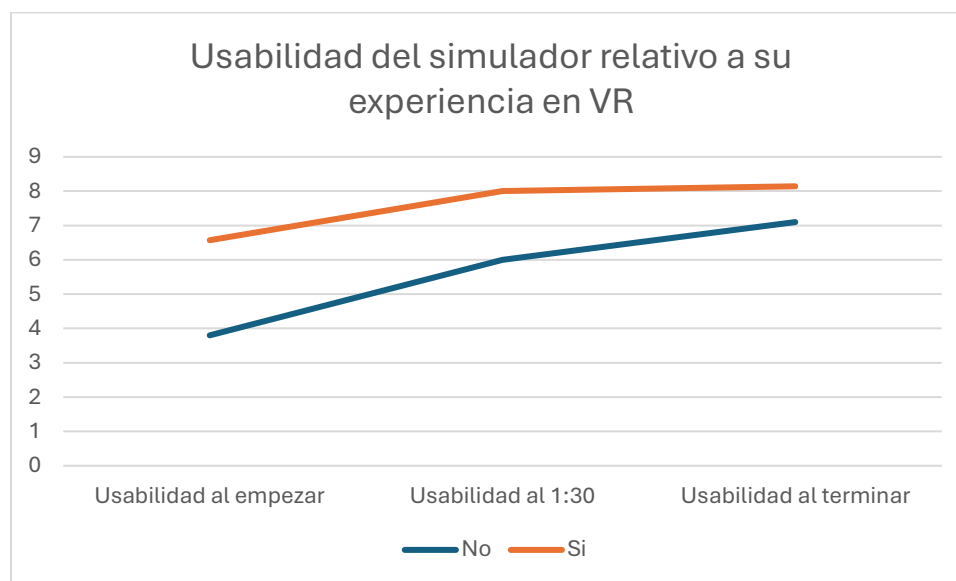
Fuente: Elaboración propia

Figura 80: Comodidad a través del tiempo por grupos



Fuente: Elaboración propia

Figura 81: Usabilidad a través del tiempo por grupos



Fuente: Elaboración propia

8.4.4. Proyección del impacto educativo.

Aunque no se realizaron pruebas de usuario, los elementos implementados hasta la fecha sugieren que el simulador cumplirá con su propósito como herramienta educativa. El modelado detallado y las interacciones en el interior del vehículo proporcionan a los estudiantes una visión integral del funcionamiento de una planta de ensamblaje y de los componentes automotrices. Las animaciones del volante, la palanca de cambios y las puertas, junto con los efectos sonoros de encendido del motor, aire acondicionado y radio, permiten una inmersión que refuerza el aprendizaje práctico y contextual de los conceptos de ingeniería automotriz.

Basado en estudios previos sobre el impacto de la realidad virtual en la educación, se anticipa que esta simulación facilitará la comprensión de procesos complejos en un entorno controlado y seguro, contribuyendo a un aprendizaje más profundo en comparación con métodos de enseñanza tradicionales. La estructura modular del proyecto también permite proyectar una futura expansión del simulador para incluir nuevos módulos o funcionalidades, lo cual incrementará su valor educativo y su potencial de escalabilidad.

8.4.5. Proyección del impacto comercial

Además de su propósito educativo, el simulador posee un importante potencial como herramienta comercial y de presentación para inversionistas interesados en la viabilidad de

instalar una planta de ensamblaje automotriz en Guatemala. Al ofrecer una representación detallada y dinámica de los procesos de ensamblaje, el simulador se convierte en un recurso invaluable para demostrar de manera visual y tangible los beneficios económicos y logísticos de establecer una planta de manufactura en el país.

Gracias a su capacidad de inmersión, el simulador permite a los potenciales inversionistas experimentar los flujos de trabajo y observar la estructura y eficiencia de una planta de ensamblaje automatizada. Este recurso podría facilitar las discusiones sobre optimización de recursos, productividad y escalabilidad en el contexto local, proporcionando una base sólida para respaldar el atractivo de nuevas inversiones en la industria automotriz en Guatemala. De este modo, el simulador tiene la capacidad de funcionar como una herramienta de demostración que complementa las proyecciones de factibilidad financiera y logística para la instalación de una planta automotriz en la región, convirtiéndose en un recurso estratégico tanto para el ámbito educativo como para el desarrollo industrial del país.

8.4.6. Limitaciones y futuros pasos.

La falta de pruebas de usuario representa una limitación importante para evaluar empíricamente la efectividad educativa y la usabilidad del simulador. En futuras fases del proyecto, se prevé realizar pruebas con usuarios para obtener retroalimentación directa sobre la experiencia de usuario y la utilidad del simulador en su aprendizaje. Estas pruebas permitirán identificar posibles áreas de mejora en la interacción y en la presentación visual, lo cual contribuirá a optimizar el simulador como recurso didáctico.

En conclusión, el proyecto ha avanzado considerablemente en términos de modelado, modularización y proyección de impacto educativo y comercial. Las funcionalidades implementadas hasta la fecha indican que el simulador posee un alto potencial para convertirse en una herramienta clave de aprendizaje en el Laboratorio de Realidad Virtual de la Universidad del Valle de Guatemala y en un recurso estratégico para el desarrollo industrial. Con la futura inclusión de pruebas de usuario y la expansión de módulos adicionales, se espera que el simulador continúe cumpliendo su función educativa de manera efectiva y relevante, y que pueda apoyar en el posicionamiento de Guatemala como un destino viable para inversiones en el sector automotriz.

Uno de los hallazgos más importantes es que el mercado automotriz en América, y particularmente en Guatemala, mostró una clara preferencia por los vehículos de transmisión automática. Según datos de CarMax, el 96% de los conductores en América prefieren automóviles automáticos, y en Estados Unidos, solo el 2% de los vehículos vendidos en 2018

fueron de transmisión manual. Este cambio en la demanda ha llevado a que la mayoría de los fabricantes dejen de producir modelos manuales, centrandó su producción en vehículos automáticos. Esto es un aspecto crucial que considerar para la planta de ensamblaje, ya que orientará la producción hacia vehículos que se alineen con las preferencias actuales del mercado.

9. Conclusiones

- La recopilación detallada de los datos de costos fue una parte fundamental del éxito del análisis financiero. Al desglosar de manera precisa cada costo, desde las materias primas hasta los salarios, se construyó un modelo financiero completo que permitió una mejor comprensión de las áreas críticas del proyecto. Esta recopilación de datos permitió realizar un costeo lo más preciso y realista posible, asegurando que la información financiera brindada fuera confiable.
- La implementación del Costeo Basado en Actividades (ABC) fue clave para entender con claridad cómo se distribuyen los recursos en el proyecto. Permitted establecer de manera precisa la inversión inicial y los gastos necesarios para asegurar que se cuente con los recursos necesarios para la puesta en marcha de la planta. La inversión inicial total es de Q199,092,092.70.
- El ajuste del precio de venta permitió mantener un margen más conservador acorde con los estándares de la industria. El análisis financiero demuestra la rentabilidad del proyecto, con una TIR del 35.94%, un VPN de Q77,726,642.47 y un periodo de recuperación de 3.26 años, garantizando un retorno rápido y significativo para los inversionistas.
- El análisis de sensibilidad permitió identificar que el precio de venta, la inversión inicial y la demanda proyectada son los factores clave que influyen en la rentabilidad del proyecto. Por otro lado, se encontró que los costos salariales y el consumo energético tienen un impacto más moderado, lo que permite realizar ajustes en estos sin comprometer significativamente los resultados financieros. El análisis de los puntos de equilibrio definió el precio de venta mínimo, la inversión inicial y el número mínimo de unidades que deben venderse para asegurar la viabilidad del proyecto.
- A través de un análisis detallado de datos históricos de ventas y proyecciones económicas basadas en modelos de regresión lineal, se concluyó que la demanda de vehículos hatchback experimentará un crecimiento sostenido hasta 2029, con un incremento promedio anual de alrededor del 7%, si se sigue con la tendencia del periodo analizado que abarca desde 2013 hasta 2023. Este crecimiento está impulsado en gran medida por la preferencia del 60% de la población joven por vehículos rodados. Sin embargo, los datos también revelaron que la competencia de vehículos de agencia, que representan aproximadamente un 40% del mercado de automóviles en Guatemala, podría limitar este crecimiento si las condiciones económicas globales se vuelven adversas.
- El análisis de sensibilidad sobre variables macro y microeconómicas reveló que el desempeño de la demanda está directamente influenciado por el crecimiento del PIB, las tasas de interés, la inflación, el desempleo y el precio de venta de los vehículos. Es preciso mencionar que, de las variables analizadas, las que más impactaron la demanda fueron las tasas de interés y la tasa de desempleo.

En el caso de la tasa de interés, esta empieza a afectar considerablemente la demanda

a partir de un crecimiento de igual o mayor a 5%. Esto da como resultado caídas en la demanda hacia casi las 11,000 unidades para 2029. Por su parte, en el caso de la tasa de desempleo, esta afecta la demanda de vehículos cuando excede los 4 puntos porcentuales, haciendo que la tendencia se estanque y de crecer esta tasa, disminuyendo la demanda de vehículos hasta casi las 10,000 unidades para 2029. Por lo anterior, los escenarios proyectados indican la necesidad de implementar estrategias flexibles, como la diversificación de productos y la optimización de costos, para mitigar el impacto de escenarios económicos adversos.

- El uso de técnicas de modelado estadístico y análisis de sensibilidad, aplicado a las variables clave del mercado automotriz, proporcionó una base sólida para la toma de decisiones. Estas herramientas permitieron proyectar escenarios futuros y preparar al proyecto para distintos contextos económicos, asegurando una planificación flexible y adaptativa respecto al mercado automotriz.

Entre algunas de las decisiones que se pueden tomar a partir de estos análisis destacan el ajuste en la capacidad de producción para evitar sobreabastecimiento o escasez, esto gracias a la demanda analizada y a los posibles cambios que esta pudiera llegar a tener según los diferentes escenarios económicos considerados.

Es por esto por lo que, en los escenarios más optimistas, se llega a una demanda de entre 14,000 y 16,000 vehículos anuales; lo cual estaría triplicando y cuatriplicando la demanda que se tenía en 2013, respectivamente. Por otro lado, en escenarios pesimistas, en donde la demanda se mantiene constante o incluso llega a disminuir por debajo de las 12,000 unidades; se podrían tomar medidas preventivas en caso la economía se dirija hacia esta vertiente, por lo que las empresas automotrices tendrían una mejor y más clara capacidad de respuesta ante estas fluctuaciones.

En casos pesimistas, la modificación de estrategias de precios para mantenerse competitivos sería de vital importancia, ya que tal y como se puede apreciar en la figura #27, este no es un factor que afecte de manera sustancial la demanda de los vehículos hatchback, tal y como lo pueden llegar a ser variables como la tasa de interés y de desempleo.

- El análisis comparativo de posibles ubicaciones para la planta de ensamblaje de vehículos hatchback en Guatemala resalta a Escuintla como la opción óptima debido a su sobresaliente combinación de accesibilidad, proximidad al mercado objetivo y condiciones logísticas favorables. Este departamento no solamente obtuvo la puntuación más alta en la evaluación, sino que también presenta un entorno estratégico con acceso a la carretera CA-9 y al Puerto de Quetzal, lo que facilitaría la importación de componentes y la exportación de vehículos.

El impacto positivo de establecer la planta de ensamblaje en Escuintla podría traducirse en un impulso significativo al desarrollo económico y social de la región, con la creación de empleo directo e indirecto, la mejora de la infraestructura local y

el fortalecimiento de la cadena de suministro. Además, la capacitación de la fuerza laboral aumentaría las competencias técnicas de la población, contribuyendo a una mayor estabilidad económica y mejor calidad de vida.

Sin embargo, es fundamental abordar desafíos clave, como la evaluación de la infraestructura existente, la disponibilidad de incentivos gubernamentales, y la realización de un estudio de impacto ambiental. Solo con una planificación exhaustiva y la consideración de estos aspectos se podrá maximizar el potencial beneficio de la planta y asegurar su viabilidad a largo plazo.

- El presente trabajo de graduación representa una oportunidad significativa a nivel académico y económico, con un enfoque claro en la planificación y optimización de la producción automotriz. El análisis de datos históricos, el comportamiento del mercado y las proyecciones futuras proporcionaron una base sólida para la toma de decisiones estratégicas, lo cual permitió mejorar la planificación de la demanda. Esto, a su vez, contribuye a una mejor planificación de la producción, reduciendo desperdicios y garantizando una cadena de valor más eficiente y productiva.

A su vez, se complementa con la integración de tecnología innovadora y la capacitación de la mano de obra local, facilitando la automatización y optimización de los procesos productivos. Además, la implementación de la planta en Escuintla responde no solamente a las demandas del mercado automotriz, sino también al desarrollo económico y social de la región. Esto posiciona a Guatemala como un punto clave en la manufactura avanzada, impulsando la innovación y elevando el perfil competitivo del país en el ámbito internacional.

- En la actualidad, muchas de las empresas que se dedican a la fabricación de vehículos, están apostando cada vez más por la implementación de vehículos eléctricos, por lo que el sistema de ensamblaje modular permitirá realizar de manera más eficiente e integral la producción e implementación de un vehículo eléctrico dentro del portafolio de la planta de producción.
- La identificación y el análisis del proceso productivo nos permitió poder identificar de manera integral los diferentes cuellos de botella que se estaban desarrollando dentro del mismo. La solución de estos cuellos de botella, significaron una mejora significativa en relación a la cantidad de unidades producidas para ambos modelos de vehículos.
- La estandarización de componentes entre vehículos, por medio de la aplicación de herramientas como el BOM, permiten poder implementar de manera más eficiente el sistema de ensamblaje modular y permiten simplificar el sistema de producción.
- La simulación realizada de la producción de dos vehículos dentro de una misma línea de producción mediante un sistema de ensamblaje modular nos permitió identificar cómo se comportaría este sistema innovador en la vida real, permitiendo así observar que se estarían produciendo 372 unidades al día, siendo estas 8184 unidades al mes.
- La externalización de los módulos identificados dentro del sistema de ensamblaje modular, permiten una mejora integral en el uso del espacio de la construcción de la

planta automotriz, llegando a significar y traducirse en una reducción en el costo del terreno de Q. 452,260.89.

- La implementación del sistema de ensamblaje modular para la producción de dos vehículos en una misma línea permitió mejorar el costo unitario de producción del vehículo se producía anteriormente por medio del sistema de ensamblaje tradicional. Esto nos deja claro que el sistema modular permite gestionar de manera eficiente los recursos utilizados en la producción, lo cual se llega a traducir en una mejora integral en los costos.
- Por medio del análisis de sensibilidad, se pudo identificar que el componente o variable que tiene un efecto directo en el costo de los vehículos es el costo de las planchas de aluminio, ya que es una materia prima que se utiliza en gran volumen para la producción de piezas utilizadas en el ensamblaje.
- La implementación del sistema de ensamblaje modular significó un aumento significativo en el costo de la mano de obra directa, debido a la cantidad de operarios extras necesarios para el funcionamiento del módulo del drivetrain con el motor, lo cual en el caso que no se produzcan las unidades propuestas, podría llegar a tener un efecto mucho más significativo en el costo unitario de cada vehículo.
- El desarrollo de un simulador de planta de ensamblaje automotriz en realidad virtual ha alcanzado avances significativos en relación con los objetivos propuestos, especialmente en su aplicación dentro del ámbito de la ingeniería industrial al proporcionar una herramienta para el aprendizaje de procesos de ensamblaje. A continuación, se presentan las conclusiones en función de cada uno de los objetivos generales y específicos.
- El proyecto ha logrado expandir la línea de ensamblaje automotriz mediante una simulación en realidad virtual, con un modelo detallado y funcional del proceso de ensamblaje. Esta representación ofrece una experiencia inmersiva que permite a los estudiantes de ingeniería industrial y a posibles inversionistas visualizar de manera realista las capacidades productivas de una planta de ensamblaje automatizada, cumpliendo así con el objetivo de proporcionar un recurso de aprendizaje práctico y una herramienta de presentación para la evaluación de la viabilidad de una planta de ensamblaje en Guatemala.
- Modelado del Vehículo: Se seleccionó y adaptó un modelo de vehículo preexistente para optimizar el tiempo y los recursos. Este modelo fue modificado con texturas más realistas y configuraciones de animación, cumpliendo así con el objetivo de representar el interior y componentes clave del vehículo en la simulación de procesos. La elección de un modelo ya detallado permitió integrar el vehículo en el flujo del proceso de ensamblaje sin perder fidelidad visual.
- Realización de Animaciones para el Vehículo y su Módulo Interno: Las animaciones de componentes como el volante, la palanca de cambios y las puertas, junto con los efectos sonoros, proporcionan una experiencia realista que permite a los usuarios observar y experimentar los movimientos de ensamblaje y operación en el contexto de una planta. Esto contribuye al entendimiento del flujo y organización del proceso industrial de ensamblaje.

- Modularización de Escenas en Unity para Futura Implementación de Nuevos Módulos: La estructura modular establecida en Unity permite la incorporación de nuevos módulos de forma eficiente, lo que facilita la expansión del simulador sin reconstrucción de cada escena. La jerarquía organizada y la estructura de carpetas optimizan el flujo de trabajo, asegurando que el simulador sea escalable y adaptable para futuros desarrollos en el ámbito industrial.
- El simulador ofrece a los estudiantes de ingeniería industrial una experiencia educativa que facilita la comprensión de los procesos y flujos de trabajo en una planta de ensamblaje. La integración de un modelo detallado en el proceso permite a los usuarios experimentar el control y la organización de una línea automatizada de producción, cumpliendo con el objetivo de ser una herramienta de aprendizaje aplicada a los procesos industriales.
- Como herramienta de presentación para potenciales inversionistas, el simulador permite visualizar de manera realista los flujos de trabajo y la eficiencia de una planta de ensamblaje, destacando los beneficios económicos y logísticos de instalar una planta de manufactura en Guatemala. Esto lo convierte en un recurso estratégico para atraer inversiones y posicionar al país como un destino viable para la industria automotriz.

10. Recomendaciones

- Actualmente se utiliza el 33% de la capacidad de la planta, por ello se recomienda explorar la incorporación de otros modelos de vehículos para maximizar el uso de la infraestructura y maquinaria instalada. Además de diversificar la producción con nuevos modelos, se podría incluir variantes como vehículos mecánicos, automáticos, de equipamiento básico y full equipo. Esto para captar diferentes segmentos del mercado y también para atender mejor las preferencias de los consumidores. Esta estrategia contribuiría a aumentar las fuentes de ingresos y mejorar la estabilidad financiera de la planta a largo plazo.
- Para optimizar los costos en la adquisición de materias primas, es esencial realizar una evaluación constante de los diferentes proveedores, comparando precios, condiciones de entrega y calidad. Además, se recomienda investigar los tratados de libre comercio que Guatemala tiene vigentes, ya que estos acuerdos pueden ofrecer aranceles preferenciales para la importación de insumos. Guatemala cuenta con tratados de libre comercio con países clave como Estados Unidos, México, Colombia, Israel y la Unión Europea, lo que facilita la importación de materiales a costos más competitivos. Asimismo, sería beneficioso consultar con el Ministerio de Economía, en particular con la Dirección de Administración del Comercio Exterior (DACE), para explorar las opciones de nacionalización de materias primas y aprovechar los beneficios que estos acuerdos comerciales ofrecen .
- Aunque la demanda actual es local, se recomienda que la planta automotriz considere expandir sus operaciones hacia el mercado regional, exportando a países vecinos de Centroamérica como El Salvador, Honduras y Nicaragua. Esta expansión abriría nuevas oportunidades comerciales y permitiría aprovechar tratados de libre comercio, optimizando la capacidad instalada y mejorando la rentabilidad a largo plazo. Para ello, es fundamental desarrollar una estrategia basada en estudios de mercado para evaluar la viabilidad de esta expansión. También se deben explorar los beneficios de la unión aduanera centroamericana, que facilita el movimiento de bienes dentro de la región, simplificando trámites aduaneros y reduciendo tiempos y costos logísticos. Cumplir con las regulaciones y estándares de calidad de cada país es clave para garantizar la operación regional.
- Se recomienda volver a realizar el estudio financiero, esta vez incorporando el manejo de inventarios, ya que este aspecto no fue considerado en el análisis realizado. Es necesario contar con inventarios porque permiten una mejor planificación en la producción y aseguran la continuidad operativa al disponer de materias primas suficientes para responder a las fluctuaciones de la demanda. Además, se debe investigar cuál es el sistema de inventarios que mejor se acomode a las necesidades específicas de la planta, lo cual facilitará un control eficiente de las materias primas y productos terminados, evitando tanto excesos como faltantes que podrían generar costos innecesarios.
- Dada la tendencia del mercado hacia los vehículos automáticos, se recomienda que la planta se especialice en este tipo de automóviles, alineándose con las preferencias actuales de los consumidores tanto a nivel local como internacional.

- Para competir de manera eficaz y activa con los vehículos usados importados, es fundamental que la planta tenga la capacidad de ofrecer vehículos nuevos a precios accesibles, combinados con facilidades de financiamiento, lo que puede incrementar la preferencia por los productos locales.
- En un proyecto de la magnitud de esta planta de ensamblaje, es de carácter fundamental negociar con el gobierno local incentivos fiscales tales como la reducción de tasas impositivas, exenciones arancelarias y tasas municipales; esto para incentivar la inversión y promover el crecimiento de la industria automotriz en el país. Esto será de vital importancia para garantizar la sostenibilidad financiera a largo plazo de la región.
- Al determinar la ubicación óptima de la planta de ensamblaje en Escuintla, se busca aprovechar estratégicamente su proximidad al Puerto Quetzal. Esto es un factor que permitirá optimizar la distribución de vehículos y disminuir los costos logísticos relacionados con el transporte de materias primas y productos terminados.
- En relación con los distintos escenarios económicos, es de carácter fundamental mantener una vigilancia continua sobre las condiciones del país, especialmente las tasas de interés y la inflación. Es por esto que se sugiere establecer un límite aceptable y controlado de tasas de interés superiores al 4% y niveles de inflación superiores al 5%, ya que estas variaciones podrían disminuir considerablemente la demanda de vehículos, afectando significativamente la viabilidad del proyecto.
- Tal como se indicó a lo largo de este trabajo de graduación, el mercado global de la producción de vehículos está cada vez más enfocada en la producción de vehículos de índole eléctrica, por lo que se recomienda ajustar el sistema de ensamblaje modular para la implementación de la producción de este tipo de modelo de vehículo para poder aprovechar el crecimiento de este segmento en la industria automotriz. La adaptación se podría realizar por medio de la adición o creación de nuevos módulos para ensamblar componentes específicos de este tipo de vehículos.
- Para garantizar que la implementación de una planta en Guatemala llegue a ser rentable a largo plazo, se recomienda alinear la producción de los vehículos a la demanda real para poder determinar si el proceso productivo puede abordar y ajustarse a las fluctuaciones del mercado. Se recomienda poder realizar análisis de demanda tanto para los modelos actuales como para otros modelos, en el caso se quisieran introducir al portafolio, para determinar si la producción aún sigue siendo rentable y competitiva en la industria.
- Se recomienda incluir en el portafolio de vehículos, un modelo que sea totalmente diferente a los demás, tanto en tamaño como en diseño, en la línea de ensamblaje modular. Esto permitirá que se evalúe si este sistema de producción se ajusta de manera eficiente a la producción de modelos con una gran diferencia. También esto permitiría determinar si en verdad el sistema modular es lo suficientemente flexible como para abordar complicaciones que podrían surgir al momento de producir diferentes vehículos con estructuras y tecnologías diferentes.
- La falta de pruebas de usuario limita la evaluación completa de la efectividad del simulador como herramienta educativa y comercial.

- En fases futuras, se realizarán pruebas con:
 - Estudiantes de ingeniería industrial.
 - Usuarios potenciales.
- Las pruebas buscarán recopilar retroalimentación sobre:
 - La experiencia de usuario.
 - Áreas de mejora en la interacción.
- La retroalimentación permitirá optimizar el simulador como recurso didáctico y comercial.

11. Referencias

- Admin.* (2024, August 6). *Funciones del jefe de mantenimiento industrial.* MINT.
<https://mintforpeople.com/noticias/funciones-jefe-mantenimiento-industrial/>
- Admin.* (2023, September 9). ▷ *Explorando la Historia de la Industria Automotriz Mundial: Un Resumen de los Hechos y Logros | Actualizado septiembre 2024.* IIAM. <https://iiam.mx.com/historia/historia-de-la-industria-automotriz-en-el-mundo/>
- Análisis Económico de ABG,* (2022). *Sector automóviles. Obtenido de ABG: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://abg.org.gt/es/wp-content/uploads/2022/08/SECTOR-3-AUTOMOVILES-junio-2022.pdf*
- Arias, E. R.* (2022, 24 noviembre). *Suavización exponencial.* Economipedia.
<https://economipedia.com/definiciones/suavizacion-exponencial.html>
- Así ayuda la ingeniería industrial a las empresas | Universidad El Bosque.* (s. f.).
<https://www.unbosque.edu.co/blog-universidad-el-bosque/ingenieria-industrial-en-las-empresas>
- Arias, E. R.* (2022, November 24). *Investigación cuantitativa Qué es, definición y concepto.* Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-cuantitativa.html>
- Arista Guatemala - Silla Elara Multiusos- (2) Facebook.* (n.d.).
https://www.facebook.com/photo.php?fbid=845320687619797&set=pb.100064256193052.-2207520000&type=3&locale=es_LA
- Arista Guatemala - Silla Veda - (2) Facebook.* (n.d.).
https://www.facebook.com/photo.php?fbid=922217866596745&set=pb.100064256193052.-2207520000&type=3&locale=es_LA
- Arista Guatemala -Silla Extreme II (2) Facebook.* (n.d.). -
https://www.facebook.com/photo.php?fbid=893330299485502&set=pb.100064256193052.-2207520000&type=3&locale=es_LA
- Arista Lift Pro - (2) Facebook.* (n.d.).
https://www.facebook.com/photo.php?fbid=845316890953510&set=pb.100064256193052.-2207520000&type=3&locale=es_LA
- Arista Tecno Spaces - Escritorio runway L (2) Facebook.* (n.d.)
https://www.facebook.com/aristaguatemala/photos/pb.100064256193052.-2207520000/413804663587350/?type=3&locale=es_LA
- Armario para medicamentos con cerradura.* (n.d.). Praxisdienst.
<https://www.praxisdienst.es/es/Mobiliario+clinico/Almacenaje+y+dispensadores/Ga>

binetes+para+medicamentos/Armario+para+medicamentos+80+cm+blanco+RAL+9010.html

Azulejo en relieve gris, 30 x 45, 33-410, 0.81mt² x caja (precio x caja). (n.d.). Ferretería EPA. https://gt.epaenlinea.com/azulejo-en-relieve-gris-30-x-45-33-410-0-81mt-x-caja-precio-x-caja.html?queryID=c125a60820d1b7c62e1f22c3f97cc2c4&objectID=2205059&indexName=prodtgt_t4_products

Alarcón, J., Parra, X. C., Cáceres, O. V., & Margarita, A. (2020). *El liderazgo en la producción automotriz mundial: Una historia de cambio en los 130 años de existencia de la industria.* *ConcienciaDigital*, 3(3.1), 252–274. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i3.1.1387>

Alberto, R. (2022, October 3). *El IGSS fija cuota mínima de contribuciones a la Seguridad Social - Seguridad Social Ahora.* *Seguridad Social Ahora.* <https://www.igssgt.org/noticias/2022/10/03/el-igss-fija-cuota-minima-de-contribuciones-a-la-seguridad-social/#:~:text=El%20aporte%20del%20patrono%20es,contribuci%C3%B3n%20a%20la%20Seguridad%20Social>

Allgood, K. (2024, March 22). *Revving up sustainability: How the EU, China and the US are tackling automotive circularity.* *World Economic Forum.* <https://www.weforum.org/agenda/2024/03/automotive-industry-circularity/>

Audi Media Center. (2022). *Modular Assembly: “We’re making the assembly line more flexible and enhancing it.”* Audi MediaCenter. <https://www.audi-mediacycenter.com/en/press-releases/modular-assembly-were-making-the-assembly-line-more-flexible-and-enhancing-it-14785>

AutoDesk. (2021, January 19). *Autodesk AutoCAD 2024 | Software AutoCAD 3D y 2D.* Autodesk.mx. <https://www.autodesk.mx/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>

Banguat. (s. f.-b). *Inflacion | Banco de Guatemala.* <https://banguat.gob.gt/page/inflacion>

Bolaños, R. M. (2024, 12 febrero). *La venta de vehículos nuevos creció 18% en Guatemala y estos fueron los más buscados.* *Prensa Libre.* <https://www.prensalibre.com/economia/la-venta-de-vehiculos-nuevos-crecio-18-en-guatemala-y-estos-fueron-los-mas-buscados/>

Burguillo, R. V. (2021, 15 septiembre). *Tasa de desempleo.* *Economipedia.* <https://economipedia.com/definiciones/tasa-de-desempleo-paro.html>

Barajas, S., & W, S. (2005). *La industria automotriz de México: De la sustitución de importaciones a la promoción de exportaciones.* *Análisis Económico - Universidad Autónoma Metropolitana*, 20(44), 191-213. <https://www.redalyc.org/pdf/413/41304407.pdf>

Batería LTH Hi-Tec Nissan Versa Exclusive 2017 - H-99-470. (n.d.). Meses Sin Interés. <https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-1800461937-bateria-lth-hi-tec-nissan->

versa-exclusive-2017-h-99-470-
_JM#position%3D1%26search_layout%3Dstack%26type%3Ditem%26tracking_id
%3D490cb249-5aa7-4fe6-9ff9-410b713bdad2

Blank, L. T., & Tarquin, A. J. (2006). *Ingeniería económica*. McGraw-Hill Companies.

Brigham & Houston (2020). *Fundamentos de Administración Financiera*. 15ª edición.
Cengage Learning

Belge. (2021). *Proplanner | Productos - Belge*. Belge.com.br. https://www.belge.com.br/pp-protime-estimation_esp.php

BYD. (2024). *Autos eléctricos, sedan y SUV I BYD Guatemala*. BYD.
<https://www.byd.com/gt>

BOTIQUIN METALICO STD. (n.d.). *Deseret 2*.
<http://www.deseretsa.com/shop/product/des002-botiquin-metalico-std-37244?category=3&page=14>

Bolaños, R. M. (2022, August 2). *Ensambladora japonesa de partes de autos se instala en Guatemala con una inversión inicial de US\$10 millones*. Prensa Libre.
<https://www.prensalibre.com/economia/ensambladora-japonesa-de-partes-de-autos-se-instala-en-guatemala-con-una-inversion-inicial-de-us10-millones/>

CAMILLA #2 CON GRADAS - ESTRIBOS - 2 GAVETAS - COLOR NEGRO. (n.d.). *Deseret 2*. <http://www.deseretsa.com/shop/product/std1140-camilla-2-con-gradas-estribos-2-gavetas-color-negro-37281?category=3&page=14>

Cárdenas y Nápoles, R. A. (2016). *Costos 1 (primera ed.)*. México: Instituto Mexicano de contadores públicos, A.C.

Carrillo, E. B. (n.d.). *Funciones y obligaciones - Secretaria Administrativa*.
<https://administrativa.uaq.mx/index.php/con/funciones-y-obligaciones>

Carro Paz, R., & González Gómez, D. (n.d.). *Localización de instalaciones (Vol. 13)*.
Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Universidad Nacional de El Salvador.

Castro, C. (2023, December 29). *Así será el salario mínimo 2024 en Guatemala establecido por el Gobierno*. Guatemala.com.
<https://www.guatemala.com/noticias/vida/asi-sera-el-salario-minimo-2024-en-guatemala-establecido-por-el-gobierno.html>

Cataño Rojas, M. D. (2020). *Contabilidad de costos en industrias de transformación* (Segunda ed.).

México: Instituto Mexicano de Contadores Públicos.

CABI Data Analytics. (s. f.). <https://cabidata.com/>

CMF Educa - ¿Qué es la Tasa de Interés? (s. f.). CMF Educa - Comisión Para el Mercado Financiero. <https://www.cmfchile.cl/educa/621/w3-article-27164.html>

Cristiani, N., & Cuevas, F. (2023, 20 septiembre). *Las altas tasas continúan. . . ¿también en América Latina?* <https://privatebank.jpmorgan.com/latam/es/insights/markets-and-investing/el-pulso-de-america-latina/las-altas-tasas-continuan-tambien-en-america-latina>

Cemaco. (n.d.). *Basurero con Sensor Electronico 50 L - Viva - Cemaco | Tienda en Línea: Ferretería, Hogar, Blancos y Mascotas. Cemaco.* <https://www.cemaco.com/basurero-sensor-electronico-50-l-viva-1028482/p>

Cemaco. (n.d.). *Basurero Rectangular Metálico De 50 Lts - Keter - Cemaco | Tienda en Línea: Ferretería, Hogar, Blancos y Mascotas. Cemaco.* <https://www.cemaco.com/basurero-rectangular-metalico-de-50-lts-keter-1100113/p>

Cemaco. (n.d.). *Dispensador De Papel Higiénico Jumbo Roll - Jofel - Cemaco | Tienda en Línea: Ferretería, Hogar, Blancos y Mascotas. Cemaco.* <https://www.cemaco.com/dispensador-de-papel-higienico-jumbo-roll-jofel-973933/p>

Cemaco. (n.d.). *Escoba De Plástico - Starmax - Cemaco | Tienda en Línea: Ferretería, Hogar, Blancos y Mascotas. Cemaco.* <https://www.cemaco.com/escoba-de-plastico-starmax-1066697/p>

Cemaco. (n.d.). *Excello Látex Flexible Mate Ultra Blanco 5 Gal - Sherwin Williams - Cemaco | Tienda en Línea: Ferretería, Hogar, Blancos y Mascotas. Cemaco.* <https://www.cemaco.com/excello-latex-flexible-mate-ultra-blanco-5-gal-sherwin-williams-827265/p>

Cemaco. (n.d.). *Excello Látex Flexible Mate Ultra Blanco 5 Gal - Sherwin Williams - Cemaco | Tienda en Línea: Ferretería, Hogar, Blancos y Mascotas. Cemaco.* <https://www.cemaco.com/excello-latex-flexible-mate-ultra-blanco-5-gal-sherwin-williams-827265/p>

Cemaco. (n.d.). *Impresora LQ-590II Matricial De Alta Velocidad - Epson - Cemaco | Tienda en Línea: Ferretería, Hogar, Blancos y Mascotas. Cemaco.* <https://www.cemaco.com/impresora-lq-590ii-matricial-de-alta-velocidad-epson-1097009/p>

Cemaco. (n.d.). Interruptor 3 Vías Doble Blanco - Bticino - Cemaco | Tienda en Línea: Ferretería, Hogar, Blancos y Mascotas. Cemaco. <https://www.cemaco.com/interruptor-3-vias-doble-blanco-bticino-1049442/p>

Cemaco. (n.d.). Pala De Basura Roja - Melody - Cemaco | Tienda en Línea: Ferretería, Hogar, Blancos y Mascotas. Cemaco. <https://www.cemaco.com/pala-de-basura-roja-melody-716897/p>

Cemaco. (n.d.). Panel Led De 40 W 1 Pza - Sylvania - Cemaco | Tienda en Línea: Ferretería, Hogar, Blancos y Mascotas. Cemaco. <https://www.cemaco.com/panel-led-de-40-w-1-pza-sylvania-1052174/p>

Cemaco. (n.d.). Pano De Microfibra 11.5X15 - Zwipes - Cemaco | Tienda en Línea: Ferretería, Hogar, Blancos y Mascotas. Cemaco. https://www.cemaco.com/pano-de-microfibra-115x15-zwipes-701167/p?utm_source=Google_Ads&utm_medium=Shopping&utm_campaign=2023_Cemaco_ShoppingAds_PerformanceMax&utm_content=CemacoAds_ShoppingAds_PerformanceMax&gad_source=1&gclid=CjwKCAjw_4S3BhAAEiwA_64Yhp_NCH0y6u5N9MmKIUB4AkE70-ek_WAa-rcLhye0vMxwv3IJEbgdhoCjMgQAvD_BwE

Cemaco. (n.d.). Plafón De Techo Bronce Antiguo 60W - Z - Cemaco | Tienda en Línea: Ferretería, Hogar, Blancos y Mascotas. Cemaco. <https://www.cemaco.com/plafon-de-techo-bronce-antiguo-60w-z-947142/p>

Cemaco. (n.d.). Tomacorriente Doble Matix Go Gris - Cemaco | Tienda en Línea: Ferretería, Hogar, Blancos y Mascotas. Cemaco. <https://www.cemaco.com/tomacorriente-doble-matix-go-gris-1141651/p>

Colmenares, D. M. (2024, March 5). Ceupe. Ceupe. <https://www.ceupe.com/blog/responsable-de-formacion-y-desarrollo.html>

Computrabajo Guatemala. (n.d.). Salario de Agente de seguridad en Guatemala 2024 | Computrabajo Guatemala. <https://gt.computrabajo.com/salarios/agente-de-seguridad>

Computrabajo Guatemala. (n.d.). Salario de Asistente comercial en Guatemala 2024 | Computrabajo Guatemala. <https://gt.computrabajo.com/salarios/asistente-comercial>

- Computrabajo Guatemala. (n.d.). Salario de Asistente de gerencia en Guatemala 2024 | Computrabajo Guatemala. <https://gt.computrabajo.com/salarios/asistente-de-gerencia>*
- Computrabajo Guatemala. (n.d.). Salario de Conserje en Guatemala 2024 | Computrabajo Guatemala. <https://gt.computrabajo.com/salarios/conserje>*
- Contreras, M. V. G. (2020). Capacidad para atraer la inversión extranjera directa en México en el sector manufacturero y su impacto en la industria automotriz. Revista Cimexus, 15(2), 13-38. <https://doi.org/10.33110/cimexus150201>*
- Ocupación y Salario. (n.d.). WageIndicator Foundation. <https://tusalario.org/guatemala/Tucarrera/guatemala-ocupacion-y-salario/guatemala-profesionales-de-enfermeria>*
- Computrabajo Guatemala. (n.d.). Salario de Coordinador/a en Guatemala 2024 | Computrabajo Guatemala. <https://gt.computrabajo.com/salarios/coordinadora>*
- Ocupación y Salario. (n.d.). WageIndicator Foundation. <https://tusalario.org/guatemala/Tucarrera/guatemala-ocupacion-y-salario/guatemala-gerentes-de-recursos-humanos>*
- Computrabajo Guatemala. (n.d.). Salario de Encargado de compras en Guatemala 2024 | Computrabajo Guatemala. <https://gt.computrabajo.com/salarios/encargado-de-compras>*
- Computrabajo Guatemala. (n.d.). Salario de Jefe de compras en Guatemala 2024 | Computrabajo Guatemala. <https://gt.computrabajo.com/salarios/jefe-de-compras>*
- Computrabajo Guatemala. (n.d.). Salario de Jefe de mantenimiento en Guatemala 2024 | Computrabajo Guatemala. <https://gt.computrabajo.com/salarios/jefe-de-mantenimiento>*
- Computrabajo Guatemala. (n.d.). Salario de Jefe/a de ventas en Guatemala 2024 | Computrabajo Guatemala. <https://gt.computrabajo.com/salarios/jefea-de-ventas>*
- Computrabajo Guatemala. (n.d.). Salario de Supervisor de control de calidad en Guatemala 2024 | Computrabajo Guatemala. <https://gt.computrabajo.com/salarios/supervisor-de-control-de-calidad>*

Computrabajo Guatemala. (n.d.). Salario de Supervisor de producción en Guatemala 2024
/ *Computrabajo Guatemala. <https://gt.computrabajo.com/salarios/supervisor-de-produccion>*

Consultora de Recursos Humanos, AVANSEL. (2024, July 24). El Blog de Recursos Humanos de Avansel Selección | RRHH. Consultora de Recursos Humanos | AVANSEL. <https://www.avanselseleccion.es/academy/descripcion-de-puestos/coordinador-de-transporte/>

Contabilidad. 8ta. Edición. Charles T. Horngren. Walter Harrison Jr.. M. Suzanne Oliver. Pearson. (2010).

Cuentanos Guatemala. (n.d.). <https://guatemala.cuentanos.org/es/articles/5979336329117>

Chapa con llave, polo, para dormitorio, cromo satinado. (n.d.). Ferretería EPA. https://gt.epaenlinea.com/chapa-con-llave-polo-para-dormitorio-cromo-satinado.html?queryID=7700ae6d65b226db0034c47c1b4b658a&objectID=1918081&indexName=prodtgt_t4_products

Chapa digital wifi halo latón negro mate kwikset. (n.d.). Ferretería EPA. https://gt.epaenlinea.com/chapa-digital-wifi-halo-laton-negro-mate-kwikset.html?queryID=a36321ccf89c3846bce86c4f46e8d877&objectID=1938020&indexName=prodtgt_t4_products

Chase, R. B., & F Robert Jacobs. (2014). Administración de operaciones : producción y cadena de suministros. McGraw Hill Education.

Cigüeñal Nissan Versa March 1.6 2012-2019 Std 3ba0 original. (n.d.). MercadoLibre. https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-960789504-ciguenal-nissan-versa-march-16-2012-2019-std-3ba0-original-_JM

Cinturón delantero izq Original Nissan Versa - \$ 2,180.11. (n.d.). https://www.nissanparts.com.mx/MLM-1968486297-cinturon-delantero-izq-original-nissan-versa-_JM

Cojinete de la Rueda Trasera y Eje Montaje para Nissan NV200 2010+ Klt / NS/515a. (n.d.). eBay. https://www.ebay.com/itm/326245600720?_skw=cojinete+de+rueda+nissan+versa&itmmeta=01J7QBWRE779AH2T315JP4VC8D&hash=item4bf5c0cdd0:g:8-sAAOSwIN1ltldW&itmprp=enc%3AAQAJAAABAHoV3kP08IDx%2BKZ9MfhVJKlesxPfhLo1TNwZ163I1ieoirozdQ5i3gZ97oRnjSax1Q5%2F8XZIKr9J7ff%2FKtfvVTyoTGHZizRsb2lgGzDaJlln2C3BNqc7msxZL%2FStgVWDKfDd5ppq5iAQLLeab5QULpl%2FdEOdL4aUHe25V%2B6O6VFHwMLDK7IMWrWZGU%2F8znOYxJL1DhmYRjj

ezgcTkVUesUATc8aKZ5RvbevoQ94GoRDufzJ%2BchDI--
7wxm7O6z9wVi1Pk7reqH2mcOyBCpdTZUxTeU%2FQow2HjUjLn8Jd2iw53rH54O
wkdxisv8GZyappBtfvVzxCrX6CZMbv6kVY2J%2FI%3D%7Ctkp%3ABFBMmofz671
k&edge=0

- Copartes, A. R. (n.d.). *Amortiguador Trasero Nissan Versa Guatemala*. Copartes Guatemala. <https://www.copartes.gt/item-nuevo/11917/amortiguador-trasero-ambos-lados-nissan-versa>
- Copartes, A. R. (n.d.). *Amortiguadores delanteros Nissan Versa Guatemala PBX.2208-8700*. Copartes Guatemala. <https://www.copartes.gt/parte/19/amortiguador-delantero/marca/3/nissan/linea/144/versa>
- Copartes, A. R. (n.d.). *Retrovisor Derecho Electrico Nissan Versa Sedan sin luz de pivevia Guatemala*. Copartes Guatemala. <https://www.copartes.gt/item-nuevo/29037/retrovisor-derecho-electrico-nissan-versa-sedan-sin-luz-de-pivevia-2015-a-2019>
- Cristal parabrisas original Nissan Versa - \$ 5,135.32. (n.d.). https://www.nissanparts.com.mx/MLM-2750073292-cristal-parabrisas-original-nissan-versa-_JM
- Dalroad. (2023, January 18). *What is modular automotive manufacturing?* | Dalroad. Dalroad. <https://www.dalroad.com/resources/what-is-modular-automotive-manufacturing/>
- David Ray Anderson, Sweeney, D. J., & Thomas Arthur Williams. (2011). *Statistics for business and economics*. South-Western Cengage Learning.
- De Economía, S. (n.d.). *La Industria Automotriz es una de las más fuertes de México*. gov.mx. <https://www.gob.mx/se/articulos/la-industria-automotriz-es-una-de-las-mas-fuertes-de-mexico>
- De Michelin Connected Fleet, E. E., & De Michelin Connected Fleet, E. E. (2021, December 8). *El Jefe de compras y sus funciones en la cadena de suministro*. <https://connectedfleet.michelin.com/es/blog/el-jefe-de-compras-y-sus-funciones-en-la-cadena-de-suministro/>
- De Negocios Isec, U. (2024, September 18). *¿Cuáles Son las Funciones de un Gerente de Finanzas?* | ISEC. Universidad De Negocios ISEC. <https://uneg.edu.mx/funciones-de-un-gerente-de-finanzas/>
- De Trabajo Y Previsión Social, M. (2023, February 1). *LO QUE DEBES SABER SOBRE EL AGUINALDO*. <https://guatemala.gob.gt/31137-2/>

- Deserete S.A. Mesa top Madera(2) Facebook. (n.d.).*
<https://www.facebook.com/photo/?fbid=1517937051887480&set=pcb.1517937255220793>
- Dispensador de Agua Oster Carga Inferior | MAX. (n.d.).*
<https://www.max.com.gt/hogar/electrodomesticos/dispensadores-de-agua/dispensador-de-agua-carga-inferior-panel-digital-oster-oswdd4501s>
- Distribuidora Mariscal. (2023, November 22). Distribuidora Mariscal | Dispensador de jabon vertical de acero inoxidable. Distribuidora Mariscal | Somos Construcción Y Remodelación Distribuimos Pisos Cerámicos, Azulejos, Baños, Grifería, Cemento Y Fachaletas Para El Diseño De Interiores Y Exteriores.*
<https://www.distribuidoramariscal.com.gt/productos/banos/accesorios-para-banos/dispensador-de-jabon-vertical/>
- Echavarria, N. (n.d.). Funciones y capacidades de un IT Manager que debe conocer.*
<https://www.nedigital.com/es/blog/funciones-y-capacidades-de-un-it-manager>
- Editor01. (2023, January 7). Propósitos 2023: Estar afiliado al IGSS es beneficioso para el asegurado y sus seres queridos - Seguridad Social Ahora. Seguridad Social Ahora.*
<https://www.igssgt.org/noticias/2023/01/06/propositos-2023-estar-afiliado-al-igss-es-beneficioso-para-el-asegurado-y-sus-seres-queridos/>
- El gerente de logística, de gran peso para la eficiencia en la empresa. (2023, March 8). Retos En Supply Chain | Blog Sobre Supply Chain De EAE Business School Barcelona.*
<https://retos-operaciones-logistica.eae.es/el-gerente-de-logistica-de-gran-peso-para-la-eficiencia-en-la-empresa/>
- Equipo editorial de Indeed. (2024, June 19). Qué es un conserje y cuáles son sus funciones. Guía Profesional De Indeed.*
<https://mx.indeed.com/orientacion-profesional/como-encontrar-empleo/que-es-conserje>
- Equipo editorial, Etecé. (2024, September 9). Historia del automóvil: resumen, evolución y características. Enciclopedia Humanidades.*
<https://humanidades.com/historia-del-automovil/>
- ESIC Business & Marketing School. (n.d.). Jefe de ventas: funciones y responsabilidades. ESIC.*
<https://www.esic.edu/rethink/comercial-y-ventas/jefe-de-ventas-funciones-y-responsabilidades-c>
- Espae, C. (2022, October 4). Habilidades y destrezas del gerente general: lo que necesitas para alcanzar esa posición. Educación En Management.*

<https://educacionenmanagement.espae.edu.ec/habilidades-destrezas-gerente-general/>

Edwin Laines. Estuardo Chinchilla. 11 de marzo de 2024. Mazda Grupo Q, entrevista mediante nota de voz. Preferencias de los consumidores de vehículos hatchback. El mercado automotriz experimenta un crecimiento con cifras históricas, afirma el gerente de una de las marcas más exitosas en el país. (2023, 30 abril). Gamarro, U. Prensa Libre. <https://www.prensalibre.com/economia/el-mercado-automotriz-experimenta-un-crecimiento-con-cifras-historicas-afirma-el-gerente-de-una-de-las-marcas-mas-exitosas-en-el-pais/>

Estos son los colores de vehículos que están en tendencia este 2023. (2023, 19 junio). Soy502. Recuperado 25 de junio de 2024, de <https://www.soy502.com/articulo/colores-vehiculos-tendencia-2023-101663#:~:>

=Guatemala%20es%20un%20pa%C3%ADs%20que,el%20blanco%20y%20el%20gris. Estadísticas de Transportes y Servicios. (2024). INE. Recuperado 4 de julio de 2024, de <https://www.ine.gob.gt/estadisticas-de-transportes-y-servicios/>

Especialista en Marketing Digital: funciones, salario y formación. (n.d.). <https://www.ui1.es/blog-ui1/especialista-en-marketing-digital-funciones-salario-y-formacion>

Especificaciones, Versiones, y Precios del Nissan Versa 2025. (n.d.). Nissan USA. <https://es.nissanusa.com/vehiculos/cars/versa-sedan/specs-trims.html>

Euroinnova International Online Education. (2024, September 17). Aprende todo lo que hace un ingeniero en computación. <https://www.euroinnova.com/blog/caracteristicas-de-un-tecnico-en-soporte>

Euroinnova International Online Education. (2024, September 17). Descubre cuál es la función de control de calidad en una empresa. <https://www.euroinnova.com/blog/asistente-de-compras>

Expertos en la Industria Automotriz [IIAM]. (2023, 9 septiembre). Explorando la historia de la industria automotriz mundial: un resumen de los hechos y logros | Actualizado febrero 2024. IIAM. <https://iiam.mx.com/historia/historia-de-la-industria-automotriz-en-el-mundo/>

FACTI. (2023, August 8). ¿Qué hace un Ingeniero Industrial en Guatemala? - FACTI. FACTI - Facultad de Ciencia, Tecnología e Industria. <https://www.galileo.edu/facti/historias-de-exito/que-hace-un-ingeniero-industrial-en-guatemala/>

- Flores, P. (2023, April 24). *Una factura de Q29 Mil. Empagua: cobros excesivos y tarifas escondidas - Quorum. Quorum.*
https://quorum.gt/especiales/hidrocracia/empagua_cobrosexcesivos/
- Ferco. (n.d.). *Fiesta espejo rectangular con antifog bluetooth luz led espejo aumentador 60 x 80- Klipe Banos- Ferco | ceramica*
https://www.ferco.com.gt/griferia_institucional/grifo_institucional_de_push_con_cobertura_antibacterial_pressmatic-025819.html?lang=es_GT
- Ferco. (n.d.). *GRIFO INSTITUCIONAL DE PUSH CON COBERTURA ANTIBACTERIAL PRESSMATIC- DOCOL GRIFERIAS- Ferco | ceramica*
https://www.ferco.com.gt/griferia_institucional/grifo_institucional_de_push_con_cobertura_antibacterial_pressmatic-025819.html?lang=es_GT
- Ferco. (n.d.). *Lavamanos bowl rectangular creta- KLIPEN BANOS- Ferco | ceramica*
https://www.ferco.com.gt/hasta_el_piso/lavamanos_bowl_rectangular_creta-026501.html?lang=es_GT
- Ferco. (n.d.). *MINGITORIO CON SPUD FERRY - HELVEX - Ferco | ceramica*
https://www.ferco.com.gt/hasta_el_piso/mingitorio_con_spud_ferry-010850.html?lang=es_GT
- Forbes, I. (2023, April 14). *Cómo se desarrolló la industria automotriz durante el 2022. Forbes Centroamérica.* <https://forbescentroamerica.com/2023/01/02/como-se-desarrollo-la-industria-automotriz-durante-el-2022>
- Front brake disc and pad kit for 2012-2019 Nissan Versa Ceramic Plain surface.* (2023, May 13). *eBay.*
https://www.ebay.com/itm/354373887900?fits=Model%3AVersa%7CMake%3ANissan&_skw=disco+de+freno+delantero+nissan+versa&itmmeta=01J7QC1169X45GZ256KH6RFYYY&hash=item528254679c:g:8LkAAOSws3dmtrSe&itmprp=enc%3AAQAJAAABAHoV3kP08IDx%2BKZ9MfhVJKlgYAWGtisivFIJrNDGv7ASNhgO%2BfQfiCwUxLT%2BkSPCuBZusxINmGCUhh4RtOTefgFkxlgW23clxo8ThQJPU%2Fv3HeZE26HijfH2B%2B%2Bh2pAU6alw3szKJCz0IHACeGs2DyRYxj4dbyYrUokDauvNvtPDUfxgpZcHYr%2FcE0XQSQTqPdPZjOBaWB3cJWTZ%2FaL44NAup7RIK%2Bk1%2Flr8rCER%2F8BSAeKIX4oikCq9Cm1Qs6ALqWBV%2FI0yt1UyktVvbnh2b89hJwysMtXcgxpjpfYmgeAPCHGjGFOZFacRRU21OVPXcRzvcMlgIAY743eWyuiiA%3D%7Ctkp%3ABFBMnpOE7L1k&edge=0
- García, G. (2023, November 18). *Estas son las 10 fábricas de autos más grandes del mundo. LA NACION.* <https://www.lanacion.com.ar/autos/estas-son-las-10-fabricas-de-autos-mas-grandes-del-mundo-donde-estan-nid13112023/>

- García, A., Enrique, Z., Pau, I., Gabarró, P., & Garza, R. (2019). *Promoción del desarrollo digital en Guatemala Retos y acciones*.
<https://www.fundesa.org.gt/content/files/BID.pdf>
- Gonzalez, L. (2023, November 6). *Tarifas de electricidad seguirán sin cambios hasta enero de 2024*. República.gt; República.gt. <https://republica.gt/economia/tarifas-de-electricidad-seguiran-sin-cambios-hasta-enero-de-2024-20231121520>
- Gerencia, R. (2014, 31 julio). *Opciones para la movilidad - Asociación de Gerentes de Guatemala - AGG*. Asociación de Gerentes de Guatemala - AGG.
<https://agg.org.gt/blog/revista-gerencia/opciones-para-la-movilidad/>
- Guatemala Panorama general. (s. f.). World Bank.
<https://www.bancomundial.org/es/country/guatemala/overview>
- Guatemala - Tipos de interés banco central 2023. (s. f.). Datosmacro.com.
<https://datosmacro.expansion.com/tipo-interes/guatemala>
- Guerra, H., & León, M. (s. f.). *Acelerado el mercado automotriz*.
<https://dca.gob.gt/noticias-guatemala-diario-centro-america/acelerado-el-mercado-automotriz/>
- Gerente de ventas o comercial: Funciones y requisitos | UNIR México. (2024, July 18). UNIR México. <https://mexico.unir.net/noticias/economia/gerente-ventas-funciones/>
- Gerentes de Capacitación y Desarrollo en Mi Próximo Paso. (n.d.).
<https://www.miproximopaso.org/profile/summary/11-3131.00>
- Guajardo Cantú, G., & Andrade de Guajardo, N. E. (2014). *Contabilidad financiera (6ª ed.)*. McGraw-Hill Education.
- Guía Práctica del Supervisor de Seguridad Industrial. (n.d.).
<https://www.prysmex.com/blog/guia-practica-del-supervisor-de-seguridad-industrial>
- Horngren, C. T., Datar, S. M., & Rajan, M. V. (2012). *Contabilidad de costos (14ª ed.)*. Pearson Educación.
- Horngren, C. T., Sundem, G. L., & Stratton, W. O. (2012). *Contabilidad de Costos: Un enfoque gerencial (14th ed.)*. Pearson Educación, México.
- Hyundai. (2024). *Grand i10 | Hyundai Guatemala*. hyundaiguatemala.com.
<https://hyundaiguatemala.com/grandi10.php>
- Home - Avedac. (s. f.). <https://avedac.org/>
- Ingeniería Industrial – Universidad Rafael Landívar. (n.d.).
<https://principal.url.edu.gt/carreras/facultad-de-ingenieria/ingenieria-industrial/>

Importaciones ABU S.A. - TUERCAS P/LLANTAS ROJO CROMADO 12X1.50MMX48MM 20PCS. (2024, September 2). Importaciones ABU S.A. <https://www.importacionesabu.com.gt/product/accesorios-para-carro/tuning/tuercas-p-llantas-rojo-1-50m-20pcs/>

Importancia de la Industria Automotriz. (n.d.). AMIA. https://amia.com.mx/publicaciones/industria_automotriz/

Indeed. (2024, April 18). Qué hace un jefe de seguridad. Indeed.com México. <https://mx.indeed.com/orientacion-profesional/como-encontrar-empleo/que-hace-jefe-seguridad>

Instalaciones modernas. (n.d.). <https://store.instalacionesmodernas.com/Mezcladora-para-ducha-2-pomos-cromados-Pfister-p288106387>

Interior Rear View Mirror FITS for Nissan Sentra tiida Altima Versa Pathfinder. (n.d.). eBay. https://www.ebay.com/itm/404318365265?_skw=Espejo+Retrovisor+Central+Versa+Original&itmmeta=01J7PRZFJFHP7QBMKQX3TAQ63P&hash=item5e2340a651:g:cowAAOSwyhVke7aw&itmprp=enc%3AAQAJAAABAHoV3kP08IDx%2BKZ9MfhVJKkrznMzulCjMIJPTmNnq7jmo%2Bb7qX6etDXZ%2BC7aUfZKLwv8jR8a%2FMVZ5HGD9%2Bo0QHwrjKvtFx4MnaqQzGUG%2BC%2BdTVX7FTJXS0CQqIET2cLFLEGA5rNYucKw77%2BMch3qxMaPi7z5ba%2FBNzqsJEoK9rKo%2FzdzEMy8aybkvoaefMpcOuk4D0I7xkx3yfvld8ubGI3nr6%2B3BCpDKVeNdr%2Fb4CL7ukAZO7%2FIZPmp9EMYWqNpm1nJSmeQd%2BKPr%2BPRXdXtFHqq10c9ooAKeLOODFBKrZz0ebTZnh4rwE2tCAPwxB5zeGrj27FWQtGpY%2Fw4CM8%3D%7Ctkp%3ABFBMrPn92L1k&edge=0

ICEX España Exportación e Inversiones. (2021). El mercado del automóvil en Guatemala en cifras. <https://www.icex.es/content/dam/es/icex/documentos/quienes-somos/donde-estamos/red-exterior/guatemala/DOC2021896148.pdf>

Instituto Nacional de Estadística Guatemala. (2021). Información Estadística con Enfoque de Género y pueblos a nivel Municipal. Ine.gob.gt. <https://www.ine.gob.gt/ine/wp-content/uploads/2022/07/Republica-de-Guatemala.pdf>

*Ivica Draganjac, Damjan Miklic, Kovacic, Z., Goran Vasiljevic, & Bogdan, S. (2016). Decentralized Control of Multi-AGV Systems in Autonomous Warehousing Applications. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 13(4), 1433–1447. <https://doi.org/10.1109/tase.2016.2603781>*

iShop Guatemala. (n.d.). iMac con pantalla Retina 4.5K de 24 pulgadas: Chip M3 de Apple con CPU. <https://ishop.gt/products/imac-con-pantalla-retina-4-5k-de-24-pulgadas-m3-mqrd3e-a>

- James, J., & Ebin, V. (2022). *Modular Production Systems in Automobile Industry: A Conceptual Review*. *International Journal of Mechanical and Industrial Technology*, 9(2348-7593), 1–10. <https://www.researchpublish.com/>
- Kit de cables de tierra HKS/HKS – Mautolite. (n.d.). <https://mautolite.com.gt/product/kit-de-cables-de-tierra-hks-hks/>
- Kit de tornillos M3 - 300 piezas. (n.d.). *La Electrónica*. <https://laelectronica.com.gt/kit-de-tornillos-m3---300-piezas>
- Keyler, L., Van den Broek, M., Bartlett, R., & Ward, J. (2023, January 18). *2023 outlook: Rising trends in the automotive industry*. *RSM Global*. <https://www.rsm.global/insights/2023-outlook-rising-trends-automotive-industry>
- KIA. (2018). *¿Qué es un auto hatchback y por qué comprar uno?* | KIA. *Kia Perú*. <https://www.kia.com/pe/util/news/que-es-auto-hatchback-ventajas.html>
- Labsoft. (2024, April 1). *Gerente de Calidad: Rol, Responsabilidades e Importancia*. <https://mylims.net/language/es/todo-sobre-el-gerente-de-calidad-rol-responsabilidades-e-importancia/>
- Lampón, J. F., & Cabanelas, P. (2014). *La estrategia de plataformas modulares ¿Una nueva revolución en la organización de la producción en el... Universia Business Review*, 42(42). https://www.researchgate.net/publication/262933391_La_estrategia_de_plataformas_modulares_Una_nueva_revolucion_en_la_organizacion_de_la_produccion_en_el_sector_del_automovil
- Lucidchart. (2024). *Software de diagramación en línea y solución visual* | Lucidchart. [Lucidchart. https://www.lucidchart.com/pages/es](https://www.lucidchart.com/pages/es)
- Lampinen, M. (2024, May 27). *Toyota operating margin sets a new record*. *Automotive World*. <https://www.automotiveworld.com/articles/toyota-operating-margin-sets-a-new-record/>
- Libertador Equipo de Oficina, S.A. (2023, August 23). *ARCHIVO LATERAL DE METAL DE 2 GAVETAS - Libertador Equipo de Oficina*. *Libertador Equipo De Oficina*. <https://libertador.com.gt/producto/archivo-lateral-de-2-gavetas/>
- LLANTA 165/60 R14 K425 HANKOOK. (n.d.). *Rapifreno*. <https://www.rapifreno.com/tienda/LLANTA-165-60-R14-K425-HANKOOK-p508394891>
- LOCKER 4 PUERTAS NEGRO. (n.d.). *Deseret 2*. <http://www.deseretsa.com/shop/product/con007-locker-4-puertas-negro-38086?category=3&page=13>

- Madura, J. (2015). *Administración Financiera Internacional*. 12ª edición. Cengage Learning
- Manecilla exterior puerta delantera derecha Nissan Versa Usada +502 2208-8700. <https://www.repuestosnissan.com.gt/>. (n.d.). <https://www.repuestosnissan.com.gt/parte/30577/manecilla-exterior-puerta-delantera-derecha-nissan-versa-usada-2012-a-2019-del-2012-al-2019>
- Manecilla exterior puerta trasera izquierda Nissan Versa Usada +502 2208-8700. <https://www.repuestosnissan.com.gt/>. (n.d.). <https://www.repuestosnissan.com.gt/parte/30579/manecilla-exterior-puerta-trasera-izquierda-nissan-versa-usada-2012-a-2019-del-2012-al-2019>
- Mapainmueble. (2023, May 26). Venta Terreno sobre Carretera Antigua a Puerto San José - Mapainmueble. <https://mapainmueble.com/properties/venta-terreno-sobre-carretera-antigua-a-puerto-san-jose-dvt7480/#item2>
- Mapainmueble. (n.d.). Página no encontrada - Mapainmueble. <https://mapainmueble.com/properties/terreno-en-complejo-industrial-km-67-escuintla-opcion-2-dvt8661/#item1>
- MarcosNew. (2024, September 9). ¿Qué hace un diseñador gráfico? CEI: Escuela de Diseño y Marketing. <https://cei.es/que-hace-un-disenador-grafico/>
- MESA DE CENTRO - PRUNUS - VIDRIO BRONCE - BASE DE METAL NEGRO. (n.d.). Deseret 2. <http://www.deseretsa.com/shop/product/bb0538-mesa-de-centro-prunus-vidrio-bronce-base-de-metal-negro-43369?category=3&page=10>
- Martínez, R., Palma, A., Velásquez, A., & Sociales, P. (2020). *Revolución tecnológica e inclusión social Reflexiones sobre desafíos y oportunidades para la política social en América Latina*. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/d2c473f1-04a2-415a-a79b-48c72e1ac06e/content>
- Microsoft. (2016). *Software de hojas de cálculo Microsoft Excel | Microsoft 365*. Microsoft.com. <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/excel>
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2007). *Política de conservación, Protección y Mejoramiento del ambiente y los recursos naturales República de Guatemala* Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/gua165868.pdf>
- Mesa de conferencia de 2.40 x 1.12 MARCA ABM EN LA INCREIBLE ABM. (n.d.). *La Increible ABM*. <https://laincreibleabm.com.gt/inicio/858-mesa-de-conferencia-de-240-x-112-marca-abm.html>

Microfinanzas, R. (2023, September 12). ¿Por qué es importante tener un buen contador en tu empresa? <https://es.linkedin.com/pulse/por-qu%C3%A9-es-importante-tener-un-buen-contador-en>

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2016). *Listado Taxativo de Proyectos, Obras, Industrias o Actividades (Acuerdo Ministerial No. 199-2016)*. Guatemala: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Mortimore, M., & Barron, F. (2005). *Informe sobre la industria automotriz mexicana. Desarrollo Productivo*. <http://repositorio.cepal.org/handle/11362/4555>

MUEBLE DE RECEPCION EN ESCUADRA. (n.d.). *Deseret 2*.
<http://www.deseretsa.com/shop/product/recep01-mueble-de-recepcion-en-escuadra-73708?category=3&page=8>

Mazda Guatemala. (s. f.). <https://mazdaguatemala.com/>

Morales, F. C. (2022, 24 noviembre). *Tasa de inflación*. Economipedia.
<https://economipedia.com/definiciones/tasa-de-inflacion.html>

Municipalidad de Escuintla. (2008, 19 de febrero). *Reglamento de construcción, urbanismo y ornato para el municipio de Escuintla*. Publicado en el *Diario de Centroamérica*.

Nacional, E. P. (2018, June 15). *JEFE DE PLANTA*. Escuela Politécnica Nacional.
<https://www.epn.edu.ec/jefe-de-planta/>

New Shock Struts Pair Fit 07-12 Nissan Versa Front LH&RH Full Absorbers Assembly. (n.d.). eBay.
https://www.ebay.com/itm/354911239080?_skw=Kit+2+Resortes+Amortiguador+Nissan+Original+Versa+12-20&itmmeta=01J7PP0ZKA72RY4624W1PBGGF2&hash=item52a25bbba8:g:kBYAAOSwAitr6H8&itmprp=enc%3AAQAJAAABEHoV3kP08IDx%2BKZ9MfhVJKIx1oTLBMQTR86HXJI95dtzov4bpqorjugQaByTNJqopQSF9gsnpaQFvyzyr97%2FrGk9dKZvmqHQCrg%2FKFII9890%2BsXJm9j5iguwYOzYeDIPooUUeACRnJ7nIWiqfPa1x57Kkhg3iUjDRkcdeHn%2BdYhoHZXiOrhgg0Q6zjm5a%2FjOehgkpgpJxT5aYEVqXZpjxLCS2QvYrchZhJGx5qcm7%2Fk%2B%2Ft%2FF9LSkyov5lerWSi0Ayd5v3bmj9kcZuJom8kcgqMLNtodrpZXHWD31CrEKKSp5cNtE%2FOeLPgnBTOCYpbXYx7Q4ZJ2%2BDhotnPMBVJtBjzlj7KIOSZjx2bCyKkO2pv%7Ctkp%3ABFBM3PmD1r1k&edge=0https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-1380575949-puerta-traizq-o-der-nissan-versa-1218-nissan-original-_JM?searchVariation=174213057963#is_advertising=true&searchVariation=174213057963&position=10&search_layout=stack&type=pad&tracking_id=e493651f-

bd5e-4159-b727-
a2d246d7c9d7&is_advertising=true&ad_domain=VQCATCORE_LST&ad_position
=10&ad_click_id=NmNmMjRkNzktNTEwOC00ZTAxLTikY2EtNGU2MWM3NzRING
VI

New wheel for 2012-2016 Nissan Versa 15 inch Silver Alloy RIM. (n.d.). eBay.

https://www.ebay.com/itm/265899299499?fits=Model%3AVersa%7CMake%3ANissan&_skw=Nissan+Versa&itmmeta=01J7Q9VQESS4MS8H37962TBA7X&hash=item3de8d552ab:g:kzoAAOSwC5RcXAUz&itmprp=enc%3AAQAJAAA8IGIUAWZBx1gbu%2FRwYCIK9zQnL9YriWk5ZnoKBiD6b3bjhUB1w6wMSB2gsJAOMRh1n3k2gNNOhvaj2dArBQVsWnSHN3NxcVkuUVkUUxW0spNmEtY1A6pPM5U1UAMfpO%2FjS%2BwHdtEG7EktV0%2B5sBaolK8%2FK6SSHKB3REpnezgaQddQbAxBpF%2FUrc3qm3oV2%2BWrM8ebq3UUHX1tZLa0bi3f6gQkjYLFczsD4HrCas7uvHSefbHfYr6tpkmTN4irExJctO%2B475Krr1zmaxCXXNhxSOPcfJgxlz5JRaAELS2yGNsxNb4wy5rFqkkEfafQE08pA%3D%3D%7Ctkp%3ABk9SR7r37um9ZA

Niebel, B. W., & Andris Freiwalds. (2009). Ingeniería industrial : métodos, estándares y diseño del trabajo. Mcgraw Hill.

Nissan presenta el completamente nuevo March 2014. (2013, October). Sala de Prensa Oficial de México. <https://mexico.nissannews.com/es-MX/releases/nissan-presenta-el-completamente-nuevo-march>

Nissan presenta el nuevo NOTE 2017: el auto para un camino de dos. (2017, February 13). Sala de Prensa Oficial de México. <https://mexico.nissannews.com/es-MX/releases/nissan-presenta-el-nuevo-note-2017-el-auto-para-un-camino-de-dos>

Nissan. (2024). Autos eléctricos Nissan: TAMA, Hypermini, LEAF y ARIYA | Nissan USA. Nissan. <https://es.nissanusa.com/thrill/electrification.html>

Nissan Tsuru 3 Molde original asiento respaldo traseros. (n.d.). MercadoLibre. https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-2100449881-nissan-tsuru-3-molde-original-asiento-respaldo-traseros-_JM?searchVariation=181066656948#searchVariation%3D181066656948%26position%3D2%26search_layout%3Dstack%26type%3Ditem%26tracking_id%3Dc64b3b6f-1ab1-41b7-89d4-983aff6f0b34

NISSAN VERSA STEERING WHEEL OEM 14 15 16 17 18 19. (n.d.). eBay.

https://www.ebay.com/itm/145941479979?_skw=volante+nissan+versa&itmmeta=01J7PS8SK9KEN3Q933SH95EP7Y&hash=item21faca422b:g:6NAAAOSwfDtmJm&itmprp=enc%3AAQAJAAA8HoV3kP08IDx%2BKZ9MfhVJKIKP3imtkQfKBRKZDPJQ1w2H%2FsQ42LVy7cdnMYgZNTYzzK01PJPvBmHv0CBm5N38i2BNTSIUv7vi9JBUhk0sOubWfGHo2WXdyGpYzo5VaBF8hkhrtzuKd7QBgluUch7inx1Z00QusrVW%2BEnx9seqY%2BXG36ZAO0RBXI%2BvTmjuPpxUJn2u1%2Fz8zmcw8aobCJtQDe7%2BZgx6hB5tJyw96dcFt6%2Bw53yyWVgK%2FSFBJu97DLgTMWtcT9t2F%2FVYR5MgQWe7m5EIV7EJyNRGT0AQE6nvv2kpAc5j5i8prYpG9jslOfbtg%3D%3D%7Ctkp%3ABFBM3pmj2b1k&edge=0

Ocupación y Salario. (n.d.). WageIndicator Foundation.
<https://tusalario.org/guatemala/Tucarrera/guatemala-ocupacion-y-salario/guatemala-contadores>

Ocupación y Salario. (n.d.). WageIndicator Foundation.
<https://tusalario.org/guatemala/Tucarrera/guatemala-ocupacion-y-salario/guatemala-directores-y-gerentes-generales>

Ocupación y Salario. (n.d.). WageIndicator Foundation.
<https://tusalario.org/guatemala/Tucarrera/guatemala-ocupacion-y-salario/guatemala-gerentes-de-fabricacion>

Ocupación y Salario. (n.d.). WageIndicator Foundation.
<https://tusalario.org/guatemala/Tucarrera/guatemala-ocupacion-y-salario/guatemala-gerentes-de-finanzas>

Ocupación y Salario. (n.d.). WageIndicator Foundation.
<https://tusalario.org/guatemala/Tucarrera/guatemala-ocupacion-y-salario/guatemala-gerentes-de-publicidad-y-marketing>

Ocupación y Salario. (n.d.). WageIndicator Foundation.
<https://tusalario.org/guatemala/Tucarrera/guatemala-ocupacion-y-salario/guatemala-gerentes-de-recursos-humanos>

Ocupación y Salario. (n.d.). WageIndicator Foundation.
<https://tusalario.org/guatemala/Tucarrera/guatemala-ocupacion-y-salario/guatemala-gerentes-de-servicios-de-informacion-y-comunicacion>

Ocupación y Salario. (n.d.). WageIndicator Foundation.
<https://tusalario.org/guatemala/Tucarrera/guatemala-ocupacion-y-salario/guatemala-gerentes-de-suministro-distribucion-y-relacionados>

Ocupación y Salario. (n.d.). WageIndicator Foundation.
<https://tusalario.org/guatemala/Tucarrera/guatemala-ocupacion-y-salario/guatemala-mecanicos-de-vehiculos-motorizados>

Ocupación y Salario. (n.d.). WageIndicator Foundation.
<https://tusalario.org/guatemala/Tucarrera/guatemala-ocupacion-y-salario/guatemala-profesionales-de-enfermeria>

Ocupación y Salario. (n.d.). WageIndicator Foundation.
<https://tusalario.org/guatemala/Tucarrera/guatemala-ocupacion-y-salario/guatemala-profesionales-de-la-higiene-y-salud-ocupacional-y-ambiental>

Ocupación y Salario. (n.d.). WageIndicator Foundation.
<https://tusalario.org/guatemala/Tucarrera/guatemala-ocupacion-y-salario/guatemala-profesionales-de-publicidad-y-marketing>

Ocupación y Salario. (n.d.). WageIndicator Foundation.
<https://tusalario.org/guatemala/Tucarrera/guatemala-ocupacion-y-salario/guatemala-tecnicos-en-soporte-para-el-usuario-de-tecnologias-de-informacion-y-comunicacion>

Office File Cabinet Storage, Metal Storage Cabinet with Lockable Drawer and Doors. (n.d.). eBay.

<https://www.ebay.com/itm/334904778768?itmmeta=01J7HZSM9GKR1PGYPAAHH C39FA&hash=item4df9e16010:g:7vcAAOSwGK1kgolD&amdata=enc%3AAQAJAA AA4Mxmj%2BiGvOveHXEBCIPb29iCfZh0p43lQOtFNcjmxEvmu1cY7KEIHtWzv5S RVEkMhPFkXZmNKVflu4Tb%2F7e759RtDRXagruBQUsyzoGGXhklwZV%2Fk%2 BvYQIAwYOZoJcsbl%2BJT73QwjL1GPhNKTJyYodrK8RIJFsm3r8c9ie97GtZs8Gi %2BWJuefqPy3WpEvMA%2FvGrlljEZwdsIYnSxB%2F1ukMriply0Z2ZYMsasF9% 2B6cC0D69B0iZq1HLVf8wptKLe96uXIDLzh1AxfCE93i5Wn73rTh2SacJH0rr1tuVL 5w%2B%7Ctkp%3ABFBM7MTmv7xk&var=544098619176>

Oficina de Información Diplomática del Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación. (2024). Guatemala República de Guatemala.
https://www.exteriores.gob.es/Documents/FichasPais/GUATEMALA_FICHA%20PAIS.pdf

Ortiz, R. M. B. Y. A. (2023, February 1). Todos los patronos deben registrarse y pagar IGSS aunque tengan solo un trabajador. Prensa Libre.
<https://www.prensalibre.com/economia/todos-los-patronos-deben-registrarse-y-pagar-igss-aunque-tengan-solo-un-trabajador/>

Ortiz, A. (2023, 20 febrero). Tres empresas extranjeras más se instalarán este año en parque industrial de San Marcos. Prensa Libre.
<https://www.prensalibre.com/economia/tres-empresas-extranjeras-mas-se-instalaran-este-ano-en-parque-industrial-de-san-marcos/#:~:text=La%20Zona%20de%20Desarrollo%20Econ%C3%B3mico,conocer%20detalles%20sobre%20estas%20inversiones>

- Panasonic KX-TGC360LAB inalámbrico | MAX. (n.d.).*
<https://www.max.com.gt/electronicos/telefonos-fijos/panasonic-kx-tgc360lab-telefono-inalambrico-dect-con-contestadora-digital>
- Paquete para instalación de inodoro vinilo cuello cera. (n.d.). Ferretería EPA.*
<https://gt.epaenlinea.com/paquete-para-instalacion-de-inodoro-vinilo-cuello-cera.html>
- Pila 2 lavaderos marmol. (n.d.). Ferretería EPA.* <https://gt.epaenlinea.com/pila-2-lavaderos-marmol-dispensador-de-agua-gratis.html>
- Piso vinílico 4mm, kd0g40, 1.83m2 x caja. (n.d.).* https://gt.epaenlinea.com/piso-vinilico-4mm-kd0g40-1-83m2-x-caja.html?queryID=d9c9d264c13002475ecf49393b475401&objectID=2298020&indexName=prodtgt_t4_products_price_default_desc
- Polimeni, R., Fabozzi, F., & Adelberg, A. (1997). Contabilidad de Costos, conceptos y aplicaciones para la toma de decisiones gerenciales (tercera ed.). Colombia: McGraw Hill.*
- Portal SAT. (2024, May 27). Portal SAT | Acuerdos y Tratados Internacionales - Guatemala.* <https://portal.sat.gob.gt/portal/acuerdos-y-tratados-internacionales/>
- Precio del petróleo OPEP por barril 2024. (s. f.). Datosmacro.com.*
<https://datosmacro.expansion.com/materias-primas/opec>
- Puerta delantera derecha Nissan Versa 12-19 Original. (n.d.). MercadoLibre.*
https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-2081803465-puerta-delantera-derecha-nissan-versa-12-19-original-_JM?searchVariation=180734756610#searchVariation%3D180734756610%26position%3D3%26search_layout%3Dstack%26type%3Ditem%26tracking_id%3D43423253-9bb7-4309-bbb9-88ae7267c0c3
- Puerta madera solida jequitiba, pormade, 12 visores 35 mm natural, alto 207cm, ancho varias medidas. (n.d.).* <https://gt.epaenlinea.com/puerta-madera-solida-jequitiba-pormade-12-visores-35-mm-natural-alto-207cm-ancho-varias-medidas.html>
- Puerta tra izq o der Nissan Versa 12/18 Nissan original. (n.d.). Envío Gratis.*
https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-1380575949-puerta-tra-izq-o-der-nissan-versa-1218-nissan-original-_JM?searchVariation=174213057963#is_advertising=true&searchVariation=174213057963&position=10&search_layout=stack&type=pad&tracking_id=e493651f-bd5e-4159-b727-

a2d246d7c9d7&is_advertising=true&ad_domain=VQCATCORE_LST&ad_position=10&ad_click_id=NmNmMjRkNzktNTEwOC00ZTAxLTlkY2EtNGU2MWM3NzRING VI

- Porrás, R. (2022, June 27). *La estrategia de la plataforma modular como receta para el éxito: la MQB celebra su décimo aniversario - Volkswagen*. Volkswagen. <https://www.volkswagen.es/comunicacion/la-estrategia-de-la-plataforma-modular-como-receta-para-el-exito-la-mqb-celebra-su-decimo-aniversario/>
- Quispe, I. (2020, 1 septiembre). *¿Qué es AutoCAD y para qué sirve?* Arcux. <https://arcux.net/blog/que-es-autocad-y-para-que-sirve/>
- Rafa. (2020, 25 febrero). *¿Qué es R y RStudio?* Rafa González Gouveia. <https://gonzalezgouveia.com/que-es-r-y-rstudio/>
- Randstad. (2024, May 8). *Trabajar como auxiliar contable | Randstad*. <https://www.randstad.es/candidatos/perfiles-profesionales/auxiliar-contable/>
- Raquel. (2023, May 22). *¿Conoces los Grandes Grupos de Fabricantes de Coches?* Renting Finders. <https://rentingfinders.com/blog/novedades-curiosidades/grandes-grupos-automovilisticos-coche/>
- Regalado Pezúa, O., & Zapata, G. A. (2019). *Internacionalización de la industria automotriz china en Latinoamérica (Serie Documentos de Trabajo No. 31)*. Universidad ESAN.
- Repuestos Nissan (n.d.). *Pastillas de Freno Delanteras Nissan Sentra 2.0 2.5 1.6 1.8 Altima Versa Cube 1.8 Juke 1.6 Ceramica +502 2208-8700*. <https://www.repuestosnissan.com.gt/parte/29804/pastillas-de-freno-delanteras-nissan-sentra-20-25-16-18-ultima-versa-cube-18-juke-16-ceramica-2007-a-2019-del-2007-al-2019>
- Renault-Nissan-Mitsubishi Alliance. (2014). *Common Module Family (CMF): A New Approach to Engineering for the Alliance*. Retrieved from <https://www.alliance-2022.com>
- Reynoso, A., Zamudio, E., & Rojas, O. (2016, October 5). *Estudio de optimización de criterios operativos mediante la programación de la producción por lotes y...* ResearchGate; unknown. https://www.researchgate.net/publication/310124163_Estudio_de_optimizacion_de_criterios_operativos_mediante_la_programacion_de_la_produccion_por_lotes_y_otros_parametros
- Rísquez Ramos M. (2021). *Notas en torno a la transición energética y digital de la industria automotriz y la posición del sector en España*. *Papeles de Europa*, 34, 57-64. <https://doi.org/10.5209/pade.81377>
- Romero Casasola, L. D. (2023). *Diseño de dos escenarios de un ensamblaje automotriz que compare procesos de producción tradicionales y automatizados para su programación en una aplicación didáctica en realidad virtual para el Laboratorio*

de Diseño de Procesos en la Universidad Del Valle de Guatemala (Trabajo de graduación, Universidad del Valle de Guatemala).

- Roa, M. M. (2023, March 27). *La producción mundial de vehículos aumentó un 6% en 2022. Statista Daily Data.* <https://es.statista.com/grafico/29579/evolucion-anual-del-numero-de-vehiculos-producidos-a-nivel-mundial/>
- Romero Casasola, L. D. (2023). *Desarrollo de un ambiente virtual para uso didáctico con énfasis en la aplicación de conocimiento en una planta de ensamblaje automotriz. Universidad del Valle de Guatemala.*
- Ross, Westerfield & Jaffe (2012). *Finanzas corporativas. Novena edición. McGraw Hill.*
- Santander, B. (s. f.). *Producto Interior Bruto. Banco Santander.*
<https://www.bancosantander.es/glosario/pib-producto-interior-bruto>
- Samsung UN98DU9000 98" Smart LED TV 4K-Ultra HD. (n.d.).
<https://www.max.com.gt/samsung-un98du9000-98-smart-led-tv-4k-ultra-hd-samsung-un98du9000>
- Seo-Capybara. (2023, October 3). *Ramas de la Ingeniería Industrial | Blog Autónoma. Universidad Autónoma del Perú.* <https://www.autonoma.pe/blog/ramas-ingenieria-industrial/>
- SILLA PARA RESTAURANTE - RESPALDO DE METAL - VARIOS COLORES. (n.d.).
Deseret 2. <http://www.deseretsa.com/shop/product/rest004-silla-para-restaurante-respaldo-de-metal-varios-colores-41734?category=3&search=silla&page=2>
- SAT. (2023, August 22). *Portal SAT | Sistema Arancelario Centroamericano (SAC) - Guatemala. Portal SAT.* <https://portal.sat.gob.gt/portal/valoracion-y-clasificacion-de-las-mercancias/sistema-arancelario-centroamericano-sac/>
- Siemens. (2022). *CAD / Diseño asistido por ordenador. Siemens Digital Industries Software.* <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/our-story/glossary/computer-aided-design-cad/12507>
- Simio. (2019). *Simio Simulación - Software simulación de procesos logísticos. Simio Simulación.* <https://www.simio-simulacion.es/>
- Smith, J., & Brown, P. (2019). *Sensitivity Analysis in Direct Cost Estimation: A Review and Application. Journal of Financial Analysis, 22(3), 45-58.*
- SPC Consulting Group. (2022). *LinkedIn. LinkedIn.com.*
<https://www.linkedin.com/pulse/los-costos-de-mantenimiento-y-sus-implicaciones-en/>
- Solórzano, A. (2023, February 5). *Yazaki, primera fábrica automotriz en Guatemala, iniciará operaciones en San Marcos - La Hora. La Hora.* <https://lahora.gt/lh->

economia/andrea-solorzano/2023/02/05/yazaki-primera-fabrica-automotriz-en-guatemala-iniciara-operaciones-en-san-marcos/

Suárez, Y. C., & Del Moral Barrera, L. E. (2014). *El desempeño del sector automotriz en México en la era TLCAN: Un análisis a 20 años. Paradigma Económico*, 6(2), 95-126. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5829631.pdf>

Sueldo: Gerente De Ventas en Guatemala 2024. (n.d.). Glassdoor. https://www.glassdoor.com.ar/Sueldos/guatemala-gerente-de-ventas-sueldo-SRCH_IL.0,9_IN101_KO10,27.htm

Sueldo: Gerente en Guatemala, Guatemala 2024. (n.d.). Glassdoor. https://www.glassdoor.com.mx/Sueldos/guatemala-gerente-sueldo-SRCH_IL.0,9_IS4788_KO10,17.htm

Sueldo: Logistics Coordinator en Guatemala 2024. (n.d.). Glassdoor. https://www.glassdoor.es/Sueldos/logistics-coordinator-sueldo-SRCH_IC3445697_KO0,21.htm

Tarquin, A. J., & Blank, L. T. (2004). *Ingeniería económica*.

Tratados de Libre Comercio de Guatemala con otros Países - Cámara de Comercio Suizo Guatemalteca. (2023, April 9). Cámara De Comercio Suizo Guatemalteca. <https://camaradecomerciosuizoguatemalteca.org.gt/aprende/tratados-de-libre-comercio-de-guatemala-con-otros-paises/>

Tratados Vigentes Acuerdos de Inversión. (n.d.). <https://mineco.gob.gt/tratados-vigentes-acuerdos-de-inversion>

Tesla. (2024). *Electric Cars, Solar & Clean Energy | Tesla Spain*. Tesla. https://www.tesla.com/es_es

Toyota Motor Corporation. (2015). *Toyota New Global Architecture (TNGA)*. Retrieved from <https://www.toyota-global.com>

Toyota Motor Corporation. (2015, April 15). *TNGA explained: 10 ways Toyota is changing how cars are built*. Toyota UK Magazine. <https://mag.toyota.co.uk/tnga-explained-10-ways-toyota-is-changing-how-cars-are-built/>

Toyota. (2020). *Vehículos eléctricos Toyota*. Toyota.com. <https://www.toyota.com/espanol/electrified-vehicles/find-your-match/>

Toyota (TM) - Operating margin. (n.d.). <https://companiesmarketcap.com/toyota/operating-margin/>

Tuñón, J. (2023, September 18). *8 Funciones del director de marketing*. OBS Business School. <https://www.obsbusiness.school/blog/8-funciones-del-director-de-marketing>

- Unidad de Información y Descarga de Documentos - Municipalidad de Escuintla. (2023, January 20). Municipalidad De Escuintla. <https://muniescuintla.gob.gt/unidad-de-descargas/?q=Reglamento%20de%20construcci%C3%B3n&catid=184&exclude=53&theme=table&limit=15>*
- Unir, V. (2023, September 20). ¿Cuáles son las funciones del Responsable de Compras? UNIR FP. <https://unirfp.unir.net/revista/comercio-marketing/cuales-son-las-funciones-del-responsable-de-compras/>*
- Unir, V. (2024, January 3). Las funciones del asistente comercial. UNIR. <https://www.unir.net/empresa/revista/asistente-comercial/>*
- Unir, V. (2024, June 19). El director de recursos humanos: perfil, funciones y competencias. Universidad Virtual. | UNIR Colombia - Maestrías Y Grados Virtuales. <https://colombia.unir.net/actualidad-unir/director-recursos-humanos/>*
- UNODC. (s.f.). Manual sobre responsabilidad, supervisión e integridad de la Policía. Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito.*
- Vi, S. (2024, April 2). Cuál es el salario mínimo 2024 en Guatemala - La Hora. La Hora. <https://lahora.gt/lh-economia/sandravi/2024/04/02/cual-es-el-salario-minimo-2024-en-guatemala/>*
- Vi, S. (2024, April 2). Cuál es el salario mínimo 2024 en Guatemala - La Hora. La Hora. <https://lahora.gt/lh-economia/sandravi/2024/04/02/cual-es-el-salario-minimo-2024-en-guatemala/>*
- Ventana de PVC serie 56, doble corrediza 1.50 x 1.00 m blanco. (n.d.). Ferretería EPA. <https://gt.epaenlinea.com/ventana-de-pvc-serie-56-doble-corrediza-150x100cm-56mm-blanca.html>*
- Viga eje puente trasero March Versa V-Drive Nissan Original. (n.d.). Meses Sin Interés. https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-1474372945-viga-eje-puente-trasero-march-versa-v-drive-nissan-original-_JM#position=1&search_layout=stack&type=item&tracking_id=5ce225bd-c41b-4d5d-993f-b6cf8994c185*
- Warren, C. S., Reeve, J. M., & Duchac, J. E. (2009). Contabilidad financiera (11ª ed.). Cengage Learning.*

Window Lift motor for 2007-2012 Nissan Versa. (n.d.). eBay.

https://www.ebay.com/itm/256261349882?fits=Model%3ASentra%7CMake%3ANissan&_skw=Nissan+Sentra&itmmeta=01J7PRVTM8QB4QGH9ATYCX8TWN&hash=item3baa5de1fa:g:n-MAAOSwImdlMDXH&itmprp=enc%3AAQAJAAAA8IGIUAWZBx1gbu%2FRwYCIK9wu3GswwaLc6e2bqhJ48QPjbu0Jdn4Q55iguTzBzhox55SFj5aaYa6EH6qHM9o3ei8U5Vt2y5BooKWL%2FgXJ9qbtaCTBshfF67mpOaeC8WwBD8yMkGYdeMZxaVBDio%2FfqbuUc4WEAYrcVGnbx6da4j%2BMoicJyjehCsnDUIMCuLUe1hznSC7cesD6w771l6uM%2BAURPGvIAruGxjYJxsR0bzkeVBpIC%2FY6jJO3KYLkuKODVpOTF2qyJG4d8dUICKyXNX1Npg8DIXc27Wt1RqdB7eriHBYDgLN1B6fUbpJRcx3g%3D%3D%7Ctkp%3ABFBMmqrv2L1k

Windshield Wiper Blade Excel+ Front left Bosch for 2012-2019 Nissan Versa. (n.d.). eBay.

https://www.ebay.com/itm/395258431821?fits=Model%3AVersa%7CMake%3ANissan&_skw=Nissan+Versa&itmmeta=01J7QGXYAQE4NCXMW6BX4GXFC2&hash=item5c073d094d:g:JYEAAOSw66BI7PMJ&itmprp=enc%3AAQAJAAAA8IGIUAWZBx1gbu%2FRwYCIK9z7y63CHvWvdXc4En0b9ajMLION%2FgDy3nlfN5vuiOEeObrhFvFr4dq2DCr23z7Wnx7UoyyedbEiP51ZKDWQ1g79d0Y%2FDTONZoJ0BX31mTGm82%2F6TOZuidiN35nYAEkDXERWkj5f2AmOP5glbefkFsaQ8eCl8GoPt8p4F6vofPwTxRhPzKzhrv%2FFOJCNh8CW%2F%2Bf4jmD0mHPeLTcee6%2FiYZVcxIYMvQz6pb5utu3nAH198GG2YwnnfXg%2FC10t4Ua0f%2BB1MM%2BulMX%2BlmYWZCR%2BYG2%2BMcd5Y9KnwYM6SCTUZK9oA%3D%3D%7Ctkp%3ABFBMuuX38L1k

Zorrero, D. (2023, November 17). *El nuevo mapa de la industria automotriz: qué marcas integran los 30 grupos más grandes del mundo*. Infobae.

<https://www.infobae.com/autos/2023/11/17/el-nuevo-mapa-de-la-industria-automotriz-que-marcas-integran-los-30-grupos-mas-grandes-del-mundo>

Urrutia, D. (2023, 18 octubre). *Qué es Power Bi - Definición, significado y ejemplos*.

Arimetrics. <https://www.arimetrics.com/glosario-digital/power-bi>

Universidad de los Andes. (2023, June 13). *Input Analyzer - Tecnología | Uniandes*.

Tecnología | Uniandes. <https://tecnologiapre.uniandes.edu.co/input-analyzer/>

Vieira, A. M., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Ferreira, L. P., & Sá, J. C. (2020).

SMED methodology applied to the deep drawing process in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 51, 1416-1422.

<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.197>

World Bank Open Data. (s. f.). *World Bank Open Data*.

<https://datos.bancomundial.org/indicador/SL.UEM.TOTL.ZS?locations=GT>

Zolic, P. (2024, 23 septiembre). *IMPULSO INDUSTRIAL: LA FUERZA DE LA*

ECONOMÍA EN GUATEMALA. Zolic. <https://zolicguate.com/impulso-industrial-la-fuerza-de-la-economia-en->

- Unity. (n.d.-f). *Unity Documentation - VR Overview*. Retrieved May 28, 2024, from <https://docs.unity3d.com/Manual/VROverview.html>
- Unity. (n.d.-g). *Unity Documentation - Platform Specific*. Retrieved May 28, 2024, from <https://docs.unity3d.com/Manual/PlatformSpecific.html>
- Meta. (n.d.). *Meta Quest 2 Tech Specs*. Retrieved May 28, 2024, from <https://www.meta.com/quest/products/quest-2/tech-specs/#tech-specs>
- Oculus. (n.d.). *Oculus Unity Documentation - Getting Started Overview*. Retrieved May 28, 2024, from <https://developer.oculus.com/documentation/unity/unity-gs-overview/>
- Blender Foundation. (n.d.-a). *Blender Manual - Interface*. Retrieved May 28, 2024, from <https://docs.blender.org/manual/en/latest/interface/index.html>
- Blender Foundation. (n.d.-b). *Blender Manual - Scene Layout*. Retrieved May 28, 2024, from https://docs.blender.org/manual/en/latest/scene_layout/index.html
- Blender Foundation. (n.d.-c). *Blender Manual - Sculpt and Paint*. Retrieved May 28, 2024, from https://docs.blender.org/manual/en/latest/sculpt_paint/index.html
- Blender Foundation. (n.d.-d). *Blender Manual - Animation*. Retrieved May 28, 2024, from <https://docs.blender.org/manual/en/latest/animation/index.html>
- Blender Foundation. (n.d.-e). *Blender Manual - Render*. Retrieved May 28, 2024, from <https://docs.blender.org/manual/en/latest/render/index.html>
- Microsoft. (n.d.). *C# Language Reference*. Retrieved June 29, 2024, from <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/language-reference/>
- Prensa Libre. (2024). *El mercado automotriz experimenta un crecimiento con cifras históricas, afirma el gerente de una de las marcas más exitosas en el país*. Retrieved May 30, 2024, from <https://www.prensalibre.com/economia/el-mercado-automotriz-experimenta-un-crecimiento-con-cifras-historicas-afirma-el-gerente-de-una-de-las-marcas-mas-exitosas-en-el-pais/>
- Velasquez, A. M., et al. (2022). *Ensamble de un nuevo vehículo: el impacto en el desarrollo de procesos, partes y herramientas para el ensamblador y sus proveedores*. *Entre Ciencia e Ingeniería [online]*, 16(31), 60-69. doi:10.31908/19098367.2623
- Dassault Systèmes. (n.d.). *SolidWorks Manual*. Retrieved June 29, 2024, from <https://www.solidworks.com/support/getting-started>

McNeel. (n.d.). *Rhino Manual*. Retrieved June 29, 2024, from <https://docs.mcneel.com/rhino/6/usersguide/en-us/index.htm>
Autodesk. (n.d.-a). *AutoCAD Manual*. Retrieved June 29, 2024, from <https://www.autodesk.com/support>

Blender Foundation. (n.d.-f). *Blender Manual*. Retrieved June 29, 2024, from <https://docs.blender.org/manual/en/latest/>

Autodesk. (n.d.-b). *Maya Manual*. Retrieved June 29, 2024, from <https://help.autodesk.com/view/MAYAUL/2024/ENU/>

KUKA Robotics. (2024). *Manual de Usuario: MA KR 1000 Titan*. Retrieved June 29, 2024, from <https://www.kuka.com/>

Giron, M. A., García, A. G., Rivera, M. E. E., Pérez, L. M. L. T., Molina, D. A., Romero, L. D., & Ligorria, L. C. R. (2024). *Desarrollo de un Ambiente Virtual para uso Didáctico con Énfasis en la Aplicación de Conocimiento en una Planta de Ensamblaje Automotriz. (Graduation Thesis)*. Universidad del Valle de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Guatemala.

12. Anexos

Anexo 1: Cotización construcción de planta de ensamblaje automotriz

CONSTRUCTORA Y REMODELADORA PINZON PRESUPUESTO	
Para: Señor Sarita	
Trabajos a realizar:	
<ul style="list-style-type: none">• Nivelación con topografía de todo el terreno• Armazón y fundición de columnas de trapecio para soporte de estructura metálica con vigas de H• Instalación de toda la estructura de H con vigas de soporte• Nivelación de toda el área con topografía, previo a la fundición• Levantado de muro laterales de todo el cajón a 5mts de altura• Diagrama de agua potable en toda la estructura• Diagrama de sistema eléctrico para toda la estructura• Fundición a 0.25 de grosor en todo el contorno de la bodega con electro malla• Enlaminado de toda la estructura metálica• Pintura de toda la estructura metálica• Instalación de piso y techo de oficina, puertas, divisiones de tabla yeso.• Diagrama eléctrico, agua, drenajes.• Instalación de 8 inodoros, 2 mingitorios, 6 lavamanos	
<ul style="list-style-type: none">• 4,517 metros cuadrados de estructura y obra civil• Trabajando el metro cuadrado de estructura en 10,000.00 con todo y materiales	
Mano de obra y materiales Precio total: Q45,173,762.00	
Forma de pago: Anticipo: 40% del costo total, equivalente a Q18,069,504.80	
Pagos durante el transcurso del proyecto: <ul style="list-style-type: none">• 60% del costo total, equivalente a Q27,104,257.20 se desglosará conforme los avances	
Cuenta monetaria del banco G&T CONTINENTAL: 051-0025397-8/ Wilmar José Pinzón	
Director General de proyectos Constructora y Remodeladora Pinzón Wilmar Pinzón	

TABLA DE TUBOS RECTANGULARES

TUBO	h	b	ts
100x40x1.8	101.8	40.4	1.8
100x40x1.8	101.8	40.4	1.8
100x40x1.8	101.8	40.4	1.8

TABLA DE PERFILES WF Y HSS

DESCRIPCION	h	ts	bf	tf
W16x36	344	8.4	105	11.1
W10x30	282	7.5	117	11.1
W10x30	282	6.5	117	11.9

NORMATIVA

NSC-2018 Construcción-administración-de-las-normas
 NSC-2-2018 Estados-limites
 NSC-2-2018 Comprobación-de-tensiones-y-distribución-de-carga
 NSC-2-2018 Diseño-de-estructuras-de-edificios
 NSC-7-2018 Diseño-de-cemento-refuerzo
 NSC-8-2018 Diseño-de-almacenamiento-de-acero
 NSC-9-2018 Diseño-de-estructuras-de-acero

WILMAR PINZON
 ESTRUCTURA METALICA
 ISOMETRICOS
 Estructura Escuinta

Dibujo: WP
 Fecha: 04/07/24

ELEVACION DE MARCO ESTRUCTURAL
Estructura Escuinta y Chimbango

DETALLE 1 UNION DE HOMBRO
Estructura Escuinta y Chimbango

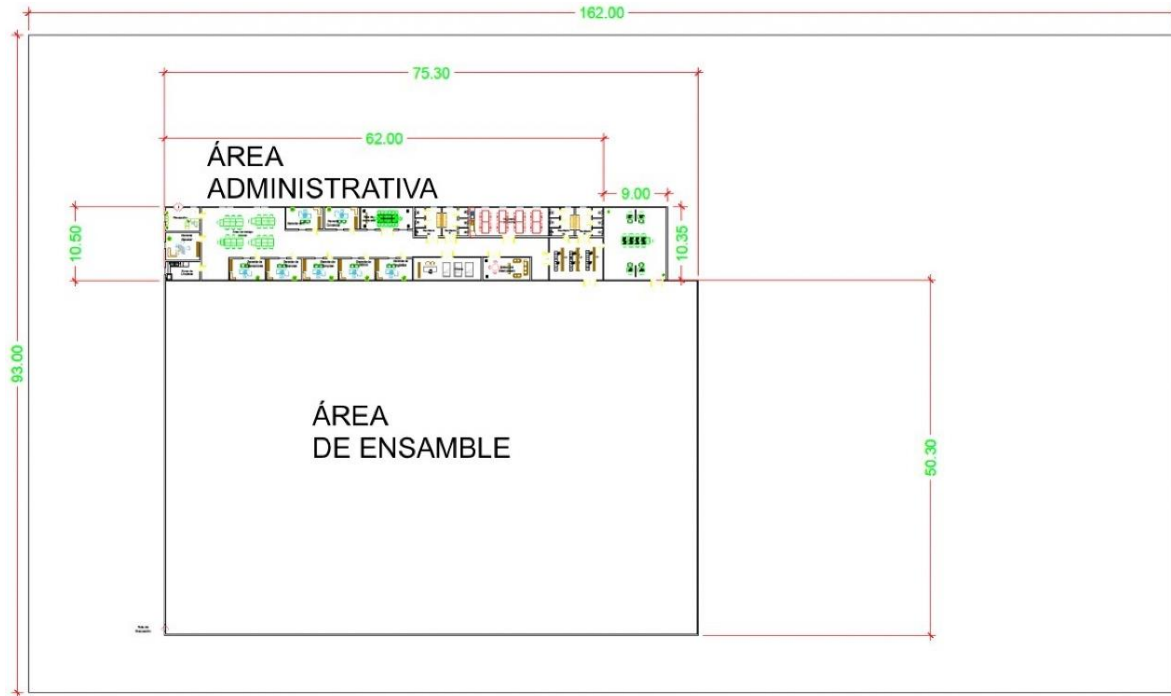
DETALLE 2 UNION DE CUMBRERA
Estructura Escuinta y Chimbango

DE E

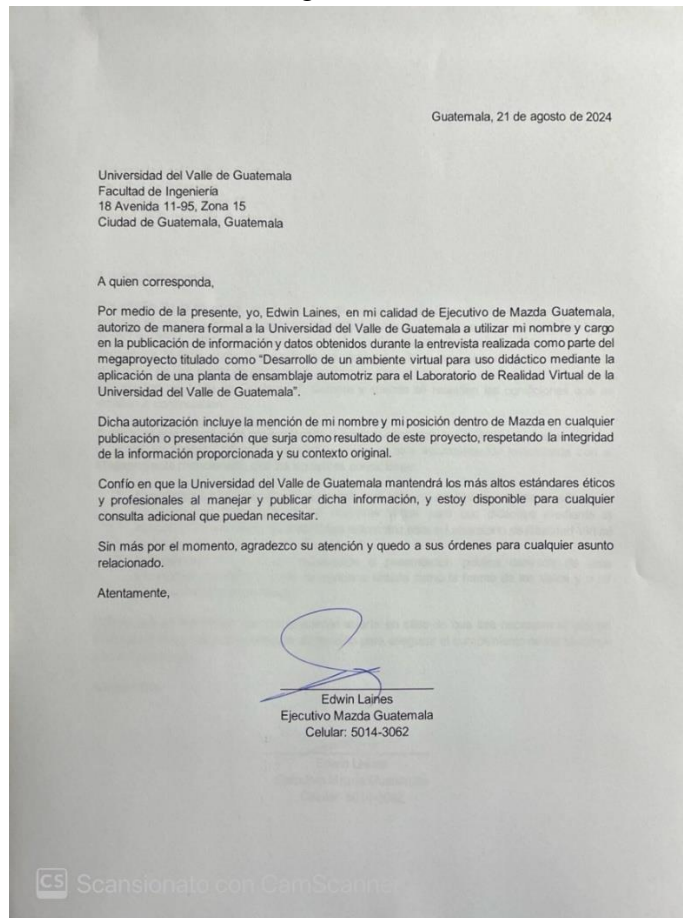
RESPONSABLE: []
 ELABORADO: []
 CANTIDAD DE PIEZAS: []
 MATERIA: []

INGENIERIA Y ESTRUCTURA PINZON
INGENIERIA Y ESTRUCTURA PINZON

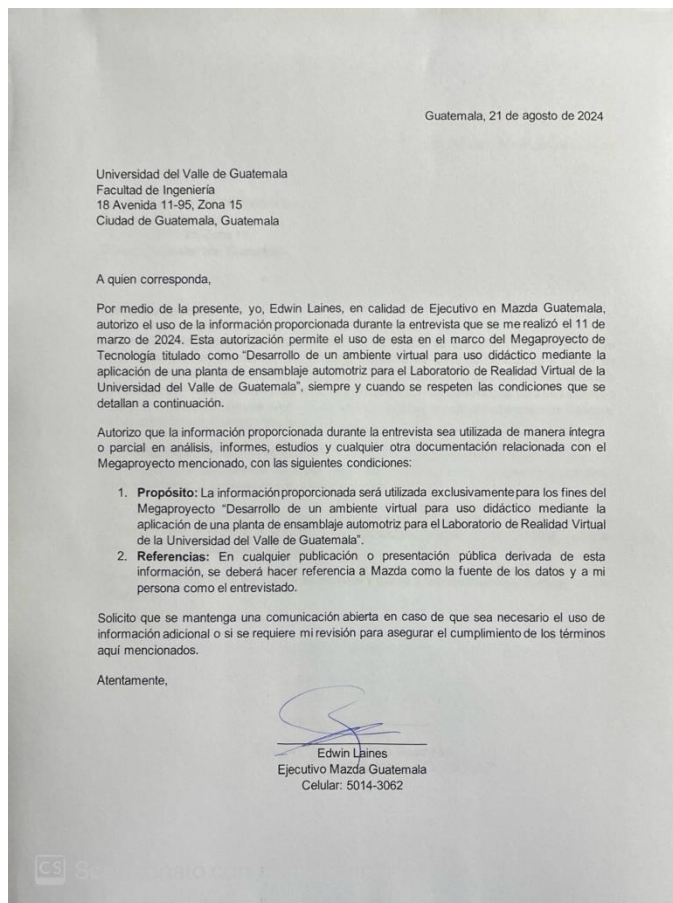
Anexo 2: Plano de planta de ensamblaje automatizado – Autocad



Anexo 3: Carta de autorización de publicación y utilización de nombre y cargo en trabajo de graduación



Anexo 4: Carta de autorización de uso de información y datos proporcionados durante entrevista



Anexo 5: Código empleado para proyección de ventas de vehículos hatchback

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from statsmodels.tsa.statespace.sarimax import SARIMAX
import warnings
warnings.filterwarnings("ignore")

# Crear un DataFrame con los datos históricos
data = {
    'Mes': ['jan-13', 'feb-13', 'mar-13', 'apr-13', 'may-13', 'jun-13', 'jul-13', 'aug-13', 'sep-13', 'oct-13', 'nov-13', 'dec-13',
            'jan-14', 'feb-14', 'mar-14', 'apr-14', 'may-14', 'jun-14', 'jul-14', 'aug-14', 'sep-14', 'oct-14', 'nov-14', 'dec-14',
            'jan-15', 'feb-15', 'mar-15', 'apr-15', 'may-15', 'jun-15', 'jul-15', 'aug-15', 'sep-15', 'oct-15', 'nov-15', 'dec-15',
            'jan-16', 'feb-16', 'mar-16', 'apr-16', 'may-16', 'jun-16', 'jul-16', 'aug-16', 'sep-16', 'oct-16', 'nov-16', 'dec-16',
            'jan-17', 'feb-17', 'mar-17', 'apr-17', 'may-17', 'jun-17', 'jul-17', 'aug-17', 'sep-17', 'oct-17', 'nov-17', 'dec-17',
            'jan-18', 'feb-18', 'mar-18', 'apr-18', 'may-18', 'jun-18', 'jul-18', 'aug-18', 'sep-18', 'oct-18', 'nov-18', 'dec-18',
            'jan-19', 'feb-19', 'mar-19', 'apr-19', 'may-19', 'jun-19', 'jul-19', 'aug-19', 'sep-19', 'oct-19', 'nov-19', 'dec-19',
            'jan-20', 'feb-20', 'mar-20', 'apr-20', 'may-20', 'jun-20', 'jul-20', 'aug-20', 'sep-20', 'oct-20', 'nov-20', 'dec-20',
            'jan-21', 'feb-21', 'mar-21', 'apr-21', 'may-21', 'jun-21', 'jul-21', 'aug-21', 'sep-21', 'oct-21', 'nov-21', 'dec-21',
            'jan-22', 'feb-22', 'mar-22', 'apr-22', 'may-22', 'jun-22', 'jul-22', 'aug-22', 'sep-22', 'oct-22', 'nov-22', 'dec-22',
            'jan-23', 'feb-23', 'mar-23', 'apr-23', 'may-23', 'jun-23', 'jul-23', 'aug-23', 'sep-23', 'oct-23', 'nov-23', 'dec-23'],
    'Ventas': [218, 295, 322, 328, 354, 313, 391, 396, 408, 417, 399, 487,
              301, 360, 401, 372, 380, 381, 441, 425, 410, 464, 484, 566,
              376, 456, 521, 477, 549, 537, 610, 575, 554, 625, 640, 770,
              494, 640, 725, 644, 691, 725, 698, 731, 712, 733, 772, 936,
              543, 662, 807, 656, 709, 697, 726, 808, 703, 763, 778, 923,
              537, 665, 764, 661, 711, 686, 685, 722, 642, 731, 686, 834,
              528, 591, 635, 653, 680, 608, 682, 694, 669, 796, 745, 907,
              716, 744, 596, 351, 353, 345, 373, 493, 588, 773, 785, 907,
              763, 908, 1045, 769, 892, 760, 826, 782, 836, 783, 881, 837,
              1360, 811, 914, 765, 796, 849, 783, 766, 837, 858, 851, 987,
              1605, 957, 1078, 903, 939, 1002, 924, 904, 987, 1013, 1004, 1165]
```

Anexo 6: Código empleado para proyección de ventas de vehículos hatchback

```
df = pd.DataFrame(data)
df['Mes'] = pd.to_datetime(df['Mes'], format='%b-%y')
df.set_index('Mes', inplace=True)
# Visualizar los datos históricos
plt.figure(figsize=(12, 6))
plt.plot(df, label='Ventas de Autos')
plt.title('Ventas de Autos Hatchback')
plt.xlabel('Fecha')
plt.ylabel('Cantidad de Ventas')
plt.legend()
plt.show()
# Ajustar el modelo SARIMAX
model = SARIMAX(df['Ventas'], order=(1, 1, 1), seasonal_order=(1, 1, 1, 12))
results = model.fit()
# Calcular el número de meses desde el último dato hasta diciembre de 2027
num_months = (2027 - 2023) * 12 + (12 - 1) # de diciembre de 2023 a diciembre de 2027
# Proyección para los próximos meses hasta diciembre de 2027
forecast = results.get_forecast(steps=num_months)
forecast_index = pd.date_range(start=df.index[-1], periods=num_months + 1, freq='M')[1:]
forecast_df = pd.DataFrame(forecast.predicted_mean, index=forecast_index, columns=['Forecast'])
# Visualizar la proyección
plt.figure(figsize=(12, 6))
plt.plot(df, label='Histórico')
plt.plot(forecast_df, label='Proyección', color='red')
plt.title('Proyección de Ventas de Autos Hatchback')
plt.xlabel('Fecha')
plt.ylabel('Cantidad de Ventas')
plt.legend()
plt.show()
```

Anexo 7: Código empleado para proyección de ventas de vehículos hatchback mediante suavizamiento exponencial

```
# Proyección hasta 2029
import pandas as pd
import numpy as np
from statsmodels.tsa.holtwinters import ExponentialSmoothing

# Datos de importación
meses = ['jan-13', 'feb-13', 'mar-13', 'apr-13', 'may-13', 'jun-13', 'jul-13', 'aug-13', 'sep-13', 'oct-13', 'nov-13', 'dec-13',
        'jan-14', 'feb-14', 'mar-14', 'apr-14', 'may-14', 'jun-14', 'jul-14', 'aug-14', 'sep-14', 'oct-14', 'nov-14', 'dec-14',
        'jan-15', 'feb-15', 'mar-15', 'apr-15', 'may-15', 'jun-15', 'jul-15', 'aug-15', 'sep-15', 'oct-15', 'nov-15', 'dec-15',
        'jan-16', 'feb-16', 'mar-16', 'apr-16', 'may-16', 'jun-16', 'jul-16', 'aug-16', 'sep-16', 'oct-16', 'nov-16', 'dec-16',
        'jan-17', 'feb-17', 'mar-17', 'apr-17', 'may-17', 'jun-17', 'jul-17', 'aug-17', 'sep-17', 'oct-17', 'nov-17', 'dec-17',
        'jan-18', 'feb-18', 'mar-18', 'apr-18', 'may-18', 'jun-18', 'jul-18', 'aug-18', 'sep-18', 'oct-18', 'nov-18', 'dec-18',
        'jan-19', 'feb-19', 'mar-19', 'apr-19', 'may-19', 'jun-19', 'jul-19', 'aug-19', 'sep-19', 'oct-19', 'nov-19', 'dec-19',
        'jan-20', 'feb-20', 'mar-20', 'apr-20', 'may-20', 'jun-20', 'jul-20', 'aug-20', 'sep-20', 'oct-20', 'nov-20', 'dec-20',
        'jan-21', 'feb-21', 'mar-21', 'apr-21', 'may-21', 'jun-21', 'jul-21', 'aug-21', 'sep-21', 'oct-21', 'nov-21', 'dec-21',
        'jan-22', 'feb-22', 'mar-22', 'apr-22', 'may-22', 'jun-22', 'jul-22', 'aug-22', 'sep-22', 'oct-22', 'nov-22', 'dec-22',
        'jan-23', 'feb-23', 'mar-23', 'apr-23', 'may-23', 'jun-23', 'jul-23', 'aug-23', 'sep-23', 'oct-23', 'nov-23', 'dec-23']

importaciones = [218, 295, 322, 328, 354, 313, 391, 396, 408, 417, 399, 487,
                301, 360, 401, 372, 380, 381, 441, 425, 410, 464, 484, 566,
                376, 456, 521, 477, 549, 537, 610, 575, 554, 625, 640, 770,
                494, 640, 725, 644, 691, 725, 698, 731, 712, 733, 772, 936,
                543, 662, 807, 656, 709, 697, 726, 808, 703, 763, 778, 923,
                537, 665, 764, 661, 711, 686, 685, 722, 642, 731, 686, 834,
                528, 591, 635, 653, 680, 608, 682, 694, 669, 796, 745, 907,
                716, 744, 596, 351, 353, 345, 373, 493, 588, 773, 785, 907,
                763, 908, 1045, 769, 892, 760, 826, 782, 836, 783, 881, 837,
                1360, 811, 914, 765, 796, 849, 783, 766, 837, 858, 851, 987,
                1605, 957, 1078, 903, 939, 1002, 924, 984, 987, 1013, 1004, 1165]

# Crear DataFrame
data = pd.DataFrame({'Mes': pd.to_datetime(meses, format='%b-%y'), 'Importaciones': importaciones})
```

Anexo 8: Código empleado para proyección de ventas de vehículos hatchback mediante suavizamiento exponencial

```
# Crear DataFrame
data = pd.DataFrame({'Mes': pd.to_datetime(meses, format='%b-%y'), 'Importaciones': importaciones})
data.set_index('Mes', inplace=True)

# Ajustar el modelo de suavizado exponencial
model = ExponentialSmoothing(data['Importaciones'], trend='add', seasonal='add', seasonal_periods=12)
fit = model.fit()

# Hacer predicciones para 2024, 2025 y 2026
forecast = fit.forecast(steps=60)

forecast

import matplotlib.pyplot as plt

# Gráfico de datos históricos y proyección
plt.figure(figsize=(14, 7))
plt.plot(data.index, data['Importaciones'], label='Datos históricos')
plt.plot(forecast.index, forecast, label='Proyección', linestyle='--')

# Configuración de la gráfica
plt.title('Proyección de Importaciones de vehículos (2024-2029)')
plt.xlabel('Fecha')
plt.ylabel('Número de importaciones')
plt.legend()
plt.grid(True)

# Mostrar la gráfica
plt.show()

import matplotlib.pyplot as plt
```

Anexo 9: Código empleado para proyección de ventas de vehículos hatchback mediante suavizamiento exponencial

```
import matplotlib.pyplot as plt

# Graficar datos históricos y proyección
plt.figure(figsize=(14, 7))
plt.plot(data.index, data['Importaciones'], label='Datos históricos')
plt.plot(forecast.index, forecast, label='Proyección', linestyle='--')

# Configuración de la gráfica
plt.title('Proyección de importaciones de vehículos (2024-2029)')
plt.xlabel('Fecha')
plt.ylabel('Número de importaciones')
plt.legend()
plt.grid(True)

# Mostrar la gráfica
plt.show()
```

Anexo 10: Código empleado para tendencia de población de entre 18 y 30 años en Guatemala

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

# Datos
años = np.arange(2013, 2024)
poblacion = np.array([
    3233627, # 2013
    3317788, # 2014
    3402359, # 2015
    3491834, # 2016
    3585626, # 2017
    3683823, # 2018
    3774747, # 2019
    3841943, # 2020
    3890302, # 2021
    3941313, # 2022
    4004024 # 2023
])

# línea de tendencia
coef = np.polyfit(años, poblacion, 1)
trend_line = np.poly1d(coef)

# gráfico
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.bar(años, poblacion, color='blue')

# graficar tendencia
plt.plot(años, trend_line(años), linestyle='--', color='black', label='Línea de tendencia')
```

Anexo 11: Código empleado para tendencia de población de entre 18 y 30 años en Guatemala

```
# graficar tendencia
plt.plot(años, trend_line(años), linestyle='--', color='black', label='Línea de tendencia')

# titulos
plt.xlabel('Año')
plt.ylabel('Cantidad de población de 18 - 30 años')
plt.title('Cantidad de población de 18 - 30 años con línea de tendencia')
plt.legend()

# grafico
plt.savefig('image_with_trend_line.png')
plt.show()
```

Anexo 12: Código empleado para porcentaje de inclinación de edad

```
import numpy as np

# Datos
años = np.arange(1,133)
poblacion = np.array([
    218,
    295,
    322,
    328,
    354,
    313,
    391,
    396,
    408,
    417,
    399,
    487,
    301,
```

Anexo 13: Código empleado para porcentaje de pendiente de edad

```
# Ajuste de la línea de tendencia
coef = np.polyfit(años, poblacion, 1)
m = coef[0] # Pendiente

# Cálculo del porcentaje de inclinación
promedio_poblacion = np.mean(poblacion)
porcentajeinc = (m / promedio_poblacion) * 100

m, porcentajeinc

(4.4594840675595995, 0.6543848556699096)
```

Anexo 14: Código empleado para gráfico de sensibilidad Demanda vs PIB

```
# Demanda vs PIB

import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.linear_model import LinearRegression

# Datos de demanda de vehículos y PIB
demanda = [4328, 4985, 6690, 8501, 8775, 8324, 8188, 7024, 10082, 10577, 12481]
pib = [39897, 43523, 56037, 59673, 63424, 62067, 68912, 68016, 72642, 90147, 94378]

# Crear DataFrame
data = pd.DataFrame({'Año': list(range(2013, 2024)), 'Demanda': demanda, 'PIB': pib})

# Ajustar el modelo de regresión lineal
X = data['PIB'].values.reshape(-1, 1)
y = data['Demanda'].values
model = LinearRegression()
model.fit(X, y)

# Coeficientes del modelo
coeficiente = model.coef_[0]
intercepto = model.intercept_

# Función para predecir la demanda basada en el PIB
def predecir_demanda(pib):
    return coeficiente * pib + intercepto
```

Anexo 15: Código empleado para gráfico de sensibilidad Demanda vs PIB

```
# Escenarios económicos
años_futuros = list(range(2024, 2030))
pi_b_actual = pi_b[-1]

escenarios = {
    'Alto Crecimiento (5%)': [pi_b_actual * (1 + 0.05)**i for i in range(1, 7)],
    'Crecimiento Moderado (3%)': [pi_b_actual * (1 + 0.03)**i for i in range(1, 7)],
    'Crecimiento Bajo (1%)': [pi_b_actual * (1 + 0.01)**i for i in range(1, 7)],
    'Crisis Económica (-2%)': [pi_b_actual * (1 - 0.02)**i for i in range(1, 7)]
}

# Predicciones de demanda para cada escenario
predicciones = {escenario: [predecir_demanda(p) for p in pi_b] for escenario, pi_b in escenarios.items()}

# Graficar resultados
plt.figure(figsize=(14, 8))

# Datos históricos
plt.plot(data['Año'], data['Demanda'], label='Datos Históricos', marker='o')

# Predicciones para cada escenario
for escenario, pred in predicciones.items():
    plt.plot(años_futuros, pred, label=escenario)

# Configuración de la gráfica
plt.title('Predicción de demanda de vehículos hatchback según diferentes escenarios económicos')
plt.xlabel('Año')
plt.ylabel('Demanda de vehículos')
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.show()
```

Anexo 16: Código empleado para gráfico de sensibilidad Demanda vs Inflación

```
[ ] # Demanda vs inflación
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Demanda histórica desde 2013 hasta 2023
years = np.array([2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023])
demand = np.array([4328, 4985, 6690, 8501, 8775, 8324, 8188, 7024, 10082, 10577, 12481])

# Años futuros para proyección
future_years = np.array([2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029])

# Crecimientos anuales para cada escenario
growth_low = 0.03
growth_moderate = 0.015
growth_stagnant = 0.00
growth_decline = -0.02

# Proyecciones de demanda para cada escenario
low_inflation_demand = [demand[-1]]
moderate_inflation_demand = [demand[-1]]
high_inflation_demand = [demand[-1]]
extreme_inflation_demand = [demand[-1]]

for i in range(len(future_years)):
    low_inflation_demand.append(low_inflation_demand[-1] * (1 + growth_low))
    moderate_inflation_demand.append(moderate_inflation_demand[-1] * (1 + growth_moderate))
    high_inflation_demand.append(high_inflation_demand[-1] * (1 + growth_stagnant))
    extreme_inflation_demand.append(extreme_inflation_demand[-1] * (1 + growth_decline))
```

Anexo 17: Código empleado para gráfico de sensibilidad Demanda vs Inflación

```
# Listas
low_inflation_demand = np.array(low_inflation_demand)
moderate_inflation_demand = np.array(moderate_inflation_demand)
high_inflation_demand = np.array(high_inflation_demand)
extreme_inflation_demand = np.array(extreme_inflation_demand)

# Graficar
plt.figure(figsize=(10, 6))

# Demanda histórica
plt.plot(years, demand, label='Demanda Histórica', color='black', marker='o')

# Proyecciones
plt.plot(future_years, low_inflation_demand[1:], label='Inflación Baja (1%)', linestyle='--', color='green')
plt.plot(future_years, moderate_inflation_demand[1:], label='Inflación Moderada (3%-5%)', linestyle='--', color='blue')
plt.plot(future_years, high_inflation_demand[1:], label='Inflación Alta (7%-10%)', linestyle='--', color='orange')
plt.plot(future_years, extreme_inflation_demand[1:], label='Inflación Extrema (>10%)', linestyle='--', color='red')

# Añadir etiquetas y leyenda
plt.title('Predicción de demanda de vehículos hatchback según diferentes escenarios económicos')
plt.xlabel('Año')
plt.ylabel('Demanda de Vehículos Hatchback')
plt.legend()

# Mostrar gráfica
plt.grid(True)
plt.show()
```

Anexo 18: Código empleado para gráfico de sensibilidad Demanda vs Tasa de Interés

```
# Demanda vs tasa de interés
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

# Datos históricos de demanda
años = np.arange(2013, 2024)
demanda_histórica = np.array([4328, 4985, 6690, 8501, 8775, 8324, 8188, 7024, 10082, 10577, 12481])

# Datos de proyección de tasas de interés
años_proyección = np.arange(2024, 2030)
demanda_inicial = demanda_histórica[-1]

# Escenario de decrecimiento (-2%)
decrecimiento = [demanda_inicial * (1 - 0.02) ** i for i in range(len(años_proyección))]

# Escenario de crecimiento bajo (1%)
crecimiento_bajo = [demanda_inicial * (1 + 0.01) ** i for i in range(len(años_proyección))]

# Escenario de crecimiento moderado (3%)
crecimiento_moderado = [demanda_inicial * (1 + 0.03) ** i for i in range(len(años_proyección))]

# Escenario de crecimiento alto (5%)
crecimiento_alto = [demanda_inicial * (1 + 0.05) ** i for i in range(len(años_proyección))]

# Crear el gráfico
plt.figure(figsize=(12, 6))

plt.plot(años, demanda_histórica, label='Demanda Histórica', marker='o', color='black')
plt.plot(años_proyección, decrecimiento, label='Crecimiento alto (5%)', color='red', linestyle='--')
plt.plot(años_proyección, crecimiento_bajo, label='Crecimiento Moderado (3%)', color='blue', linestyle='--')
```

Anexo 19: Código empleado para gráfico de sensibilidad Demanda vs Tasa de Interés

```
# Escenario de crecimiento alto (5%)
crecimiento_alto = [demanda_inicial * (1 + 0.05) ** i for i in range(len(años_proyección))]

# Crear el gráfico
plt.figure(figsize=(12, 6))

plt.plot(años, demanda_histórica, label='Demanda Histórica', marker='o', color='black')
plt.plot(años_proyección, decrecimiento, label='Crecimiento alto (5%)', color='red', linestyle='--')
plt.plot(años_proyección, crecimiento_bajo, label='Crecimiento Moderado (3%)', color='blue', linestyle='--')
plt.plot(años_proyección, crecimiento_moderado, label='Crecimiento Bajo (1%)', color='green', linestyle='--')
plt.plot(años_proyección, crecimiento_alto, label='Decrecimiento (-2%)', color='purple', linestyle='--')

plt.title('Predicción de demanda de vehículos hatchback según diferentes escenarios económicos')
plt.xlabel('Año')
plt.ylabel('Demanda (Unidades)')
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.xticks(np.arange(2013, 2030, 1), rotation=45)
plt.tight_layout()

# Mostrar el gráfico
plt.show()
```

Anexo 20: Código empleado para gráfico de sensibilidad de Demanda vs Tasa de Desempleo

```
# Demanda vs Tasa de desempleo
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Datos de demanda
años = np.array([2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023])
demanda = np.array([4328, 4985, 6690, 8501, 8775, 8324, 8188, 7024, 10082, 10577, 12481])

# Datos de tasa de desempleo
desempleo = np.array([3.02, 2.72, 2.51, 2.58, 2.46, 2.28, 2.19, 2.95, 2.17, 3.05, 2.71])

# Escenarios de crecimiento anual
crecimiento_alto = 0.05 # 5% anual
crecimiento_moderado = 0.03 # 3% anual
crecimiento_bajo = 0.01 # 1% anual
decrecimiento = -0.02 # -2% anual

# Proyección de la demanda bajo diferentes escenarios
años_futuros = np.array([2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029])

def proyectar_demanda_escenarios(demanda_inicial, tasa_crecimiento):
    demanda_futura = [demanda_inicial]
    for _ in range(len(años_futuros)):
        demanda_futura.append(demanda_futura[-1] * (1 + tasa_crecimiento))
    return np.array(demanda_futura[1:])

# Generar las proyecciones para cada escenario
demanda_alto = proyectar_demanda_escenarios(demanda[-1], crecimiento_alto)
demanda_moderado = proyectar_demanda_escenarios(demanda[-1], crecimiento_moderado)
demanda_bajo = proyectar_demanda_escenarios(demanda[-1], crecimiento_bajo)
```

Anexo 21: Código empleado para gráfico de sensibilidad de Demanda vs Tasa de Desempleo

```
demanda_bajo = proyectar_demanda_escenarios(demanda[-1], crecimiento_bajo)
demanda_decrecimiento = proyectar_demanda_escenarios(demanda[-1], decrecimiento)

# Gráfico de proyecciones de demanda bajo diferentes escenarios
plt.figure(figsize=(12, 6))

# Gráfico de datos históricos
plt.plot(años, demanda, 'ko-', label='Demanda Histórica')

# Gráfico de proyecciones
plt.plot(años_futuros, demanda_alto, 'r--', label='Decrecimiento (-2%)')
plt.plot(años_futuros, demanda_moderado, 'b-', label='Crecimiento Bajo (1%)')
plt.plot(años_futuros, demanda_bajo, 'g--', label='Crecimiento Moderado (3%)')
plt.plot(años_futuros, demanda_decrecimiento, 'm--', label='Crecimiento Alto (5%)')

# Configuración del gráfico
plt.title('Predicción de demanda de vehículos hatchback según diferentes escenarios económicos')
plt.xlabel('Año')
plt.ylabel('Demanda (Unidades)')
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.show()

# Mostrar los valores proyectados para 2029
demanda_2029 = {
    "Crecimiento Alto (5%)": demanda_alto[-1],
    "Crecimiento Moderado (3%)": demanda_moderado[-1],
    "Crecimiento Bajo (1%)": demanda_bajo[-1],
    "Decrecimiento (-2%)": demanda_decrecimiento[-1]
}

demanda_2029
```

Anexo 22: Código empleado para realización de gráfico de sensibilidad Demanda vs Precio de Venta

```
# Precio de venta vs demanda

import numpy as np
import pandas as pd
from sklearn.linear_model import LinearRegression
import matplotlib.pyplot as plt

# Datos históricos de ventas y precios de vehículos hatchback
data = {
    'Año': np.array([2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023]),
    'Ventas': np.array([4328, 4985, 6690, 8501, 8775, 8324, 8188, 7024, 10082, 10577, 12481]),
    'Precio': np.array([76000, 78000, 79000, 86000, 93000, 96000, 100000, 108000, 135000, 147000, 152000])
}

# Crear DataFrame
df = pd.DataFrame(data)

# Variable dependiente (Ventas) y variable independiente (Precio)
X = df['Precio'].values.reshape(-1, 1) # Precio (independiente)
y = df['Ventas'].values # Ventas (dependiente)

# Modelo de regresión lineal
model = LinearRegression()
model.fit(X, y)

# Predicciones de ventas bajo diferentes escenarios de precios
# Escenario optimista: Menor incremento en precios
precios_optimista = np.array([160000, 162000, 164000, 168000, 170000, 172000]).reshape(-1, 1)
ventas_optimista = model.predict(precios_optimista)
```

Anexo 23: Código empleado para realización de gráfico de sensibilidad Demanda vs Precio de Venta

```
# Escenario neutral: Incremento moderado de precios
precios_neutral = np.array([160000, 164000, 167000, 170000,175000,181000]).reshape(-1, 1)
ventas_neutral = model.predict(precios_neutral)

# Escenario pesimista: Mayor incremento en precios
precios_pesimista = np.array([160000, 170000, 180000, 190000, 200000,210000]).reshape(-1, 1)
ventas_pesimista = model.predict(precios_pesimista)

# Graficar los resultados
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(df['Año'], df['Ventas'], label='Ventas históricas', marker='o')

# Añadir proyecciones
años_futuros = np.array([2024, 2025, 2026, 2027,2028,2029])

plt.plot(años_futuros, ventas_pesimista, label='Escenario Optimista', linestyle='--', marker='o')
plt.plot(años_futuros, ventas_neutral, label='Escenario Neutral', linestyle='--', marker='o')
plt.plot(años_futuros, ventas_optimista, label='Escenario Pesimista', linestyle='--', marker='o')

# Añadir leyendas y etiquetas
plt.title('Predicción de demanda de vehículos hatchback según diferentes escenarios económicos')
plt.xlabel('Año')
plt.ylabel('Ventas')
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.show()
```

Anexo 25: Fotografías de pruebas de usuario.



