



Trabajo Final de Grado en
Ingeniería Industrial

Instalación de Planta
Inyectora Regional 4.0

Autor: Mariano Nicolás Pérez Pina

Profesor: Máximo Paz Iaconis

2020

Tabla de Contenidos

Índice de figuras.....	III
Índice de tablas	VIII
1 - Agradecimientos y dedicatoria	7
2 - Objetivo general	8
3 - Objetivos detallados	8
4 - Introducción.....	9
5 - Análisis de mercado.....	12
5.1 - Producción regional de vehículos.....	16
6 - Cálculo de capacidad de planta	21
6.1 - Chevrolet Onix: Reestiling 2016	21
6.2 - Toyota Hilux: Reestiling 2016	22
6.3 - Nissan Versa: Reestiling 2018.....	22
6.4 - Volkswagen GOL: Reestiling 2017.....	23
6.5 - Renault Kwid: Reestiling 2018.....	23
6.6 - Nuevo Chevrolet Cruze	24
6.7 - Nuevo Peugeot 208.....	24
6.8 - Forecast de ventas por producción serie a 10 años por modelo de vehículo y autoparte	25
6.9 - Forecast de ventas por recambio de autoparte a 10 años por mod. de vehículo y autoparte...	26
7 - Definición de procesos y recursos necesarios	29
7.1 - Proceso de inyección	29
7.2 - Defectos en los moldes	33
7.3 - Selección de maquinaria para la inyección de PP en paragolpes, cachas y baguetas.....	41
7.4 - Inyectora de paragolpes:	41
7.5 - Inyectora de cachas y molduras externas:	42

7.6 - Inyectora SM 1050 (piezas chicas).....	44
7.7 - Inyectora SM 3000 (piezas grandes)	46
7.8 - Control de calidad por muestreo sistemático de lotes	48
7.9 - Capital humano necesario.....	50
7.10 - Selección de maquinaria para taller de pintura.....	53
7.11 - Etapas del proceso de pintura	54
7.12 - Sistema de secado Venturi.....	55
7.13 - Capital Humano necesario.....	56
7.14 - ¿Automatización vs no automatización?	63
7.15 - Cinta transportadora	67
7.16 - ¿Cómo mantener la caída de presión baja entre el compresor y el punto de consumo?	73
7.17 - Diseño de la red de aire comprimido.....	76
7.18 - Humedad en el aire	77
7.19 - Compresores de aire necesarios.....	78
8 - Almacén de materia prima y productos terminados	79
8.1 - Cálculo de stocks y dimensionamiento de almacenes	82
8.2 - Cálculo de mano de obra	83
9 - Estudio del proceso industrial.....	92
9.1 - Análisis de afinidades productivas y de servicio.....	94
10 - Dimensionamiento de Layout.....	98
10.1 - Consolidado de maquinarias e instalaciones de producción	98
10.2 - Consolidado de capital humano necesario.....	99
11 - Desarrollo del Layout de Planta	107
11.1 - Recepción y atención al público	108
11.2 - Zona de transferencia.....	108
11.3 - Zona de inyección.....	108

11.4 - Comedor y Cantina.....	109
11.5 - Pañol	109
11.6 - Sala de máquinas y mantenimiento general	109
11.7 - Zona de pintura.....	109
11.8 - Depósito.....	109
12 - Intersección de flujos logísticos de abastecimiento, producto y embarque.....	110
13 - Ubicación de Planta Inyectora.....	112
13.1 - Beneficios impositivos	113
13.2 - Parque industrial y logístico Paraná de las Palmas, Zárate, Pcia. de Buenos Aires	115
13.3 - Accesos:.....	115
13.4 - Infraestructura y Servicios:.....	116
13.5 - Datos geográficos, demográficos y económicos de la Ciudad de Zárate	117
13.6 - Puertos marítimos	118
13.7 - Educación	118
13.8 - Clima	118
13.9 - Disponibilidad de lotes (actualizado a noviembre 2020)	119
14 - Responsabilidad Social Empresaria - RSE.....	120
15 - Diagrama de Gantt sobre la Instalación de la Planta Inyectora (en semanas).....	121
16 - Análisis de Cash-Flow.....	122
16.1 - Cálculo de valor actual neto (VAN) y retorno de inversión (TIR).....	122
17 - Conclusión.....	123
18 - Bibliografía.....	125

Índice de figuras

Figura 1: Se representa la relación entre la importación de autopartes y la producción de vehículos a nivel nacional Fuente: AFAC en base a ABECEB e INDEC.....	10
Figura 2: Análisis de contribución de múltiples industrias del impacto económico de la fabricación, venta, reparación, alquiler y mantenimiento adicional de automóviles, modelado utilizando el software de datos de análisis económico IMPLAN, año de datos 2017 Fuente: Alliance of Automobile Manufacturers	13
Figura 3: El gráfico representa la proporción de vehículos por tipo Fuente: ADEFA	13
Figura 5: Representa un choque frontal Fuente: Latin NCAP.....	20
Figura 6: Representa un choque lateral Fuente: Latin NCAP	20
Figura 7: Representa las piezas inyectables del Chevrolet Ónix Fuente: Propia.....	21
Figura 8: Representa las piezas inyectables de la pickup Hilux Fuente: Propia.....	22
Figura 9: Representa las piezas inyectables del Nissan Versa Fuente: Propia	22
Figura 10: Representa las piezas inyectables del Volkswagen Gol Fuente: Propia	23
Figura 11: Representa las piezas inyectables del Renault Kwid Fuente: Propia	23
Figura 12: Representa las piezas inyectables del Chevrolet Cruze Fuente: Propia	24
Figura 13: Representa las piezas inyectables del Peugeot 208 II Fuente: Propia.....	24
Figura 15: Representa un despiece de una inyectora estándar Fuente: Xcentric Mold & Engineering.....	33
Figura 16: Fotografía que representa un rechupe - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com	34
Figura 17: Fotografía que representa zonas mate - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com	34
Figura 18: Fotografía que representa un estrías - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com	34
Figura 20: Fotografía que representa líneas de flujo - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com	35
Figura 21: Fotografía que representa un jetting - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com	35
Figura 22: Fotografía que representa un efecto Diesel - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com	36
Figura 23: Fotografía que representa una delaminación - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com	36
Figura 24: Fotografía que representa un efecto stick-slip - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com	36
Figura 25: Fotografía que representa microgrietas - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com	37
Figura 26: Fotografía que representa tensiones - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com	37
Figura 27: Fotografía que representa falta de llenado - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com	37
Figura 28: Fotografía que representa deformación por expulsión - Fuente: tecnologiadelosplasticos.com	38
Figura 29: Fotografía que representa un warpage - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com	38
Figura 30: Fotografía que representa material frío - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com	38
Figura 31: Fotografía que representa aire atrapado - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com	39
Figura 32: Fotografía que representa manchas negras - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com	39
Figura 33: Fotografía de la inyectora SM1050 Fuente: https://chenhsong.com	44

Figura 34: Fotografía de la inyectora SM3000 Fuente: https://chenhsong.com	46
Figura 35: Flujograma de muestreo para control de calidad Fuente: Propia	48
Figura 37: Representa un proceso en control Fuente: Propia	51
Figura 41: Representación gráfica de la entidad, sentido y propiedades Fuente: Propia	57
Figura 49: Representación gráfica la red de Petri completa Fuente: Propia.....	61
Figura 55: La imagen representa la configuración de los motores trifásicos de 100 hp maestro y esclavo en la cinta transportadora Fuente: Propia.....	69
Figura 56: La imagen representa la distribución de los robots a lo largo de las cabinas de tamaño industrial estándar de 20 mts y la presencia de la cinta transportadora. Fuente: Propia.....	72
Figura 57: La imagen representa una cabina modelo Fragon MX 20000 Fuente: Mercado Libre.....	73
Figura 58: La imagen representa la cantidad de litros de agua acumuladas en un sistema de aire comprimido por semana y año Fuente: Atlas Copco.....	77
Figura 59: La imagen representa un compresor Atlas Copco modelo AT5/25 250 L Fuente: Atlas Copco.....	78
Figura 60: La imagen representa los niveles de inventario en función de la tasa de servicio Fuente: Propia...	80
Figura 61: Imagen del efecto látigo: El cliente final coloca una orden (látigo) y el orden de las fluctuaciones se construyen más arriba en la cadena de suministro. Fuente: Propia	81
Figura 63: Representación gráfica de la entidad, sentido y propiedades Fuente: Propia	84
Figura 79: Representación gráfica de la red de Petri completa Fuente: Propia	90
Figura 81: La imagen representa el diagrama de cuerdas basado en la Tabla 19 Fuente: Propia	93
Figura 83: Imagen de AGV guiado por cinta magnética Fuente: ASTI.....	102
Figura 84: Imagen de AGV guiado por cinta magnética Fuente: ASTI.....	102
Figura 85: Imagen de AGV modelo E 480 Fuente: ASTI.....	104
Figura 86: Dimensiones de auto elevador Toyota modelo 8FBN15. Fuente: Toyota industries Argentina....	105
Figura 87: Esta imagen corresponde al Layout de la Planta Inyectora Fuente: Propia	107
Figura 88: Esta imagen corresponde al Layout de la Planta Inyectora y los flujos logísticos Fuente: Propia	110
Figura 90: Esta imagen corresponde a la corrección de las cintas magnéticas en los circuitos de re abastecimiento y de producto semi elaborado Fuente: Propia	111
Figura 92: Esta imagen a la ubicación geográfica del Parque Industrial en la localidad de Zárate Fuente: Parque industrial Paraná de las Palmas Fuente: PIZ	115
Figura 93: Locación geográfica de la Ciudad de Zárate en la Pcia. de Buenos Aires Fuente: Wikipedia	117
Figura 94: Esta imagen muestra los diferentes lotes disponibles (desde 5.000 metros cuadrados) diferenciados para zona de Pymes, e industria general Fuente: Parque industrial Paraná de las Palmas	119
Figura 95: El gráfico muestra que la Responsabilidad Social Corporativa (RSC) es producto del trabajo en conjunto entre las Empresas, Personas y el Medio Ambiente Fuente: Antevenio	120
Figura 96: El gráfico muestra la relación del cumplimiento del pronóstico de ventas, el retorno de inversión y la tasa de corte Fuente: Propia.....	123

Índice de tablas y ecuaciones

Tabla 1: detalla la balanza comercial de autopartes a nivel nacional Fuente: AFAC en base a INDEC.....	11
Tabla 2: La tabla representa el parque automotor existente por provincia al año 2019 Fuente: ADEFA – Parque automotor 2019 – Vehicle fleet	14
Tabla 3: representa la cantidad vehículos registrados por país de la UE y muestra la antigüedad promedio Fuente: ACEA Report: Vehicles in use – Europe 2019	15
Tabla 4: Representa la cantidad de vehículos registrados por país Fuente: Recopilación propia. ADEFA, ACEA, ANFAC, ANAC, Wikipedia.....	15
Tabla 5: Representa las ventas de vehículos por segmento y año de lanzamiento a nivel LATAM Fuente: Recopilación propia. Wikipedia y Autocosmos	16
Tabla 6: Representa la cantidad de siniestros registrados por provincia y año a nivel nacional Fuente: 2017 Desarrollo de siniestros automotores – SSN (Superintendencia de Seguros de la Nación)	17
Tabla 7: Representa el pronóstico de ventas de autopartes para Plantas automotrices - Fuente: Propia.....	25
Tabla 8: Representa el pronóstico de ventas de autopartes para Plantas automotrices - Fuente: Propia.....	26
Tabla 9: Representa los modelos disponibles de inyectoras del fabricante - Fuente: Chen Hsong América	43
Tabla 13: Hoja de datos del robot EXP 1250 Fuente: Motoman.....	65
Tabla 14: Hoja de datos del motor trifásico WEG W22 Fuente: WEG.....	70
Tabla 15: Hoja de datos del VDF Altivar 71 Fuente: Schneider Electric	71
Tabla 17: La imagen muestra los resultados obtenidos de la simulación Fuente: Propia	91
Tabla 19: representa un consolidado de empleados de producción y servicio por turno Fuente Propia	100
Tabla 20: Extracto de tabla que simula la posición del AGV por segundo. Fuente: Propia.....	104
Tabla 21: Hoja de datos de auto elevador Toyota modelo 8FBN15. Fuente: Toyota industries Argentina	106
Tabla 22: El diagrama de Gantt representa la duración de las principales actividades necesarias para instalar la Planta de Inyección Fuente: Propia	121
Tabla 23: La presente tabla desarrolla un flujo de fondos con un horizonte de 10 años Fuente: Propia.....	122
Ecuación 1: se detalla el cálculo de la probabilidad de siniestro.....	18
Ecuación 2: Representa la fórmula de cálculo para obtener la cantidad de analistas de calidad por hora	50
Ecuación 3: La fórmula indica la mayor longitud permitida en la red de tuberías para una caída de presión específica	74
Ecuación 4: la fórmula permite conocer el volumen del depósito de aire comprimido	75
Ecuación 5: La fórmula permite conocer el diámetro interno necesario para la cañería de aire comprimido...	76
Ecuación 6: la fórmula permite calcular la eficiencia del proceso industrial desde la recepción de materia prima hasta su despacho	93

1 - Agradecimientos y dedicatoria

Se lo dedico a mi familia, compañeros de Facultad y a los profesores de la Universidad de Palermo.

2 - Objetivo general

Este Trabajo Final de Grado propone una alternativa para poder satisfacer las nuevas necesidades de consumo relacionado con la industria automotriz regional y su parque automotor a través de la instalación de una Planta Autopartista erradicada en la Argentina, con fondos de origen nacional, de referencia a nivel LATAM, que cumpla con las más estrictas regulaciones medioambientales y de seguridad. Personal altamente capacitado, bajas emisiones de CO₂, procesos de manufactura esbeltos, reducción de desperdicios, materias primas de origen reciclado y maquinaria 4.0 con bajo consumo energético.

3 - Objetivos detallados

Se desarrollarán los siguientes tópicos relacionados con la instalación de una planta autopartista:

- ∇ Situación del Parque automotor en América Latina. Impacto socio-económico de la actividad automotriz. Análisis de mercado.
- ∇ Selección de autopartes a producir. Cálculo de capacidad instalada de Planta. Desarrollo de pronóstico de ventas a 10 años y Plan Agregado de Producción. Justificación y explicación de variabilidad.
- ∇ Definición de procesos claves, selección de maquinaria y cálculo de recursos humanos necesarios a través de simulaciones. Definición de puntos de control de calidad y métodos de muestreo.
- ∇ Estudio detallado del proceso industrial. Análisis de afinidad entre sectores industriales.
- ∇ Desarrollo de Layout. Dimensionamiento de zonas productivas y de servicio.
- ∇ Selección de Parque Industrial.
- ∇ Desarrollo de Cash-flow y determinación de factibilidad del proyecto a nivel económico.
- ∇ Conclusión final

4 - Introducción

La industria autopartista nacional desde hace más de 20 años presenta un déficit respecto de las importaciones y exportaciones. Por ejemplo, durante el año 2019, por cada 1 dólar de autopartes exportado, se importaron otros 4 dólares. La relación fue de 1:4. ¿Cuáles pueden ser los principales factores? ¿Ocurre solo en Argentina?

La globalización, la ultra-competitividad, los mercados emergentes, el constante cambio en los hábitos de consumo, obligan a las terminales automotrices a actualizar permanentemente sus productos con el objetivo de no perder ventas y quedar en el camino respecto de sus competidores. Hoy en día, en vistas de reducir el *tiempo de entrega*¹ de vehículos a clientes y/o lograr un precio de venta más competitivo con una calidad superior, es muy común que un mismo vehículo se produzca de forma simultánea en más de una fábrica a nivel global. Desde el punto de vista de la calidad percibida, los automóviles suelen ser bastantes parecidos entre sí (comparten un alto porcentaje de piezas mecánicas), pero presentan “adecuaciones” respecto del mercado al cual se comercializarán (telas, cueros, plásticos, equipamiento de abordaje, entre otros). Sin embargo, la *integración local*² juega un papel fundamental para poder alcanzarlas en el corto y mediano plazo a un costo competitivo. Las cambiantes políticas de regionalización y expansión de las terminales automotrices los obligan a buscar *partners*³ cada vez más grandes que puedan satisfacer la demanda y a la vez, poder cubrir el mayor abanico respecto de los productos comercializados, respetando la calidad necesaria.

1 **Tiempo de entrega o lead time de entrega:** es un indicador de gestión o KPI que mide el tiempo desde que el cliente realizó un pedido por un producto hasta que efectivamente fue entregado. Por ejemplo, en la industria automotriz Argentina, si un cliente abonó en su totalidad un vehículo OKM y la concesionaria posee stock disponible, el tiempo de entrega no puede superar las 72hs hábiles. Fuente: www.topconcesionarios.com

2 **Integración local:** es un término utilizado para referirse al porcentaje de piezas que son producidas a nivel nacional relacionadas a un producto en particular. Por ejemplo, en la industria automotriz, en determinados modelos de vehículos la integración local puede llegar a ser de hasta un 30% respecto del 70% de origen importado.

3 **Partners:** en español significa “socios”. En el texto simboliza a los proveedores clave de las terminales automotrices.

Durante los últimos 25 años se puede observar una relación casi directa entre la producción de vehículos y la importación de autopartes (ver gráfico 1).

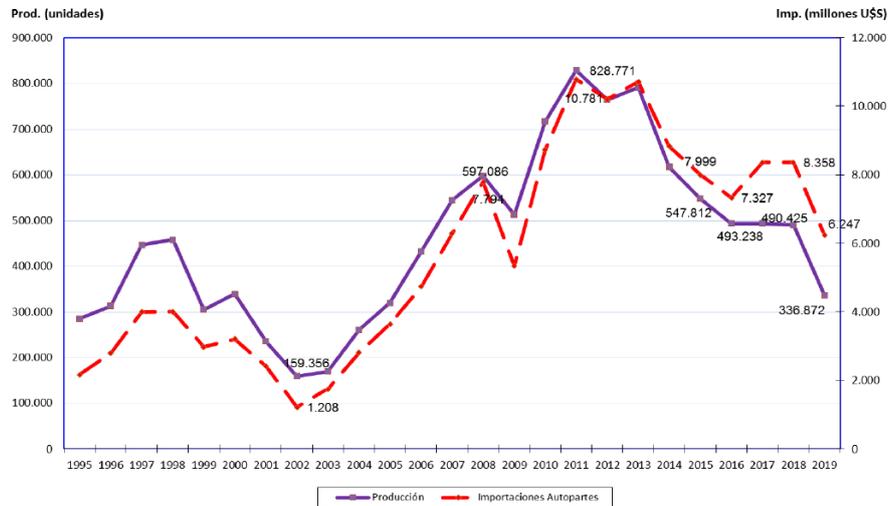


Figura 1 Se representa la relación entre la importación de autopartes y la producción de vehículos a nivel nacional Fuente: AFAC en base a ABECEB e INDEC.

Desde el año 1995 hasta el año 2012 puede observarse que la cantidad de vehículos producidos era superior al valor relacionado con la importación de *autopartes*⁴ (podríamos decir que Argentina se abastecía de mayor cantidad de piezas dada su producción local). Sin embargo, en la actualidad, el costo de importación es cada vez mayor y la producción de vehículos nacionales es cada vez menor. Entonces, haciendo un poco de historia, ¿Cuán paulatino fue el deterioro de la industria nacional autopartista durante los últimos 20 años?

Como puede observarse en la tabla 1, en el año 2002 la Argentina exportaba autopartes de fabricación nacional a 132 países diferentes. Sin embargo, pese a que pasaron casi 20 años, ese número fluctuó muy poco (en 2019, 130 países). En contrapartida, los orígenes de importación de autopartes pasaron de 89 a 143 países diferentes en el período 2002-19, lo que indica un crecimiento anual promedio de aproximadamente un 3%.

4 **Autoparte:** Pieza o conjunto de piezas que intervienen en el armado de un automóvil, y que también se venden por separado. Fuente: <https://dle.rae.es/>.

Balanza comercial global de autopartes					
Cifras en millones de dólares (exportaciones a valores FOB, importaciones CIF)					
Período	Exportaciones		Importaciones		Saldo Bal. Comercial USD mill.
	USD mill. FOB	Cantidad de destinos	USD mill. CIF	Cantidad de orígenes	
2002	1085	132	1120	89	-35
2003	1115	141	1632	99	-517
2004	1431	142	2630	111	-1199
2005	1641	141	3385	114	-1744
2006	1858	144	4375	116	-2517
2007	2273	144	6288	131	-4015
2008	2571	142	7793	132	-5222
2009	1928	147	5496	134	-3568
2010	2433	146	8729	118	-6296
2011	2606	141	10766	128	-8160
2012	2548	146	10198	137	-7650
2013	2632	135	10714	138	-8082
2014	2200	148	8835	130	-6635
2015	1655	134	7999	102	-6344
2016	1512	128	7327	132	-5815
2017	1642	129	8352	149	-6710
2018	1580	140	8358	141	-6778
2019	1567	130	6247	143	-4680

Notas: Cifras en millones de dólares (Exportaciones a valores *FOB* 5, Importaciones *CIF* 6)

(e): Dada la restricción informativa de INDEC, la información es provisoria y sujeta a modificaciones

Tabla 1: detalla la balanza comercial de autopartes a nivel nacional Fuente: AFAC en base a INDEC

Es evidente que la industria nacional autopartista ha sufrido un lento y constante deterioro. ¿Cuáles fueron algunos de los principales causantes? A medida que la tecnología relacionada con la seguridad de los pasajeros aumenta junto con las nuevas *regulaciones medioambientales regionales*⁷ (emisiones de CO₂, tratamiento de desechos, entre otros), los estándares de producción para alcanzar la calidad y costos deseados deben incrementarse también. En países como la Argentina, los autopartistas se ven obligados a reconvertirse a nivel cultural y a invertir en nuevas maquinarias orientadas a cumplir con las regulaciones para poder satisfacer la nueva tendencia de consumo, caso contrario, se extinguen.

5 **FOB:** (del inglés Free On Board, «Libre a bordo, puerto de carga convenido») es un incoterm —una cláusula de comercio internacional— que se utiliza para operaciones de compraventa en las que el transporte de la mercancía se realiza por barco, ya sea marítimo o fluvial. El vendedor entrega la mercancía «a bordo del buque» designado por el comprador en el puerto de embarque designado, y por tanto estibado; en ese momento se traspasan los riesgos de pérdida o daño de la mercancía del vendedor al comprador. El vendedor contrata el transporte principal, a través de un transitario o un consignatario, por cuenta del comprador. El vendedor también realiza los trámites aduaneros necesarios para la exportación.

6 **CIF:** (acrónimo del término en inglés Cost, Insurance and Freight, «Coste, seguro y flete, puerto de destino convenido») se refieren a un incoterm o término de comercio internacional que se utiliza en las operaciones de compraventa, en que el transporte de la mercancía se realiza por barco (mar o vías de navegación interior). Se debe utilizar siempre seguido de un puerto de destino.

7 **Regulaciones medioambientales regionales:** En la Argentina, según el Senado de la Nación, las principales leyes medioambientales incluyen las siguientes: Ley 25.612, de Residuos Industriales, Ley 25.670, de Gestión de PCB, Ley 25.675, General del Ambiente, Ley 25.688, de Gestión de Aguas, Ley 25.831, de Información Ambiental, Ley 25.019, Régimen Nacional de Promoción de Energía Eólica y Solar, Ley 26.093, de Biocombustibles, Ley 26.123, Declara de interés el desarrollo de la tecnología, la producción, el uso y aplicaciones del hidrógeno como combustible y vector de energía, Ley 26.190, de Fomento Nacional de Fuentes Renovables de Energía para la Producción, entre otras. Fuente: <https://www.senado.gov.ar/upload/15963.pdf>

5 - Análisis de mercado

Para realizar un análisis de mercado preciso es necesario conocer en una primera instancia la realidad del mercado automotor a nivel regional y cuáles son las tendencias en los principales epicentros del desarrollo automotriz (Europa occidental, China y Estados Unidos) ya que, en gran medida, las conductas de consumo de dichos mercados son adoptadas en nuestra región (LATAM) algunos meses o años más tarde. Es el caso, por ejemplo, del Fiat 600 que fue creado y producido para motorizar Italia tras la postguerra y que en los años venideros hasta la actualidad se ha convertido en un ícono mundial. La fabricación serie del vehículo comenzó en el año 1955 y fue comercializado bajo distintas marcas (Fiat, Seat y Zastava) alrededor de todo el mundo. A lo largo de su historia (que abarcó desde el año 1955 hasta el año 1982), el mismo vehículo fue fabricado en Italia (2.695.197 unidades), la Ex Yugoslavia (923.487 unidades) hasta en Argentina a través de la empresa SEVEL Argentina (304.016 unidades) totalizando a nivel global una producción de 4.939.642 unidades. Nada mal para un vehículo de bajo costo pensado y diseñado para poder satisfacer una necesidad básica de transporte en un pequeño país fuertemente golpeado por la postguerra. Sin embargo, como se ha desarrollado anteriormente en este Trabajo Final de Grado, la producción de vehículos está fuertemente relacionado con la fabricación de autopartes.

Según *Alliance of Automobile Manufacturers*⁸, la industria automotriz, únicamente en Estados Unidos, genera 9.93 millones de puestos de trabajo para su población de forma directa o indirecta. Es decir que, 1 de cada 20 empleos, están relacionados con dicha industria. La actividad representa el 6% del *PBI*⁹ de Estados Unidos (En la Argentina se estima que la actividad representa aproximadamente el 4% del *PBI*). A continuación, se podrán visualizar algunos de los datos más importantes relacionados:

⁸ **Alliance of Automobile Manufacturers**: es una organización que representa a los principales fabricantes de automóviles en Estados Unidos (Incluidos BMW Group, FCA US LLC, Ford Motor Company, General Motors, Jaguar Land Rover, Mazda, Mercedes-Benz USA, Mitsubishi Motors, Porsche, Toyota, Volkswagen Group of America y Volvo Car USA). Con sede en Washington, DC, Alliance también tiene oficinas en Sacramento, California y Detroit, Michigan.

⁹ **PBI**: Producto Bruto Interno, es una magnitud macroeconómica que expresa el valor monetario de la producción de bienes y servicios de demanda final de un país o región durante un período determinado, normalmente de un año o trimestrales.



Figura 2: Análisis de contribución de múltiples industrias del impacto económico de la fabricación, venta, reparación, alquiler y mantenimiento adicional de automóviles, modelado utilizando el software de datos de análisis económico IMPLAN, año de datos 2017

Fuente: Alliance of Automobile Manufacturers

El parque automotor argentino existente al año 2019 según ADEFA ¹⁰ es de 14.043.036 unidades y se divide de la siguiente manera:

Porcentaje del parque automotor argentino por tipo de vehículo ⁽¹¹⁾

■ Automóviles ■ Livianos ■ Transporte de carga ■ Transporte de pasajeros

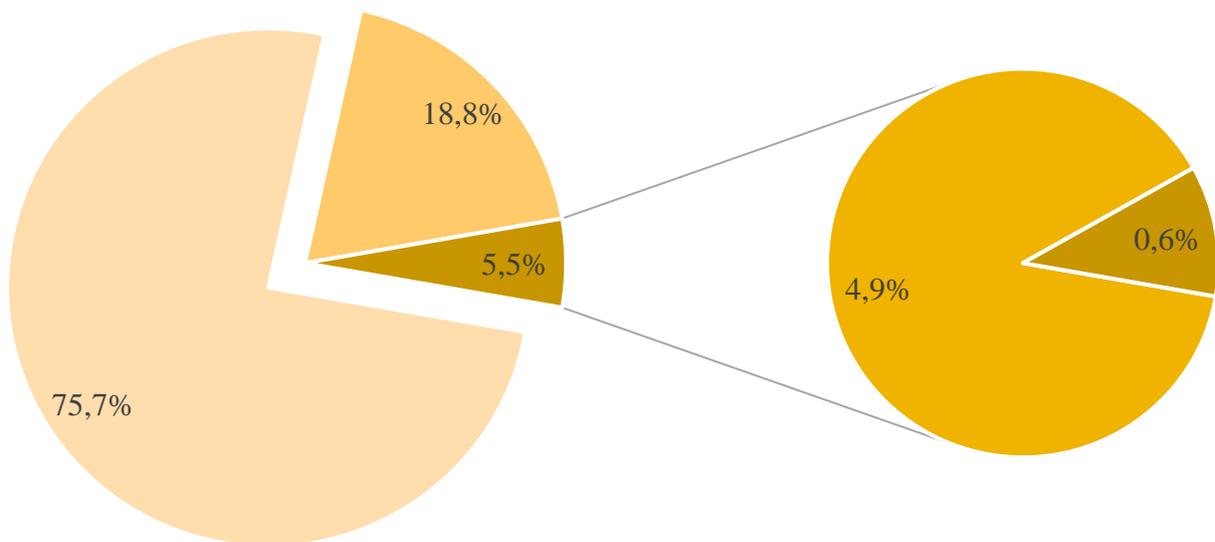


Figura 3: El gráfico representa la proporción de vehículos por tipo Fuente: ADEFA

Nota: La información presentada, excluye a los vehículos robados del parque automotor activo

¹⁰ ADEFA: La Asociación de Fábricas de Automotores (ADEFA) agrupa a doce terminales automotrices que producen en la Argentina automóviles, vehículos utilitarios livianos y pesados; además de componentes de transmisión, cajas y motores. Sus asociados son: FCA Argentina S.A., Ford Argentina S.C.A., General Motors de Argentina S.R.L., Honda Motor de Argentina S.A., Iveco Argentina S.A., Mercedes-Benz Argentina S.A., Nissan Argentina S.A.; PSA Peugeot Citroën Argentina S.A., Renault Argentina S.A., Scania Argentina S.A., Toyota Argentina S.A. y Volkswagen Argentina S.A.

En la tabla 2 puede visualizarse la distribución geográfica a nivel provincia de los mismos.

Province	Cars	Light Vehicles	Trucks	Buses	Total
BUENOS AIRES	4.391.944	930.061	222.425	31.155	5.575.585
CAPITAL FEDERAL	1.183.156	23.2407	68.944	12.204	1.496.711
SANTA FE	870.059	213.200	66.037	4.639	1.153.935
CÓRDOBA	1.013.350	260.146	67.157	5.440	1.346.093
MENDOZA	523.428	150.018	35.098	3.677	712.221
ENTRE RÍOS	338.449	99.284	25.583	2.454	465.770
CORRIENTES	162.594	53.854	18.088	1.577	236.113
MISIONES	170.497	55.714	17.885	1.989	246.085
TUCUMAN	223.056	57.776	17.679	1.403	299.914
CHUBUT	176.728	66.675	14.541	2.221	260.165
CHACO	129.615	50.253	14.784	974	195.626
NEUQUÉN	175.508	67.536	14.010	2.495	259.549
SALTA	164.097	55.216	13.544	1.470	234.327
JUJUY	95.759	35.829	11.520	1.947	145.055
RÍO NEGRO	195.448	63.715	12.009	2.246	273.418
SAN JUAN	153.424	41.791	10.170	1.038	206.423
SANTIAGO DEL ESTERO	95.997	34.249	9.333	935	140.514
LA PAMPA	102.303	38.921	8.351	832	150.407
SANTA CRUZ	111.270	35.727	7.906	1.771	156.674
SAN LUIS	121.791	33.471	7.133	733	163.128
FORMOSA	54.258	20.505	4.659	547	79.969
CATAMARCA	68.599	19.881	4.103	558	93.141
LA RIOJA	61.681	16.703	3.966	619	82.969
TIERRA DEL FUEGO	49.469	15.119	3.455	1.201	69.244
TOTAL GENERAL	10.632.480	2.648.051	678.380	84.125	14.043.036

Tabla 2: La tabla representa el parque automotor existente por provincia al año 2019 Fuente: ADEFA – Parque automotor 2019 – Vehicle fleet

Puede observarse que casi el 70% del parque automotor total a nivel nacional se encuentra fuertemente concentrado en primer lugar por la Pcia. de Buenos Aires, en segundo lugar, por la Capital Federal, en tercer lugar, por la Pcia. de Córdoba y finalmente en cuarto lugar, por la Pcia. de Santa Fe. La antigüedad del parque automotor es de 14,8 años (fuente: Cámara de concesionarias – ACARA). A modo de ejemplo, según ACEA ¹¹ en países pertenecientes a la unión europea, el promedio es de 10,8 años:

¹¹ ACEA: La Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles (ACEA) representa a los 16 principales fabricantes de automóviles, furgonetas, camiones y autobuses de Europa. Entre ellos se encuentran: BMW Group, CNH Industrial, DAF Trucks, Daimler, Ferrari, Fiat Chrysler Automobiles, Ford of Europe, Honda Motor Europe, Hyundai Motor Europe, Jaguar Land Rover, PSA Group, Renault Group, Toyota Motor Europe, Volkswagen Group, Volvo Cars y Volvo Group.

VEHICLES IN USE, BY AGE

Passenger cars

Year of first registration	Year										Average age (in years)			
	2018	2017	2016	2015	(<=5 years)					(>10 years)				
Austria	296,876	320,988	311,168	290,009	287,327	297,203	312,388	322,975	287,621	278,812	1,973,485	4,978,852	8.2	
Belgium	508,589	496,766	480,378	420,244	371,988	343,614	325,729	370,638	333,622	275,044	1,856,073	5,782,685	9.0	
Croatia					288,293						230,509	1,146,589	12.6	
Czech Republic	261,437	271,595	259,693	230,857	192,314	164,736	174,009	173,282	169,236	161,659	3,743,702	5,802,520	14.8	
Denmark	203,815	201,251	199,032	188,075	176,033	173,292	163,414	151,992	132,468	91,922	912,274	2,593,568	8.8	
Estonia	22,987	22,973	21,678	21,611	23,581	23,080	24,214	23,466	17,621	16,883	528,370	746,464	16.7	
Finland	116,977	118,066	120,100	113,155	111,938	110,450	118,737	135,794	119,854	98,904	1,532,359	2,696,334	12.1	
France	2,185,495	2,182,044	2,091,391	1,968,741	1,822,921	1,814,010	1,888,559	2,134,639	2,072,382	2,020,269	12,839,681	33,020,132	9.0	
Germany	3,151,097	3,221,432	3,176,396	2,847,417	2,636,852	2,542,920	2,619,572	2,626,586	2,320,597	3,012,629	18,940,286	47,095,784	9.5	
Greece	102,544	86,985	77,762	74,527	69,259	57,068	56,663	93,332	134,439	209,792	4,201,812	5,164,183	15.7	
Hungary	92,787	104,942	92,502	80,031	79,493	77,548	82,021	85,274	77,152	77,735	2,788,889	3,638,374	14.2	
Ireland	118,672	133,763	155,768	147,616	132,172	112,514	119,374	130,031	129,982	92,332	831,836	2,104,060	8.4	
Italy	1,998,056	2,054,170	1,901,482	1,621,145	1,363,410	1,275,770	1,335,369	1,653,517	1,845,626	2,004,026	21,965,599	39,018,170	11.3	
Latvia	14,996	14,931	13,056	12,653	13,886	13,863	16,137	17,918	15,223	16,796	487,212	636,671	13.9	
Lithuania	22,482	18,348	16,746	17,254	17,467	21,898	26,013	32,323	25,261	32,019	1,200,708	1,430,520	16.9	
Luxembourg	49,898	49,124	44,444	35,543	31,991	25,932	24,783	22,345	20,190	17,180	93,698	415,128	6.4	
Netherlands	457,374	453,034	429,230	505,324	436,639	450,300	520,774	570,945	497,638	396,589	4,069,436	8,787,283	10.6	
Poland	507,340	465,915	422,735	394,559	376,604	379,915	419,906	489,222	515,695	597,849	18,859,276	23,429,016	13.9	
Portugal	211,679	225,294	216,238	197,482	176,266	147,795	135,488	184,767	244,488	178,874	3,096,686	5,015,057	12.9	
Romania					538,559						796,395	5,115,796	6,450,750	16.3
Slovakia	97,583	91,713	87,581	81,690	82,216	79,380	85,989	93,038	108,712	1,428,223	2,326,787	3,326,787	13.9	
Slovenia	83,424	81,090	72,294	62,172	53,516	51,041	51,743	58,674	61,698	64,432	563,690	1,203,774	10.1	
Spain	1,358,202	1,241,413	1,125,822	994,489	795,503	645,156	602,825	700,529	889,733	890,203	14,830,341	24,074,216	12.4	
Sweden	244,464	336,946	355,522	309,612	278,616	245,277	242,613	277,665	262,022	170,692	2,147,354	4,870,783	9.9	
United Kingdom	2,347,530	2,510,711	2,646,155	2,562,657	2,379,064	2,156,326	1,919,838	1,795,516	1,860,000	1,804,086	12,906,032	34,887,915	8.0	
EUROPEAN UNION													10.8	
Norway	151,986	163,234	160,424	160,710	155,940	157,634	156,532	158,533	145,065	113,212	1,196,743	2,720,013	10.5	
Switzerland	299,716	314,028	317,318	323,783	301,942	307,885	328,139	318,958	294,239	266,010	1,593,372	4,665,390	8.6	

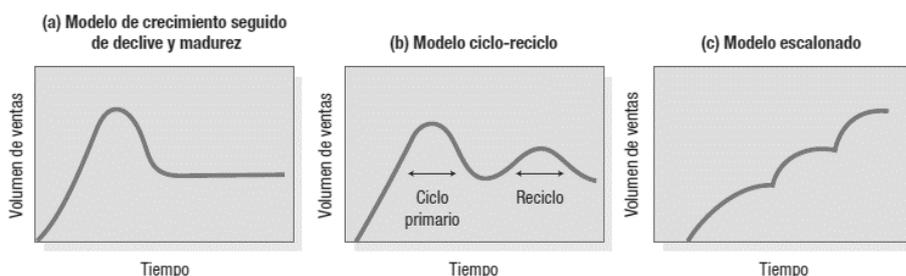
Tabla 3: representa la cantidad vehículos registrados por país de la UE y muestra la antigüedad promedio Fuente: ACEA Report: Vehicles in use – Europe 2019

En otros países pertenecientes a LATAM como Chile, la antigüedad es de 12,6 años. Entonces, basándonos en la información existente, podríamos inferir que, por cada vehículo fabricado, se espera un *ciclo de vida*¹² de entre 10 y 15 años para países en vías de desarrollo, mientras que en países desarrollados, entre 7 y 10 años. Es decir que, para la industria autopartista, se espera que una pieza pase a ser obsoleta a partir de los 15 años según los volúmenes de venta. El parque automotor más representativo a nivel sudamericano está compuesto por aproximadamente 59,6 millones de vehículos:

País	Parque automotor 2019
Brasil	37.098.000 unidades
Argentina	14.043.036 unidades
Chile	5.500.000 unidades
Paraguay	2.363.499 unidades
Uruguay	656.487 unidades
Total	59.661.022 unidades

Tabla 4: Representa la cantidad de vehículos registrados por país Fuente: Recopilación propia. ADEFA, ACEA, ANFAC, ANAC, Wikipedia

12 **Ciclo de vida**: representa el tiempo de vida de un producto hasta su extinción. Suele estar representado por cuatro fases: Introducción, Crecimiento, Madurez y Declive. Fuente: Libro "Dirección de Marketing edición 14" de los autores Kotler y Keller.



Modelos más comunes del ciclo de vida del producto

Según el sitio especializado en industria automotriz de Autocosmos, en promedio, los automóviles modernos están compuestos por entre 70.000 y hasta 90.000 piezas diferentes. Se estima que el 14% del peso total de un automóvil está compuesto por piezas de plástico. Entonces, si en promedio un vehículo de uso personal puede pesar hasta 1,3 toneladas, posee casi 180 kilogramos de plástico. Si a esa cantidad la multiplicamos por el parque automotor regional existente, estamos hablando de más de *10 millones de toneladas de plástico*¹³ que circula día a día por las calles.

5.1 - Producción regional de vehículos

A continuación, se detalla el TOP 20 de vehículos más vendidos a nivel LATAM durante el año 2019. El 45% de los modelos son de origen brasilero, mientras que el resto (55%) se subdivide entre Argentina, México y Colombia.

Marca	Modelo	Segmento	Unidades vendidas	Ubicación de fábrica	Inicio de producción Serie	Último reestiling	Fin de serie
Chevrolet	Onix	B	250.805	Gravataí, Brasil	2012	2016	N/A
Ford	Ka	A	157.361	Sao Bernardo do Campo, Brasil	2016	N/A	2019
Toyota	Hilux	Pickup	115.058	Zárate, Argentina	2004	2016	N/A
Nissan	Versa	B	111.357	Agascalientes, México	2012	2018	N/A
Volkswagen	Gol	B	108.560	Taubaté, Brasil	2008	2017	N/A
Renault	Kwid	A	104.037	São José dos Pinhais, Brasil	2015	2018	N/A
Hyundai	HB20	A	95.723	Piracicaba, Brasil	2012	N/A	N/A
Chevrolet	Prisma	B	87.812	Gravataí, Brasil	2012	2016	N/A
Nissan	Kicks	B	84.282	Agascalientes, México	2016	N/A	N/A
Volkswagen	Polo	B	84.084	Sao Bernardo do Campo, Brasil	2017	N/A	N/A
Renault	Sandero	B	80.055	Córdoba, Argentina	2016	N/A	N/A
Toyota	Corolla	C	79.697	Indaiatuba, Brasil	2018	N/A	N/A
Fiat	Argo	B	79.080	Córdoba, Argentina	2017	N/A	N/A
Toyota	Yaris	B	76.448	Guanajuato, México	2016	N/A	N/A
Fiat	Strada	Pickup	75.165	Betim, Brasil	2020	N/A	N/A
Jeep	Renegade	B	75.161	Goiana, Brasil	2014	N/A	N/A
Chevrolet	Aveo/Sonic	B	73.993	Bogotá, Colombia	2011	N/A	N/A
Chevrolet	Beat/Spark	A	71.877	Bogotá, Colombia	2009	2014	N/A
Nissan	NP300/Frontier	Pickup	67.606	Córdoba, Argentina	2018	N/A	N/A
Honda	HR-V	B	66.715	Buenos Aires, Argentina	2016	N/A	2019

Tabla 5: Representa las ventas de vehículos por segmento y año de lanzamiento a nivel LATAM Fuente: Recopilación propia.

Wikipedia y Autocosmos

Según puede evidenciarse, la mayor parte de las ventas son las relacionadas con los vehículos familiares pequeños del *segmento*¹⁴ B y en segundo lugar por las pickups.

¹³ **Problemática sobre el uso indebido del plástico:** En la actualidad, la contaminación ambiental es una de las principales preocupaciones a nivel global. Es por ello que, año tras año, las regulaciones relacionadas con la fabricación de piezas de plástico son cada vez más rígidas. Los principales fabricantes deben invertir fondos en I+D con el objetivo de encontrar nuevos materiales que posean características parecidas a los plásticos pero que sean biodegradables en el corto plazo y que contaminen lo menos posible al medioambiente.

¹⁴ **Segmento:**

A: automóviles de cuatro plazas de tamaños más pequeño, actualmente entre 3300 mm y 3700 mm.

B: tienen lugar para cuatro adultos y un niño; los hatchback y monovolúmenes rondan los 3900 mm, mientras que los sedanes y familiares llegan a los 4200 mm.

C: son los más pequeños con cinco plazas completas. Se ubican en torno a los 4200 mm en el caso de hatchbacks y 4500 mm en el caso de sedanes y familiares.

D: también tienen cinco plazas, pero tienen motores más potentes y maletero más grande. El tamaño es de aproximadamente 4600 mm.

E: son los modelos más grandes de las fábricas de automóviles generalistas. El tamaño promedio es de 4800 mm.

F: comprenden solo modelos de alta gama. Siempre superan los 5000 mm.

La *Superintendencia de Seguros de la Nación*¹⁵ publica anualmente un informe donde se detalla la cantidad de *siniestros*¹⁶ automovilísticos a nivel nacional. El último a la fecha corresponde al año 2017. En el mismo se describe un incremento interanual de los siniestros del 8,2%. La Pcia. de Buenos Aires, presenta la mayor concentración con 940.060 siniestros, seguido de la Capital Federal con 308.878. A continuación, puede visualizarse la tabla completa:

Provincia	Ejercicio ocurrencia		Variación (%)
	2017	2016	
TOTAL	2 171 101	2 006 492	8.2
Buenos Aires	940 060	894 271	5.1
Capital Federal	308 878	297 903	3.7
Catamarca	4 638	4 110	12.8
Chaco	25 530	23 420	9.0
Chubut	50 337	43 974	14.5
Córdoba	196 406	170 138	15.4
Corrientes	19 099	16 704	14.3
Entre Ríos	55 077	47 478	16.0
Formosa	7 074	6 773	4.4
Jujuy	8 732	8 206	6.4
La Pampa	13 715	10 587	29.5
La Rioja	3 482	3 228	7.9
Mendoza	90 155	72 818	23.8
Misiones	19 424	18 324	6.0
Neuquén	49 550	45 967	7.8
Río Negro	41 481	35 695	16.2
Salta	16 768	14 831	13.1
San Juan	14 960	13 739	8.9
San Luis	11 934	10 725	11.3
Santa Cruz	15 971	14 272	11.9
Santa Fe	202 621	185 353	9.3
Sgo. del Estero	10 532	9 355	12.6
Tierra del Fuego	20 437	20 488	-0.2
Tucumán	38 820	34 261	13.3
Sin información	9	-	-
País limítrofe	5 411	3 872	39.7

Tabla 6: Representa la cantidad de siniestros registrados por provincia y año a nivel nacional Fuente: 2017 Desarrollo de siniestros automotores – SSN (Superintendencia de Seguros de la Nación)

¹⁵ **Superintendencia de Seguros de la Nación:** es el organismo del Ministerio de Hacienda que supervisa las actividades de los productores, intermediarios, entidades de seguros y reaseguros en la República Argentina. Controla las actividades de evaluación e inspección de los operadores del mercado para proteger a los asegurados, garantizar el cumplimiento de las legislaciones y regulaciones vigentes y desarrollar un mercado sólido, transparente y eficaz.

¹⁶ **Siniestro:** se denomina a un choque automovilístico donde pueden o no intervenir daños a cosas o personas.

Para poder determinar un KPI adecuado sobre la tasa de siniestralidad por cada 100 vehículos con esta información en Argentina, es necesario compararlo con el *parque automotor expuesto a riesgo*¹⁷ (VER) del mismo período. Entonces, podemos definir que:

$$\text{Probabilidad de siniestro} = \frac{\sum \text{Siniestros}}{\text{Vehículos expuestos a riesgo (VER)}} \times 100$$

Ecuación 1: se detalla el cálculo de la probabilidad de siniestro

Entonces, si lo reemplazamos por los datos correspondientes al año 2017:

$$\text{Probabilidad de siniestro (2017)} = \frac{2.171.101 \text{ siniestros}}{11.383.413 \text{ vehículos}} \times 100 = 19,07 \%$$

Interpretando los datos, podemos concluir que, según las últimas estadísticas a nivel nacional, la probabilidad de que un vehículo expuesto a riesgo sea siniestrado es de un 19,07%. Quiere decir que al menos 19,07 por cada 100 vehículos asegurado es probable que tenga un siniestro en un período de un año.

¹⁷ Vehículo expuesto al riesgo: VER: Cantidad de vehículos asegurados durante el proceso de evaluación.

*Latin NCAP*¹⁸ confecciona anualmente un Programa de Evaluación de Vehículos Nuevos para América Latina y el Caribe (Latin NCAP) con el objetivo de brindar a los consumidores información independiente y transparente acerca de los niveles de seguridad que ofrecen los diferentes modelos de vehículos del mercado. Para ello somete a ciertas pruebas a los vehículos producidos a nivel regional basándose en estadísticas de siniestralidad. Las mismas buscan simular la mayor cantidad de situaciones que pueden ocurrir en un siniestro y cuales podrían ser sus consecuencias. Entre ellas se pueden encontrar:

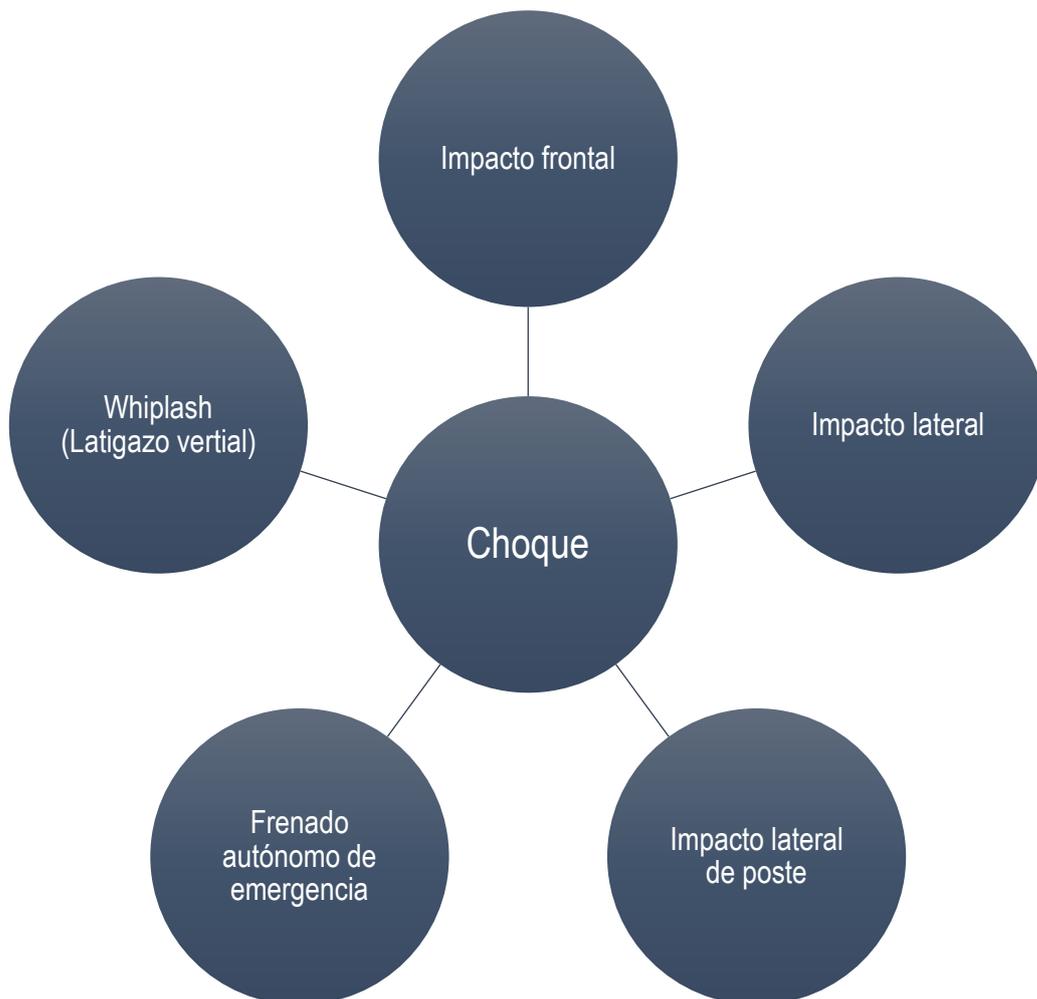


Figura 4: Representa los tipos de choques o siniestros más comunes evaluados por Latin Ncap Fuente: Latin Ncap

18 Latin NCAP: Es un organismo internacional que se dedica a analizar la seguridad de los automóviles a través de diferentes pruebas. Es compuesto a nivel LATAM por: ASPEC, Automóvil Club Boliviano *, Automóvil Club de Chile *, Automóvil Club de Colombia *, Automóvil Club de Costa Rica *, Automóvil Club del Uruguay *, Centro para la Defensa del Consumidor, CESVI Argentina, CESVI Brasil, CESVI Colombia, CESVI México, Consumidores Argentinos *, El Poder del Consumidor, Federación Iberoamericana de Asociaciones de Víctimas contra la Violencia Vial (FICVI) *, FIA Región IV *, Fundación Gonzalo Rodríguez *, Fundación MAPFRE *, FUNDECOM, International Consumer Research & Testing (ICRT) *, OMDAI, ODECU * y PROTESTE *.

El impacto frontal es la prueba más importante en dichos ensayos ya que se produce en mayor medida respecto de los demás tipos de siniestros. La velocidad del ensayo de 64 km/h representa los efectos sobre el vehículo en estudio de una colisión entre vehículos en la que cada uno viaja aproximadamente a 55 km/h. La diferencia en velocidad se debe a la energía absorbida por el frente deformable. La investigación en siniestralidad ha demostrado que esta velocidad de impacto cubre una proporción significativa de las colisiones graves y fatales.

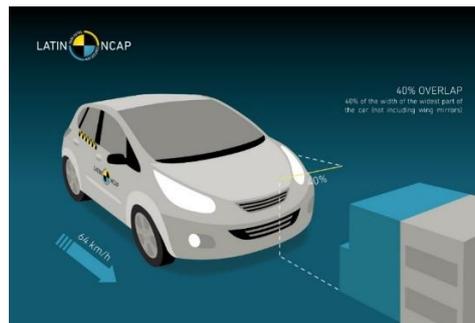


Figura 5: Representa un choque frontal Fuente: Latin NCAP

Los impactos laterales son la segunda causa más importante de muertes y lesiones graves en regiones como Europa. En comparación con los impactos frontales, existe muy poco espacio en el interior del vehículo para absorber la energía y, en consecuencia, las lesiones graves de la cabeza y del tórax son comunes.



Figura 6: Representa un choque lateral Fuente: Latin NCAP

Para poder determinar qué autopartes de recambio conviene producir, es necesario conocer este tipo de estadísticas. Piezas como paragolpes, guardabarros, baguetas laterales, espejos laterales, fenders, ópticas, parrillas, llantas, cubiertas, son algunas de las piezas que en mayor medida se encuentran expuestas al riesgo.

6 - Cálculo de capacidad de planta

A lo largo del estudio de mercado desarrollado anteriormente, se expusieron varias situaciones del parque automotor regional: por un lado, la relación entre la producción regional de vehículos y la necesidad de importar/producir autopartes, el parque automotor regional, la antigüedad de los vehículos circulantes, el potencial ciclo de vida de los vehículos para países en vías de desarrollo vs países desarrollados como los pertenecientes a la UE, el aporte económico a nivel PBI de la actividad automotriz, los vehículos más vendidos a nivel regional durante el año 2019 (como así también los segmentos, y países donde se producen), la cantidad de piezas de plástico inyectadas en un vehículo promedio, la tasa de siniestralidad y cuáles son los sectores más vulnerables a un daño de un automóvil. Basándonos en toda esta información recopilada de numerosos organismos, procederemos a seleccionar las piezas que se fabricarían, cuáles serían sus cantidades pronosticadas a lo largo de 10 años y qué porcentajes serán dedicados a la fabricación de nuevos vehículos y cuales al mercado de repuestos.

Para determinar una parte de la capacidad de planta, la relacionada a abastecimiento de piezas para producción de vehículos serie, seleccionaremos 5 de los principales 20 modelos de vehículos comercializados a nivel regional y agregaremos a 2 modelos que han comenzado a fabricarse de forma SERIE entre el año 2019 y el actual 2020 dado que son productos que, según las estadísticas, es muy probable que lideren sus respectivos segmentos en los próximos 2 a 3 años.

6.1 - Chevrolet Ónix: Reestiling 2016



Figura 7: Representa las piezas inyectables del Chevrolet Ónix Fuente: Propia

Piezas a fabricar:

- (1) Cachas protectoras de espejos crudo o pintada color carrocería. Derecha e izquierda.
- (2) Paragolpes delantero crudo o pintado color carrocería. Sin accesorios adicionales.

(3) Baguetas laterales crudo o pintadas color carrocería. Lateral derecho e izquierdo.

(4) Paragolpes trasero crudo o pintado color carrocería. Sin accesorios.

6.2 - Toyota Hilux: Reestiling 2016

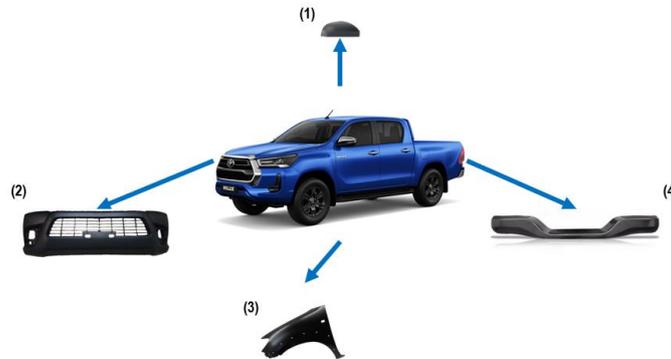


Figura 8: Representa las piezas inyectables de la pickup Hilux Fuente: Propia

Piezas a fabricar:

(1) Cachas protectoras de espejos crudo o pintada color carrocería. Derecha e izquierda.

(2) Paragolpes delantero crudo o pintado color carrocería. Sin accesorios adicionales.

(3) Guardabarros crudos o pintados color carrocería. Lateral derecho e izquierdo.

(4) Paragolpes trasero crudo o pintado color carrocería. Sin accesorios.

6.3 - Nissan Versa: Reestiling 2018

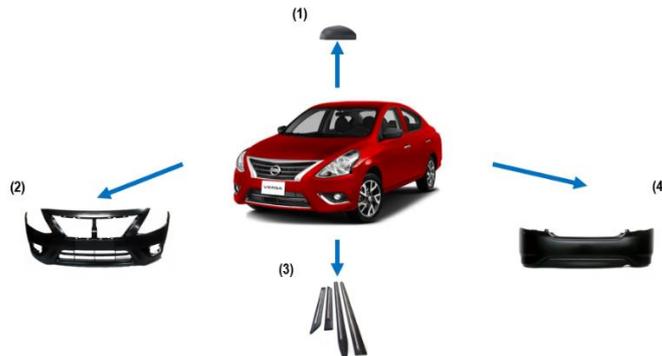


Figura 9: Representa las piezas inyectables del Nissan Versa Fuente: Propia

Piezas a fabricar:

(1) Cachas protectoras de espejos crudo o pintada color carrocería. Derecha e izquierda.

(2) Paragolpes delantero crudo o pintado color carrocería. Sin accesorios adicionales.

(3) Baguetas laterales crudo o pintadas color carrocería. Lateral derecho e izquierdo.

(4) Paragolpes trasero crudo o pintado color carrocería. Sin accesorios.

6.4 - Volkswagen GOL: Reestiling 2017



Figura 10: Representa las piezas inyectables del Volkswagen Gol Fuente: Propia

Piezas a fabricar:

- (1) Cachas protectoras de espejos crudo o pintada color carrocería. Derecha e izquierda.
- (2) Paragolpes delantero crudo o pintado color carrocería. Accesorios adicionales: parrilla y soportes busca huellas.
- (3) Baguetas laterales crudo o pintadas color carrocería. Lateral derecho e izquierdo.
- (4) Paragolpes trasero crudo o pintado color carrocería. Sin accesorios.

6.5 - Renault Kwid: Reestiling 2018



Figura 11: Representa las piezas inyectables del Renault Kwid Fuente: Propia

Piezas a fabricar:

- (1) Cachas protectoras de espejos crudo o pintada color carrocería. Derecha e izquierda.
- (2) Paragolpes delantero crudo o pintado color carrocería. Sin accesorios adicionales.
- (3) Baguetas laterales crudo o pintadas color carrocería. Lateral derecho e izquierdo.
- (4) Paragolpes trasero crudo o pintado color carrocería. Sin accesorios.

6.6 - Nuevo Chevrolet Cruze

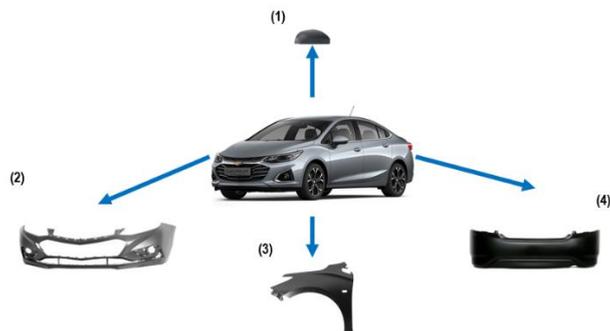


Figura 12: Representa las piezas inyectables del Chevrolet Cruze Fuente: Propia

Piezas a fabricar:

- (1) Cachas protectoras de espejos crudo o pintada color carrocería. Derecha e izquierda.
- (2) Paragolpes delantero crudo o pintado color carrocería. Sin accesorios adicionales.
- (3) Guardabarros crudos o pintados color carrocería. Lateral derecho e izquierdo.
- (4) Paragolpes trasero crudo o pintado color carrocería. Sin accesorios.

6.7 - Nuevo Peugeot 208



Figura 13: Representa las piezas inyectables del Peugeot 208 II Fuente: Propia

Piezas a fabricar:

- (1) Cachas protectoras de espejos crudo o pintada color carrocería. Derecha e izquierda.
- (2) Paragolpes delantero crudo o pintado color carrocería. Sin accesorios adicionales.
- (3) Guardabarros crudos o pintados color carrocería. Lateral derecho e izquierdo.
- (4) Paragolpes trasero crudo o pintado color carrocería. Sin accesorios.

6.8 - Pronóstico de ventas por producción SERIE a 10 años por modelo de vehículo y autoparte

En resumen, la capacidad de planta necesaria según el pronóstico basado en la producción de dichos vehículos a nivel regional se detalla a continuación.

Datos					Forecast de ventas por producción (unidades)									
Marca	Modelo	Planta	Exportación	Autoparte	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Chevrolet	Onix	Gravatai, Brasil	Si	Paragolpe delantero	150.000	200.000	180.000	162.000	97.200	58.320	34.992	10.498	3.149	945
Chevrolet	Onix	Gravatai, Brasil	Si	Paragolpe trasero	150.000	200.000	180.000	162.000	97.200	58.320	34.992	10.498	3.149	945
Chevrolet	Onix	Gravatai, Brasil	Si	Cachas espejos	300.000	400.000	360.000	324.000	194.400	116.640	69.984	20.995	6.299	1.890
Chevrolet	Onix	Gravatai, Brasil	Si	Baguetas laterales	600.000	800.000	720.000	648.000	388.800	233.280	139.968	41.990	12.597	3.779
Toyota	Hilux	Zárate, Argentina	No	Paragolpe delantero	100.000	150.000	135.000	121.500	72.900	43.740	26.244	7.873	2.362	709
Toyota	Hilux	Zárate, Argentina	No	Paragolpe trasero	100.000	150.000	135.000	121.500	72.900	43.740	26.244	7.873	2.362	709
Toyota	Hilux	Zárate, Argentina	No	Cachas espejos	200.000	300.000	270.000	243.000	145.800	87.480	52.488	15.746	4.724	1.417
Toyota	Hilux	Zárate, Argentina	No	Guardabarros laterales	200.000	300.000	270.000	243.000	145.800	87.480	52.488	15.746	4.724	1.417
Nissan	Versa	Aguascalientes, México	Si	Paragolpe delantero	90.000	100.000	90.000	81.000	48.600	29.160	17.496	5.249	1.575	472
Nissan	Versa	Aguascalientes, México	Si	Paragolpe trasero	90.000	100.000	90.000	81.000	48.600	29.160	17.496	5.249	1.575	472
Nissan	Versa	Aguascalientes, México	Si	Cachas espejos	180.000	200.000	180.000	162.000	97.200	58.320	34.992	10.498	3.149	945
Nissan	Versa	Aguascalientes, México	Si	Baguetas laterales	360.000	400.000	360.000	324.000	194.400	116.640	69.984	20.995	6.299	1.890
Volkswagen	Gol	Taubaté, Brasil	Si	Paragolpe delantero	80.000	78.000	70.200	63.180	37.908	22.745	13.647	4.094	1.228	368
Volkswagen	Gol	Taubaté, Brasil	Si	Paragolpe trasero	80.000	78.000	70.200	63.180	37.908	22.745	13.647	4.094	1.228	368
Volkswagen	Gol	Taubaté, Brasil	Si	Cachas espejos	160.000	156.000	140.400	126.360	75.816	45.490	27.294	8.188	2.456	737
Volkswagen	Gol	Taubaté, Brasil	Si	Accesorios paragolpes	160.000	156.000	140.400	126.360	75.816	45.490	27.294	8.188	2.456	737
Volkswagen	Gol	Taubaté, Brasil	Si	Baguetas laterales	320.000	312.000	280.800	252.720	151.632	90.979	54.588	16.376	4.913	1.474
Renault	Kwid	São José dos Pinhais, Brasil	Si	Paragolpe delantero	100.000	115.000	103.500	93.150	55.890	33.534	20.120	6.036	1.811	543
Renault	Kwid	São José dos Pinhais, Brasil	Si	Paragolpe trasero	100.000	115.000	103.500	93.150	55.890	33.534	20.120	6.036	1.811	543
Renault	Kwid	São José dos Pinhais, Brasil	Si	Cachas espejos	200.000	230.000	207.000	186.300	111.780	67.068	40.241	12.072	3.622	1.087
Renault	Kwid	São José dos Pinhais, Brasil	Si	Baguetas laterales	400.000	460.000	414.000	372.600	223.560	134.136	80.482	24.144	7.243	2.173
Chevrolet	Cruze	Rosario, Argentina	No	Paragolpe delantero	70.000	100.000	110.000	115.000	103.500	93.150	83.835	75.452	67.906	61.116
Chevrolet	Cruze	Rosario, Argentina	No	Paragolpe trasero	70.000	100.000	110.000	115.000	103.500	93.150	83.835	75.452	67.906	61.116
Chevrolet	Cruze	Rosario, Argentina	No	Cachas espejos	140.000	200.000	220.000	230.000	207.000	186.300	167.670	150.903	135.813	122.231
Chevrolet	Cruze	Rosario, Argentina	No	Guardabarros laterales	140.000	200.000	220.000	230.000	207.000	186.300	167.670	150.903	135.813	122.231
Peugeot	208	Buenos Aires, Argentina	No	Paragolpe delantero	70.000	85.000	110.000	125.000	112.500	101.250	91.125	82.013	73.811	66.430
Peugeot	208	Buenos Aires, Argentina	No	Paragolpe trasero	70.000	85.000	110.000	125.000	112.500	101.250	91.125	82.013	73.811	66.430
Peugeot	208	Buenos Aires, Argentina	No	Cachas espejos	140.000	170.000	220.000	250.000	225.000	202.500	182.250	164.025	147.623	132.860
Peugeot	208	Buenos Aires, Argentina	No	Guardabarros laterales	140.000	170.000	220.000	250.000	225.000	202.500	182.250	164.025	147.623	132.860
Total					4.960.000	6.110.000	5.820.000	5.490.000	3.726.000	2.624.400	1.924.560	1.207.224	929.038	788.895

Tabla 7: Representa el pronóstico de ventas de autopartes para Plantas automotrices - Fuente: Propia

6.9 - Pronóstico de ventas por recambio de autoparte a 10 años por modelo de vehículo y autoparte

En resumen, la capacidad de planta necesaria según parque automotor regional previsto.

Datos					Forecast de ventas por producción (unidades)									
Marca	Modelo	Planta	Exportación	Autoparte	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Chevrolet	Onix	Gravatái, Brasil	Si	Paragolpe delantero	11.400	26.600	40.280	52.592	59.979	64.412	67.071	67.869	68.108	68.180
Chevrolet	Onix	Gravatái, Brasil	Si	Paragolpe trasero	5.700	13.300	20.140	26.296	29.990	32.206	33.535	33.934	34.054	34.090
Chevrolet	Onix	Gravatái, Brasil	Si	Cachas espejos	10.830	25.270	38.266	49.962	56.980	61.191	63.717	64.475	64.703	64.771
Chevrolet	Onix	Gravatái, Brasil	Si	Baguetas laterales	21.660	50.540	50.540	40.432	32.346	25.876	20.701	16.561	13.249	10.599
Toyota	Hilux	Zárate, Argentina	No	Paragolpe delantero	7.600	19.000	29.260	38.494	44.034	47.359	49.353	49.952	50.131	50.185
Toyota	Hilux	Zárate, Argentina	No	Paragolpe trasero	3.800	9.500	14.630	19.247	22.017	23.679	24.677	24.976	25.066	25.092
Toyota	Hilux	Zárate, Argentina	No	Cachas espejos	7.220	18.050	27.797	36.569	41.833	44.991	46.886	47.454	47.625	47.676
Toyota	Hilux	Zárate, Argentina	No	Guardabarros laterales	7.220	18.050	27.797	36.569	41.833	44.991	46.886	47.454	47.625	47.676
Nissan	Versa	Aguascalientes, México	Si	Paragolpe delantero	6.840	14.440	21.280	27.436	31.130	33.346	34.675	35.074	35.194	35.230
Nissan	Versa	Aguascalientes, México	Si	Paragolpe trasero	3.420	7.220	10.640	13.718	15.565	16.673	17.338	17.537	17.597	17.615
Nissan	Versa	Aguascalientes, México	Si	Cachas espejos	6.498	13.718	20.216	26.064	29.573	31.678	32.942	33.321	33.434	33.468
Nissan	Versa	Aguascalientes, México	Si	Baguetas laterales	12.996	27.436	40.432	52.128	59.146	63.357	65.883	66.641	66.869	66.937
Volkswagen	Gol	Taubaté, Brasil	Si	Paragolpe delantero	6.080	12.008	17.343	22.145	25.026	26.754	27.792	28.103	28.196	28.224
Volkswagen	Gol	Taubaté, Brasil	Si	Paragolpe trasero	3.040	6.004	8.672	11.072	12.513	13.377	13.896	14.051	14.098	14.112
Volkswagen	Gol	Taubaté, Brasil	Si	Cachas espejos	5.776	11.408	16.476	21.038	23.775	25.417	26.402	26.698	26.786	26.813
Volkswagen	Gol	Taubaté, Brasil	Si	Accesorios paragolpes	5.776	11.408	16.476	21.038	23.775	25.417	26.402	26.698	26.786	26.813
Volkswagen	Gol	Taubaté, Brasil	Si	Baguetas laterales	11.552	22.815	32.952	42.075	47.549	50.834	52.804	53.395	53.573	53.626
Renault	Kwid	São José dos Pinhais, Brasil	Si	Paragolpe delantero	7.600	16.340	24.206	31.285	35.533	38.082	39.611	40.070	40.207	40.248
Renault	Kwid	São José dos Pinhais, Brasil	Si	Paragolpe trasero	3.800	8.170	12.103	15.643	17.767	19.041	19.805	20.035	20.104	20.124
Renault	Kwid	São José dos Pinhais, Brasil	Si	Cachas espejos	7.220	15.523	22.996	29.721	33.756	36.178	37.630	38.066	38.197	38.236
Renault	Kwid	São José dos Pinhais, Brasil	Si	Baguetas laterales	14.440	31.046	45.991	59.442	67.513	72.355	75.260	76.132	76.394	76.472
Chevrolet	Cruze	Rosario, Argentina	No	Paragolpe delantero	5.320	12.920	21.280	30.020	37.886	44.965	51.337	57.071	62.232	66.877
Chevrolet	Cruze	Rosario, Argentina	No	Paragolpe trasero	2.660	6.460	10.640	15.010	18.943	22.483	25.668	28.536	31.116	33.438
Chevrolet	Cruze	Rosario, Argentina	No	Cachas espejos	5.054	12.274	20.216	28.519	35.992	42.717	48.770	54.218	59.120	63.533
Chevrolet	Cruze	Rosario, Argentina	No	Guardabarros laterales	5.054	12.274	20.216	28.519	35.992	42.717	48.770	54.218	59.120	63.533
Peugeot	208	Buenos Aires, Argentina	No	Paragolpe delantero	5.320	11.780	20.140	29.640	38.190	45.885	52.811	59.043	64.653	69.702
Peugeot	208	Buenos Aires, Argentina	No	Paragolpe trasero	2.660	5.890	10.070	14.820	19.095	22.943	26.405	29.522	32.327	34.851
Peugeot	208	Buenos Aires, Argentina	No	Cachas espejos	5.054	11.191	19.133	28.158	36.281	43.591	50.170	56.091	61.420	66.217
Peugeot	208	Buenos Aires, Argentina	No	Guardabarros laterales	5.054	11.191	19.133	28.158	36.281	43.591	50.170	56.091	61.420	66.217
Total					206.644	461.825	679.321	875.812	1.010.290	1.106.103	1.177.368	1.223.285	1.259.403	1.290.555

Tabla 8: Representa el pronóstico de ventas de autopartes para Plantas automotrices - Fuente: Propia

El pronóstico de ventas por producción de vehículos fue confeccionado basándonos en las ventas del año 2019 y la producción de los años previos por modelo. Sin embargo, a comienzos de este año, el mercado global se está viendo altamente afectado por la pandemia del Covid-19. Esta situación coloca a los fabricantes autopartistas en un freno repentino de la producción y el consumo en diversos rubros relacionados con la industria automotriz. Lamentablemente, según medios especializados se espera un impacto negativo de consumo en, al menos, los próximos 2 años (tiempo en el que se estima que la vacuna se habrá aplicado a la mayoría de la población de riesgo). Es por ello que, durante los años 2021 hasta 2023 la producción de piezas no crecerá tan exponencialmente como podría haberse esperado pre-pandemia (y según los crecimientos obtenidos en experiencias de años anteriores). Sin embargo, a partir del año 2024 se espera una recuperación económica casi total a nivel regional y es por ello que las ventas retornarían a los niveles anteriores. Por otro lado, para poder proyectar las variaciones en la producción y en la demanda de autopartes hemos utilizado 3 (tres) coeficientes diferentes multiplicados por la producción de los últimos años:

- **Período de crecimiento:** La producción prevista se ve afectada por un coeficiente de 1,2 interanual.
- **Período de maduración:** La producción prevista se ve afectada por un coeficiente de 0,9 interanual.
- **Período de declive:** La producción prevista se ve afectada por un coeficiente de 0,6 interanual.
- **Período de muerte:** La producción prevista se ve afectada por un coeficiente de 0,3 interanual.

Por ejemplo, en el caso de los paragolpes delanteros del Chevrolet Ónix en el año 2021 se espera una producción de 150.000 unidades, y 10 (diez) años después, la misma será un remanente de 945 unidades.

Los modelos de vehículos seleccionados, además de ser los más vendidos y valorados por los consumidores en Latinoamérica durante el 2019, se encuentran en diferentes estadios del ciclo de vida. Hay modelos que recién están en etapa de introducción como el nuevo Chevrolet Cruze o como el nuevo Peugeot 208 mientras que otros están en su etapa de maduración/declive como el Volkswagen Gol.

Si bien al comienzo de este Trabajo Final de Grado hemos expuesto que existe cierta relación entre la producción de vehículos y la importación de autopartes, en la práctica, para un fabricante de autopartes, la producción de piezas continúa, en menor medida, pese al cese de la fabricación del vehículo. Como podremos observar en el gráfico a continuación, basándonos en los pronósticos, se produce un fenómeno muy particular:

Producción de vehículos vs mercado de repuestos previstos

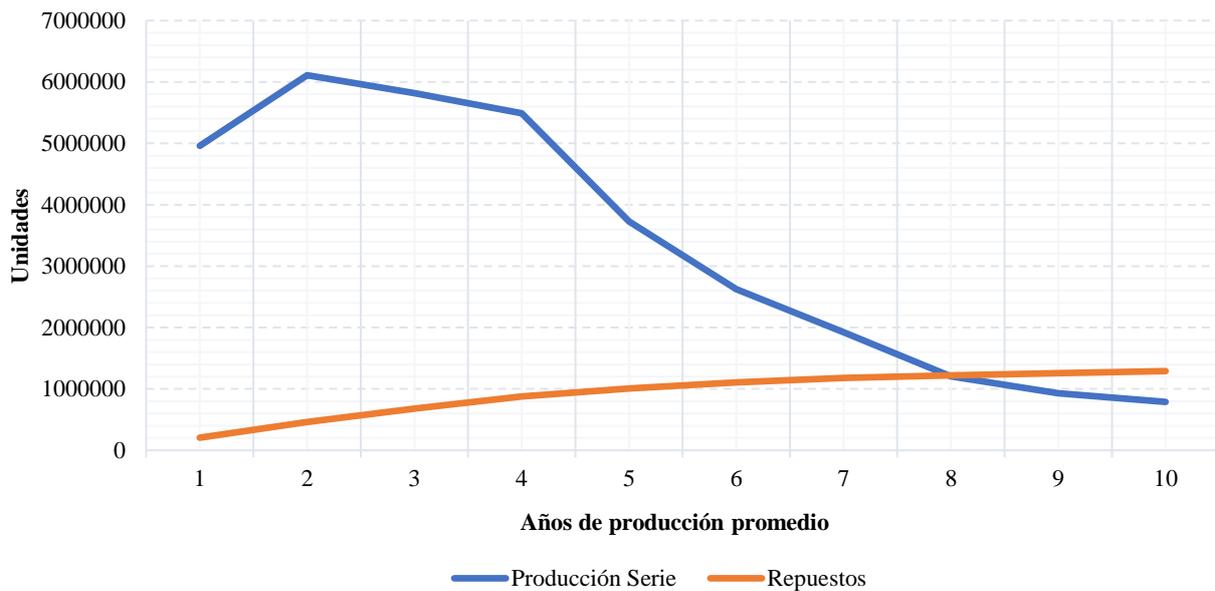


Figura 14: El gráfico muestra la relación entre la fabricación de autopartes para nuevos vehículos y la fabricación de autopartes para recambio - Fuente: Propia

Pese a que la producción de vehículos va mermando a lo largo de un período, la cantidad de repuestos posee un crecimiento levemente positivo año tras año. Analizando la información previa, podríamos inferir que este tipo de fenómenos sería más característico en regiones donde el parque automotor es más antiguo, dado que los consumidores conservan durante más años sus vehículos forzándolos a lograr a un ciclo de vida mayor al previsto y, por lo tanto, incrementando la exposición al riesgo (siniestros, problemas climáticos, deterioro lógico por el uso, etc.). Es por ello que, es muy importante para este tipo de rubro, propiciar condiciones seductoras para las plantas automotrices al inicio de los proyectos de fabricación de un vehículo en particular con el objetivo de garantizar una producción de autopartes duradera a lo largo de toda la región. Si una planta automotriz planea fabricar un vehículo nuevo en la región, la planta autopartista debe utilizar todos sus recursos para poder brindar la mejor solución, a la calidad y costo deseado.

7 - Definición de procesos y recursos necesarios

7.1 - Proceso de inyección

El proceso de inyección es muy utilizado para fabricar piezas de alto consumo. La materia prima se transforma en un producto terminado en, la mayoría de los casos, un solo paso. Con la inyección se pueden obtener piezas de variados pesos y geometrías complicadas. Para lograr la economía del proceso es decisiva la *cadencia*¹⁹ de fabricación.

Las características más importantes del proceso de inyección pueden ser las siguientes:

- Las piezas se obtienen en una sola etapa.
- Se necesita poco o ningún retrabajo sobre la pieza final obtenida.
- El proceso de inyección es totalmente automatizable y fácil de incorporar a una red industrial interna (Industria 4.0).
- Las condiciones de fabricación son fácilmente reproducibles.
- Las piezas acabadas pueden llegar a ser de alta calidad.

Sin embargo, para la inyección de plásticos, como el PVC, deben tenerse en cuenta las siguientes restricciones:

- Dimensiones de la pieza: No todas las inyectoras poseen la potencia necesaria para inyectar grandes volúmenes de materia prima según las piezas a fabricar (por ejemplo, paragolpes)
- Propiedades mecánicas: Las piezas deberán resistir las condiciones de uso para las cuales han sido destinadas durante un período de tiempo adecuado según las especificaciones de las plantas automotrices.
- Peso de la pieza: Es de gran importancia, sobre todo, porque está muy relacionada con las propiedades de ella.
- Tiempo de ciclo: Para poder aumentar la producción será necesario disminuir lo más posible el tiempo de ciclo de cada pieza.
- Consumo energético: Una disminución del consumo energético implicará un menor costo de producción.

¹⁹ *Cadencia*: piezas fabricadas por en un período de tiempo determinado.

El proceso de inyección sigue un orden de operaciones que se repite para cada una de las piezas. Este orden, se conoce como “Ciclo de inyección” y puede dividirse en las siguientes 4 (cuatro) etapas:

a) Cierre de molde

Con el cierre de molde se inicia el ciclo, preparándolo para recibir la inyección de la materia prima fundida. En esta etapa suele aplicarse la fuerza de cierre, que es aquella que hace la máquina para mantener cerrado el molde durante la inyección. Depende de la superficie proyectada de la pieza y de la presión real (también llamada Presión Específica), que se tiene en la cavidad del molde.

b) Inyección (puede dividirse en otras dos sub-etapas: “llenado” y “mantenimiento”)

Una vez cerrado el molde y aplicada la fuerza de cierre, se inicia la fase de llenado del molde (inyección). El husillo de la unidad inyectora inyecta la materia prima fundida, dentro del molde y a una presión elevada que suele depender de la dimensión y geometría de la pieza. Al inyectar, el husillo avanza sin rotación. La duración de esta etapa puede ser de décimas de segundo hasta varios segundos. La finalidad de esta fase es llenar el molde con una cantidad suficiente de material. En la inyección son muy importantes la velocidad de inyección, la presión y la temperatura.

La unidad de cierre mueve las dos mitades del molde para unirlos. Mediante una fuerza de ésta se cierra el molde herméticamente. La unidad de plastificación se mueve hacia el canal en el molde. La boquilla está abierta y el material que se encuentra delante del husillo es inyectado dentro del molde, por el movimiento de avance del mismo. Los sistemas hidráulicos deben ejercer grandes esfuerzos en la fase de inyección. Además de mantener la fuerza de cierre; han de ser capaces de inyectar el material dentro de la cavidad, a una presión elevada y precisa. Así, el sistema hidráulico debe superar la resistencia ofrecida por la boquilla y por el molde.

En el comienzo de la operación de inyección, el material fundido y homogeneizado está localizado en la cámara de inyección; de esta manera, la unidad de plastificación se desplaza contra el molde para dejar pasar material dentro del molde. El sistema hidráulico ejerce presión sobre el husillo, el cual se mueve axialmente. Esta presión hace que el mismo se mueva hacia delante o hacia la boquilla. El material se expulsa fuera de la cámara de inyección y se introduce en la cavidad dentro del molde. El material fundido solidifica dentro de la cavidad para que la pieza moldeada pueda ser expulsada. Los moldes usados para materiales termoplásticos están sujetos al control de temperatura (enfriamiento).

Tan pronto como el material que se moldea contacta con el molde en la operación de inyección, comienza a enfriarse y a solidificar. Por este motivo la inyección debe ocurrir rápidamente, con lo que la cavidad se llena mientras que el material se encuentre fundido.

La presión dentro del molde crece hasta un máximo valor, cuando ha sido transportado material suficiente; llenando completamente las cavidades (si bien, bajo ciertas condiciones, la presión máxima se puede alcanzar durante el mantenimiento). De esta manera, durante la inyección, las dos mitades del molde están completamente presionadas por el efecto de la fuerza de cierre. Ésta contrarresta a aquella que resulta de la inyección, ejercida desde el interior por el material. Si la presión de inyección dentro del molde es mayor que la fuerza de cierre, la línea de partición está forzada a abrirse; permitiendo al compuesto que se moldea escapar de la cavidad (con lo que se produce rebaba y se requiere un trabajo adicional con tal de eliminarla).

Durante el enfriamiento el material se contrae dentro del molde. Por este motivo se ha de añadir más material para que el volumen de la pieza sea el deseado. En esta fase de mantenimiento, que es posterior a la del llenado en la inyección, la presión interior de la pieza va disminuyendo. Esto ocurre ya que se va enfriando y aumentan las pérdidas de carga desde el husillo hasta el interior del molde. De esta manera, la velocidad de inyección del tornillo es baja porque tiene la finalidad de alimentar, con una cantidad suficiente de material, la cavidad; además de compensar las contracciones que sufre la pieza durante la solidificación.

Cuando la presión ha caído hasta el valor del entorno se puede dar por finalizada la fase de mantenimiento. Esta fase condiciona ciertas características de la pieza final, tales como el peso total, sus tolerancias dimensionales y características internas. Las variables que más afectan en esta fase son:

- Tiempo de mantenimiento de la segunda presión.
- La temperatura del molde.
- Nivel de presión de mantenimiento.
- Ajuste del tiempo de mantenimiento.

c) Plastificación o dosificación

Después de aplicar la presión de mantenimiento, comienza a girar el husillo; de forma que el material va pasando progresivamente de la tolva de alimentación a la cámara de inyección, homogeneizándose tanto su temperatura como su grado de mezcla. Esta fase se realiza en forma paralela a la etapa de enfriamiento, acelerando así el tiempo total de ciclo. A medida que el husillo va

transportando el material hacia delante, éste sufre un retroceso debido a la acumulación que se produce en la zona delantera. El retroceso del husillo finaliza cuando éste ha llegado a una posición definida con anterioridad. En este momento ya está todo preparado para poder inyectar la siguiente pieza. En la etapa de plastificación también intervienen otros factores importantes como:

- La velocidad de giro del husillo.
- La contrapresión.
- La succión.

La velocidad de giro del husillo debe escogerse en función del diámetro del mismo y de la viscosidad del material. La velocidad óptima, es aquella para la que el tiempo de carga es igual al tiempo de refrigeración que necesita la pieza inyectada. Un tiempo largo de carga provoca una masa fundida homogénea. Una velocidad excesivamente alta puede generar la presencia de infundidos y una homogeneización insuficiente del material en el interior del cilindro.

La contrapresión tiene como función principal, garantizar una adecuada plastificación y homogenización del material, también tiene como función, frenar el retroceso del husillo en la etapa de plastificación. Un aumento de la contrapresión implica que aumente el tiempo de plastificación, la compresión sobre el material y, por tanto, la cantidad de material acumulado y la temperatura de la masa fundida.

Al contrario, contrapresiones bajas pueden dar lugar a piezas inconsistentes y una insuficiente homogeneización del material. Por último, la succión se utiliza principalmente para reducir el goteo de material. Normalmente se suele trabajar con descompresión pequeña o nula.

d) Apertura de molde y expulsión de la pieza

Cuando se detecta que la materia prima ha alcanzado la temperatura denominada de extracción, el molde se abre y se expulsa la pieza de su interior para reiniciar el ciclo de inyección.

e) Enfriamiento

Esta fase comienza simultáneamente con la de llenado (inyección), dado que el material empieza a enfriarse tan pronto y toca la pared del molde. Finaliza cuando la pieza alcanza la temperatura adecuada para su extracción. De esta forma, esta fase del ciclo se solapa con las anteriores. En ocasiones es necesario esperar un tiempo, entre la etapa de plastificación y la de apertura de molde, para que se produzca el enfriamiento requerido de la pieza. El objetivo de ello es conseguir una

consistencia tal, que impida su deformación al ser expulsada. Las variables que más afecta en esta fase es la temperatura de molde.

A continuación, puede visualizarse un esquema básico de las partes que componen a una máquina inyectora.

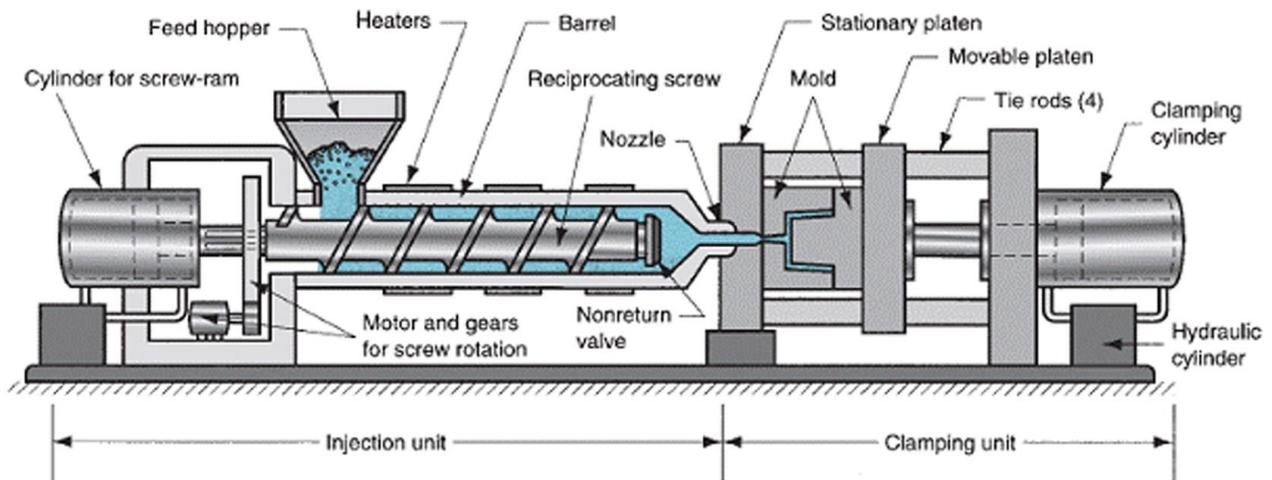


Figura 15: Representa un despiece de una inyectora estándar Fuente: Xcentric Mold & Engineering

7.2 - Defectos en los moldes

La mayor parte de quejas debidas a defectos de piezas de inyección de plástico puede ser atribuida a errores triviales del proceso de producción. Sin embargo, hay que decir que los errores estructurales tanto de la pieza inyectada como del molde, son a menudo la razón por la cual el molde no puede conseguir la calidad requerida de la pieza incluso cambiando los parámetros de proceso.

A continuación, se presenta una lista de algunos de los defectos estructurales más comunes, además de la descripción de los errores de proceso, para determinar si el defecto puede ser corregido cambiando los parámetros de proceso o bien si ha de ser modificado el molde:

1. Rechupes y vacuolas.

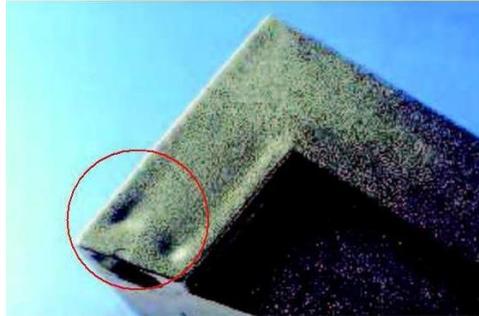


Figura 16: Fotografía que representa un rechupe - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com

2. Zona mate cerca de las esquinas o sobre el punto de colada.

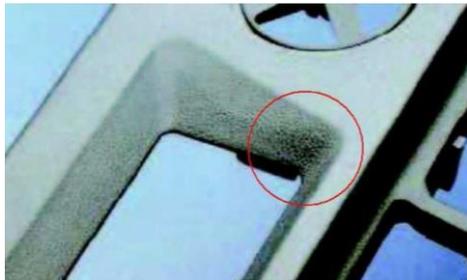


Figura 17: Fotografía que representa zonas mate - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com

3. Estrías (estrías quemadas, estrías de oxidación, vetas en el material).



Figura 18: Fotografía que representa un estrías - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com

4. Pulido no uniforme.



Figura 19: Fotografía que representa un pulido no uniforme - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com

5. Líneas de flujo.



Figura 20: Fotografía que representa líneas de flujo - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com

6. Jetting (efecto chorro).



Figura 21: Fotografía que representa un jetting - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com

7. Efecto Diesel (áreas quemadas por concentración de gases).

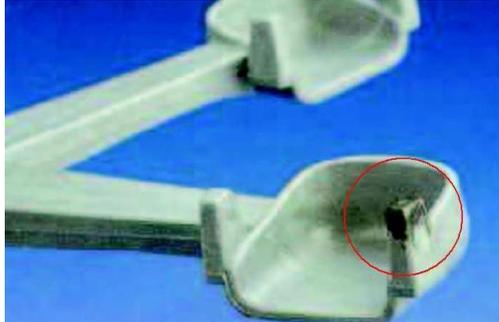


Figura 22: Fotografía que representa un efecto Diesel - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com

8. Delaminación en capas (pieles).



Figura 23: Fotografía que representa una delaminación - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com

9. Efecto stick-slip (irisados circulares o micro alas).

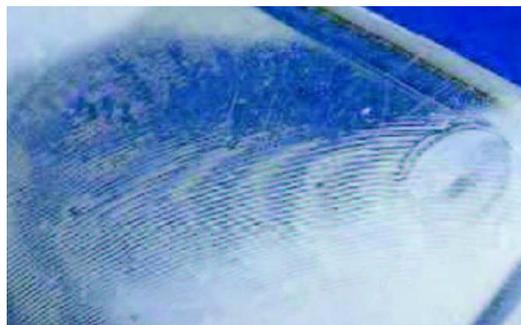


Figura 24: Fotografía que representa un efecto stick-slip - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com

10. Grietas o microgrietas.

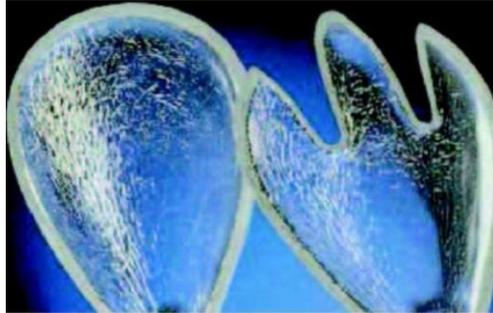


Figura 25: Fotografía que representa microgrietas - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com

11. Grietas de tensiones.

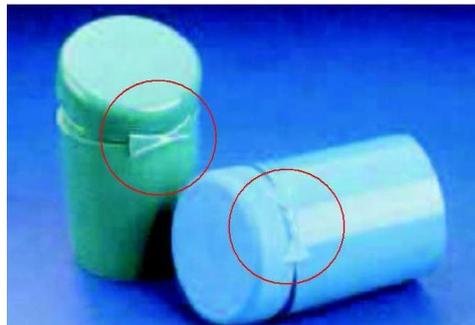


Figura 26: Fotografía que representa tensiones - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com

12. Falta de llenado completo de la pieza.



Figura 27: Fotografía que representa falta de llenado - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com

13. Deformación por la expulsión.



Figura 28: Fotografía que representa deformación por expulsión - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com

14. Deformación o pando (warping).

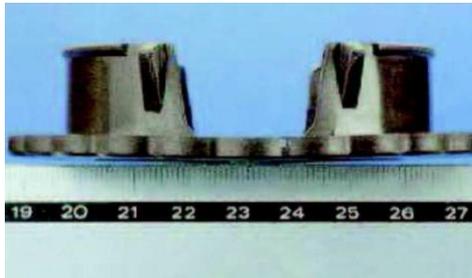


Figura 29: Fotografía que representa un warpage - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com

15. Material frío.



Figura 30: Fotografía que representa material frío - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com

16. Aire atrapado.



Figura 31: Fotografía que representa aire atrapado - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com

17. Manchas negras.

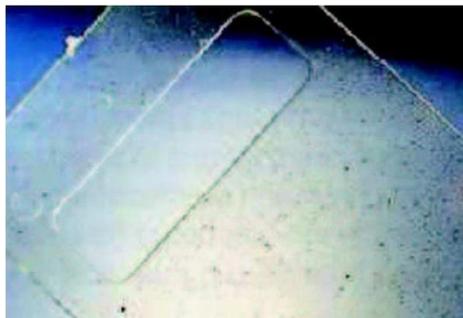
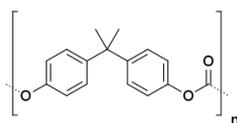


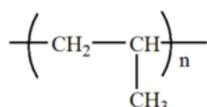
Figura 32: Fotografía que representa manchas negras - Fuente: tecnologiadelosplasticos.blogspot.com

Las terminales automotrices utilizan una pequeña variedad de plásticos para fabricar autopartes como paragolpes, embellecedores, cubre espejos, entre otros. Los más comunes incluyen *policarbonatos*²⁰, *polipropileno*²¹, *poliamidas*²², *poliésteres*²³, *poliuretanos*²⁴ y olefinas termoplásticas o TPOs. Los paragolpes actuales pueden contener una combinación de diferentes polímeros. El ejemplo más común, es la combinación de Polipropileno y de ABS²⁵. A través del PP se busca darle a la autoparte más flexibilidad, alta resistencia a la compresión y a la tracción, como así también resistencia a los elementos mientras que a través de la incorporación de ABS se busca darle más *tenacidad*²⁶ a baja temperatura y estabilidad dimensional.

20 Policarbonato: es un grupo de termoplásticos, fácil de trabajar, moldear y termoformar, utilizado ampliamente en la manufactura moderna. El nombre policarbonato hace referencia a que se trata de un polímero que presenta grupos funcionales unidos por grupos carbonato en una larga cadena molecular.

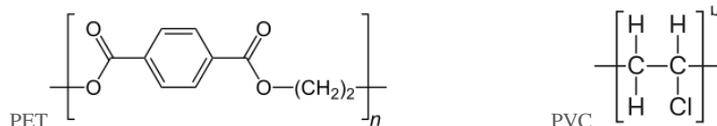


21 Polipropileno: es el polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno (o propeno). Perteneció al grupo de las poliolefinas y es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes. Tiene gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como contra álcalis y ácidos.



22 Poliamida: Una poliamida es un tipo de polímero que contiene enlaces de tipo amida. Las poliamidas se pueden encontrar en la naturaleza, como la lana o la seda, y también ser sintéticas, como el nylon o el Kevlar.

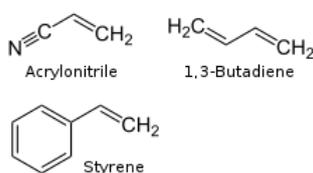
23 Poliéster: es una categoría de polímeros que contiene el grupo funcional éster en su cadena principal. El poliéster termoplástico más conocido es el PET. El PET está formado sintéticamente con etilenglicol más tereftalato de dimetilo, produciendo el polímero o politericoletano. Como resultado del proceso de polimerización, se obtiene la fibra, que en sus inicios fue la base para la elaboración de los hilos para coser y que actualmente tiene múltiples aplicaciones, como la fabricación de botellas de plástico que anteriormente se elaboraban con PVC.



24 Poliuretano: es un polímero que se obtiene de bases hidroxílicas combinadas con diisocianatos (en general se utiliza TDI o MDI). Los poliuretanos se clasifican en dos grupos, definidos por su estructura química, diferenciados por su comportamiento frente a la temperatura.

25 ABS: El acrilonitrilo butadieno estireno o ABS (por sus siglas en inglés Acrylonitrile Butadiene Styrene) es un plástico muy resistente al impacto (golpes) muy utilizado en automoción y otros usos tanto industriales como domésticos. Es un termoplástico amorfo.

Se le llama plástico de ingeniería o plástico de alta ingeniería de debido a que es un plástico cuya elaboración y procesamiento es más complejo que los plásticos comunes, como son las poliolefinas (polietileno, polipropileno).



26 Tenacidad: es la energía de deformación total que es capaz de absorber o acumular un material antes de alcanzar la rotura en condiciones de impacto, por acumulación de dislocaciones. Se debe principalmente al grado de cohesión entre moléculas.

Sin embargo, muchos de estos polímeros también son reciclables. Una gran parte de los paragolpes de Polipropileno, por ejemplo, se fabrican con material tomado de piezas anteriores, lo que aumenta la sostenibilidad de la producción de automóviles.

7.3 - Selección de maquinaria para la inyección de polipropileno en paragolpes, cachas y baguetas

Como hemos explicado anteriormente, la planta inyectora a instalar en la Argentina debe contar con tecnología de punta para poder competir en las mismas condiciones que los principales proveedores a nivel regional.

Con el objeto de poder fabricar las piezas mencionadas anteriormente, dada la complejidad geométrica y peso, serán necesarios dos modelos diferentes de inyectoras: un modelo dedicado a la fabricación de paragolpes y otro modelo dedicado a la fabricación de cachas y molduras externas.

Uno de los factores más importantes es la flexibilidad. Es decir, la capacidad que posee la máquina de reconfigurarse de acuerdo a nuevas necesidades a través de una mínima inversión. Por otro lado, dada la escala del proyecto planteado, será necesario contar con un excelente servicio técnico post-venta que se encargue de solucionar los inconvenientes de la forma más eficiente y eficaz posible. Por último, y no menos importante, debe estar el costo de la maquinaria.

Basándonos en las experiencias previas de fabricantes de autopartes, para la producción de paragolpes serán necesarias las siguientes especificaciones técnicas:

7.4 - Inyectora de paragolpes:

- Fuerza de cierre/sujeción entre 2.600 y 3.400 toneladas.
- Dimensión de platinas entre 2.400 x 2360 mm y 2.800 x 2760 mm.
- Espacio entre barras de unión: 1.800 x 820 mm a 2.020 x 1.820 mm.
- Altura mínima y máxima de molde/matriz: 900 - 1.800 mm.
- Diámetro de agujero de molde/matriz: hasta 340 mm.
- Velocidad máxima de rotación de tornillo: 90 RPM.
- Sistema de presión de 180 ATM o 2645 PSI.

- Potencia de motor: hasta 200 KW.
- Sensores de temperatura: hasta 10 sensores.
- Peso de la maquinaria: hasta 140 toneladas.
- Modo de operación: semi-automático / automático.
- Apto para industria 4.0.
- Bajo consumo energético.

7.5 - Inyectora de cachas y molduras externas:

- Fuerza de cierre/sujeción entre 800 y 1.100 toneladas.
- Dimensión de platinas entre 1.400 x 1.400 mm y 1.800 x 1.800 mm.
- Espacio entre barras de unión: 1.000 x 1.000 mm a 1.300 x 1.300 mm.
- Altura mínima y máxima de molde/matriz: 500 - 1.300 mm.
- Diámetro de agujero de molde/matriz: hasta 250 mm.
- Velocidad máxima de rotación de tornillo: 150 RPM.
- Sistema de presión de 170 ATM o 2500 PSI.
- Potencia de motor: hasta 120 KW.
- Sensores de temperatura: hasta 8 sensores.
- Peso de la maquinaria: hasta 50 toneladas.
- Modo de operación: semi-automático / automático.
- Apto para industria 4.0.
- Bajo consumo energético.

Entre las ofertas más convenientes del mercado, el fabricante de mayor reputación a nivel mundial de inyectoras es Chen Hsong. El Grupo Chen Hsong fue establecido por el Dr. Chen Chiang en 1958. Después de más de medio siglo de expansión sin fin, ha pasado de ser un pequeño taller de maquinaria a uno de los mayores fabricantes de máquinas de moldeo por inyección del mundo. Chen Hsong produce alrededor de 15,000 máquinas al año, aproximadamente 1 máquina vendida cada 10 minutos, con una base de clientes que cubre más de 90 países en todo el mundo, incluidos China, Taiwán, Estados Unidos, Canadá, Francia, Reino Unido, Alemania, Turquía, India, Brasil, Argentina, México y la mayoría de los países del sudeste asiático. En LATAM, el Grupo Chen Hsong brinda

servicios de post-venta y soporte técnico 7x24x365 a través de sus oficinas en las afueras de San Pablo, Brasil.

Aquellas maquinarias que se encuentren conectadas a la red, pueden recibir asistencia en tiempo real a partir de alertas remotas.

Actualmente poseen en oferta la siguiente gamma de productos:

Machine Model	US Tons	Platen Size (In)	Tie Rod Clearance (In)	Opening Stroke (In)	Max daylight (In)	Min-Max Mold Height (In)
SM700	771.6	59.05x59.05	40.15x40.15	47.24-74.80	90.55	15.74-43.3
SM850	937	66.14x66.14	46.06x46.06	49.21-78.74	96.45	17.71-47.24
SM1050	1157.4	70.86x70.86	50.39x50.39	51.18-82.67	102.36	19.68-51.18
SM1250	1378	76.77x74.8	54.33x50.39	59.05-90.55	110.23	19.68-51.18
SM1450	1598.3	78.74x78.74	57.87x53.93	64.96-96.45	118.11	21.65-53.15
SM1650	1818.8	85.03x83.46	61.81x57.87	66.92-98.42	122.04	23.62-55.11
SM1900	2094.4	90.55x88.97	65.74x61.02	66.92-98.42	125.98	27.55-59.05
SM2200	2425	94.98x90.55	75.59x71.65	70.86-98.42	125.98	27.55-62.99
SM2600	2866	106.29x102.36	75.98x68.11	74.80-102.36	149.6	31.49-66.92
SM3000	3307	110.23x108.66	79.52x71.65	82.67-118.11	153.54	35.43-70.86
SM3600	3968.3	118.11x114.17	85.43x75.59	86.61-125.98	165.35	39.37-78.74
SM4500	4960.4	129.92x123.22	95.67x82.67	90.55-133.85	177.16	43.3-86.61
SM5500	6062.7	139.76x132.67	103.15x88.58	102.36-149.6	196.85	47.24-94.48
SM6500	7165	149.6x142.91	108.66x94.48	106.29-153.54	204.72	51.18-98.42

Tabla 9: Representa los modelos disponibles de inyectoras del fabricante - Fuente: Chen Hsong América

Basándonos en las capacidades de cada maquinaria, los modelos más convenientes son el SM3000 para la inyección de paragolpes y el SM1050 para la inyección de cachas y molduras externas de PP (polipropileno) + ABS. A continuación, se detalla la ficha técnica de cada una de ellas:

7.6 - Inyectora SM 1050 (piezas chicas)

Especificaciones técnicas

CLAMPING UNIT	Inches	mm		
Clamping Force (US-Tons)	1157.4			
Opening Stroke	51.18-82.67	1300-2100		
Platen Size	70.86x70.86	1800x1800		
Space Between Tie Bars	50.39x50.39	1280x1280		
Min-Max Mold Height	19.68-51.18	500-1300		
Max daylight	102.36	2600		
Mold Register Hole	9.84	250		
Ejector Force (US-Tons)	13.78	13.78		
Stroke	350	476		
STANDARD INJECTION UNIT		N1	N2	
Screw Diameter	Inches	3.85	4.33	
	mm	98	110	
Screw L/D ratio	L/D	22	19.6	
Shot volume	In ³	230.05	289.8	
Shot size (PS)	Ounces	120.98	152.45	
	Grams	3430	4322	
Inj. Pressure (max)	PSI	26686	21175	
Inj. Rate	In ³ /sec	43.93	55.34	
Screw Stroke	Inches	19.68		
	mm	500		
Screw Rotation Speed (max)	RPM	130		
Nozzle Forward Force (max)	US-Tons	16.53		
Screw Diameter				
	Inches	3.85	4.33	
	mm	98	110	
Screw L/D ratio				
	L/D	22	19.6	
Shot volume				
	In ³	230.05	289.8	
Shot size (PS)				
	Ounces	120.98	152.45	
	Grams	3430	4322	
Inj. Pressure (max)				
	PSI	26686	21175	
Inj. Rate				
	In ³ /sec	43.93	55.34	
Screw Stroke				
	Inches	19.68		
	mm	500		
Screw Rotation Speed (max)				
	RPM	130		
Nozzle Forward Force (max)				
	US-Tons	16.53		
POWER				
System Pressure	PSI	2538		
Motor Power	KW (HP)	93 (126.4)		
Electric Heating Power	KW	48		
Temperature Control Zones		7+1		
OTHER INFORMATION WITH STANDARD INJECTION UNIT				
Oil tank Capacity	Gallon	476		
Machine Weight (Approx.)	Lbs	103617		
Machine Dimensions (L*W*H)	Inches	397x130x110		
	mm	10.1x3.3x2.8		
Standard Injection Unit		N		

Tabla 10: Representa las principales características técnicas de la inyectora SM1050 - Fuente: Chen Hsong América

Además, presenta soporte para industria 4.0 a través de un sistema desarrollado en su totalidad entre la empresa alemana Beckhoff y Chen Hsong. Posee un *ciclo de tiempo*²⁷ de 60 segundos por proceso de inyección. Según el fabricante, en condiciones ideales, la maquinaria posee un 0,5% de inactividad anual producto de mantenimientos correctivos no programados (fuente: <https://chenhsong.com/non-stop/>)



Figura 33: Fotografía de la inyectora SM1050 Fuente: <https://chenhsong.com>

²⁷ Ciclo de tiempo de inyección – Forma de cálculo: Se considera como ciclo de tiempo a la cantidad de segundos que pasan desde el inicio del proceso de inyección hasta que las piezas terminadas quedan disponibles para ser retiradas por el operario a cargo.

El importe final de adquisición en Argentina de la maquinaria es de aproximadamente \$17.450.000 AR o 226.930 USD (cambio oficial al 04/10/2020: 1 dólar estadounidense = 76,88 pesos argentinos – Fuente: Google Finance).

Según las capacidades de la maquinaria seleccionada, es posible obtener los siguientes resultados:

• <i>Procesos de inyección reales por hora</i> ²⁸	50
• Piezas inyectadas por hora	200
• Peso de polipropileno por hora	100 kg
• <i>Costo estimado del polipropileno + ABS por hora</i> ²⁹	\$ 7.000
• Consumo energético estimado por hora ³⁰	141 KWh
• <i>Costo energético en mercado mayorista estimado por hora</i> ³¹	\$ 769,65

En relación con el pronóstico de ventas realizado anteriormente, a continuación, se detallará el cálculo de cantidad de maquinarias que serán necesarios, teniendo como premisa dos turnos diarios de 6,5 hs de producción de lunes a viernes inclusive y bajo la regulación del convenio de trabajo número 419/05 establecido por UOYEP (Unión de Obreros y Empleados Plásticos) y teniendo en cuenta solamente las piezas chicas inyectadas (Cachas, baguetas exteriores y guardabarros):

- ∇ Máxima producción anual estimada (período 2021-2029): 4.750.000 piezas
- ∇ Producción mensual promedio: 350.000 piezas
- ∇ Producción diaria promedio: 19.775 piezas
- ∇ Capacidad de producción por máquina SM 1050 por dos turnos de 6,5 horas: 2.600 piezas
- ∇ Personal necesario por turno: 1 operario por máquina
- ∇ Cantidad de máquinas SM 1050 a instalar: 8 máquinas + 1 máquina de backup
- ∇ Costo total de maquinarias: 2.042.370 USD / 157 millones de pesos

²⁸ **Proceso de inyección real por hora – Forma de cálculo:** Se lo considera a la sumatoria del ciclo de tiempo de inyección y al tiempo operativo invertido para obtener la/s pieza/s inyectada/s. Por ejemplo, si la maquinaria tiene un ciclo de tiempo de 60 segundos, quiere decir que desde que el proceso de inyección inicia hasta que la pieza queda disponible para el retiro pasan 60 segundos. Sin embargo, el proceso de inyección real por hora se incluye también al tiempo de retiro de material por parte del operario para colocarlo en la estantería correspondiente.

²⁹ **Costo estimado de PP:** se estima que el precio por Kg de Polipropileno en formato de pellets equivale aproximadamente 1 dólar estadounidense.

³⁰ **Cálculo del consumo energético:** Se calcula mediante la sumatoria de potencia del motor de tornillo y de la resistencia de calentamiento por hora.

³¹ **Costo energético de mercado mayorista:** El costo energético medio por MWh en Argentina es de 71 dólares estadounidenses. Fuente: Informe de “Precio mayorista de la energía eléctrica” del Ministerio de Energía y Minería (<https://www.minem.gob.ar>)

7.7 - Inyectora SM 3000 (piezas grandes)

Especificaciones técnicas

CLAMPING UNIT		Inches	mm
Clamping Force (US-Tons)		3307	
Opening Stroke		82.67-118.11	2100-300
Platen Size		110.23x108.66	2800x2760
Space Between Tie Bars		79.52x71.65	2020x1820
Min-Max Mold Height		35.43-70.86	900-1800
Max daylight		153.54	3900
Mold Register Hole		12.4	315
Ejector Force (US-Tons)		19.68	19.68
Stroke		500	1163
STANDARD INJECTION UNIT		C1	C2
Screw Diameter	Inches	6.88	7.87
	mm	175	200
Screw L/D ratio	L/D	22	19.3
Shot volume	In ³	1408.36	1839.49
Shot size (PS)	Ounces	740.82	967.6
	Grams	21002	27431
Inj. Pressure (max)	PSI	23206	17839
Inj. Rate	In ³ /sec	120.21	142.73
Screw Stroke	Inches	37.79	
	mm	960	
Screw Rotation Speed (max)	RPM	83	
Nozzle Forward Force (max)	US-Tons	16.53	
POWER			
System Pressure	PSI	2538	
Motor Power	KW (HP)	195 (265.1)	
Electric Heating Power	KW	130	
Temperature Control Zones		7+1	
OTHER INFORMATION WITH STANDARD INJECTION UNIT			
Oil tank Capacity	Gallon	1163	
Machine Weight (Approx.)	Lbs	297624	
Machine Dimensions (L*W*H)	Inches	595x197x158	
	mm	15.1x5x4	
Standard Injection Unit		C	

Tabla 11: Representa las principales características técnicas de la inyectora SM3000 - Fuente: Chen Hsong América

Al igual que el modelo SM1050, presenta soporte para industria 4.0 a través de un sistema desarrollado en su totalidad entre la empresa alemana Beckhoff y Chen Hsong. Posee un ciclo de tiempo de 100 segundos por proceso de inyección. Según el fabricante, en condiciones ideales, la maquinaria posee un 0,5% de inactividad anual producto de mantenimientos correctivos no programados (fuente: <https://chenhsong.com/non-stop/>).



Figura 34: Fotografía de la inyectora SM3000 Fuente: <https://chenhsong.com>

El importe final de adquisición en Argentina de la maquinaria es de aproximadamente \$30.469.111 AR o 396.300 USD (cambio oficial al 04/10/2020: 1 dólar estadounidense = 76,88 pesos argentinos – Fuente: Google Finance).

Según las capacidades de la maquinaria seleccionada, es posible obtener los siguientes resultados:

• <i>Procesos de inyección reales por hora</i> ³²	30
• Piezas inyectadas por hora	60
• Peso de polipropileno + ABS por hora	180 kg
• <i>Costo estimado del polipropileno por hora</i> ³³	\$ 12.600
• <i>Consumo energético estimado por hora</i> ³⁴	325 KWh
• <i>Costo energético en mercado mayorista estimado por hora</i> ³⁵	\$ 1.774,01

En relación con el pronóstico de ventas realizado anteriormente, a continuación, se detallará el cálculo de cantidad de maquinarias que serán necesarios, teniendo como premisa dos turnos diarios de 6,5 hs de producción de lunes a viernes inclusive y bajo la regulación del convenio de trabajo número 419/05 establecido por UOYEP (Unión de Obreros y Empleados Plásticos) y teniendo en cuenta solamente las piezas grandes inyectadas (Paragolpes delantero y trasero):

- ∇ Máxima producción anual estimada (período 2021-2029): 1.825.632 piezas
- ∇ Producción mensual promedio: 152.136 piezas
- ∇ Producción diaria promedio: 7.607 piezas
- ∇ Capacidad de producción por máquina SM 3000 por dos turnos de 6,5 horas: 780 piezas
- ∇ Personal necesario por turno: 1 operario por máquina
- ∇ Cantidad de máquinas SM 3000 a instalar: 9 máquinas + 1 máquina de backup
- ∇ Costo total de maquinarias: 3.963.000 USD / 304,5 millones de pesos

³² **Proceso de inyección real por hora – Forma de cálculo:** Se lo considera a la sumatoria del ciclo de tiempo de inyección y al tiempo operativo invertido para obtener la/s pieza/s inyectada/s. Por ejemplo, si la maquinaria tiene un ciclo de tiempo de 60 segundos, quiere decir que desde que el proceso de inyección inicia hasta que la pieza queda disponible para el retiro pasan 60 segundos. Sin embargo, el proceso de inyección real por hora se incluye también al tiempo de retiro de material por parte del operario para colocarlo en la estantería correspondiente.

³³ **Costo estimado de PP:** se estima que el precio por Kg de Polipropileno en formato de pellets equivale aproximadamente 1 dólar estadounidense.

³⁴ **Cálculo del consumo energético:** Se calcula mediante la sumatoria de potencia del motor de tornillo y de la resistencia de calentamiento por hora.

³⁵ **Costo energético de mercado mayorista:** El costo energético medio por MWh en Argentina es de 71 dólares estadounidenses. Fuente: Informe de “Precio mayorista de la energía eléctrica” del Ministerio de Energía y Minería

7.8 - Control de calidad por muestreo sistemático de lotes

Como se ha desarrollado anteriormente, durante el proceso de inyección pueden ocurrir diversos inconvenientes que pueden afectar la calidad de las piezas inyectadas (Color, terminación superficial y dimensiones). Es por ello que será necesario contar con una estación trabajo que verifique la integridad de las piezas terminadas con el objetivo de que cada una de las piezas que salgan de la planta logren cumplir con los estándares de las plantas automotrices o autopartistas y evitar así el rechazo de lotes (bien a la primera). Dada la magnitud de fabricación de piezas, se tornaría inviable revisar minuciosamente cada una de las piezas fabricadas a través de un censo. Es por ello que, resulta más conveniente realizar un control por muestreo aleatorio sistemático de *lotes*³⁶. El macroproceso consiste básicamente en las siguientes operaciones:

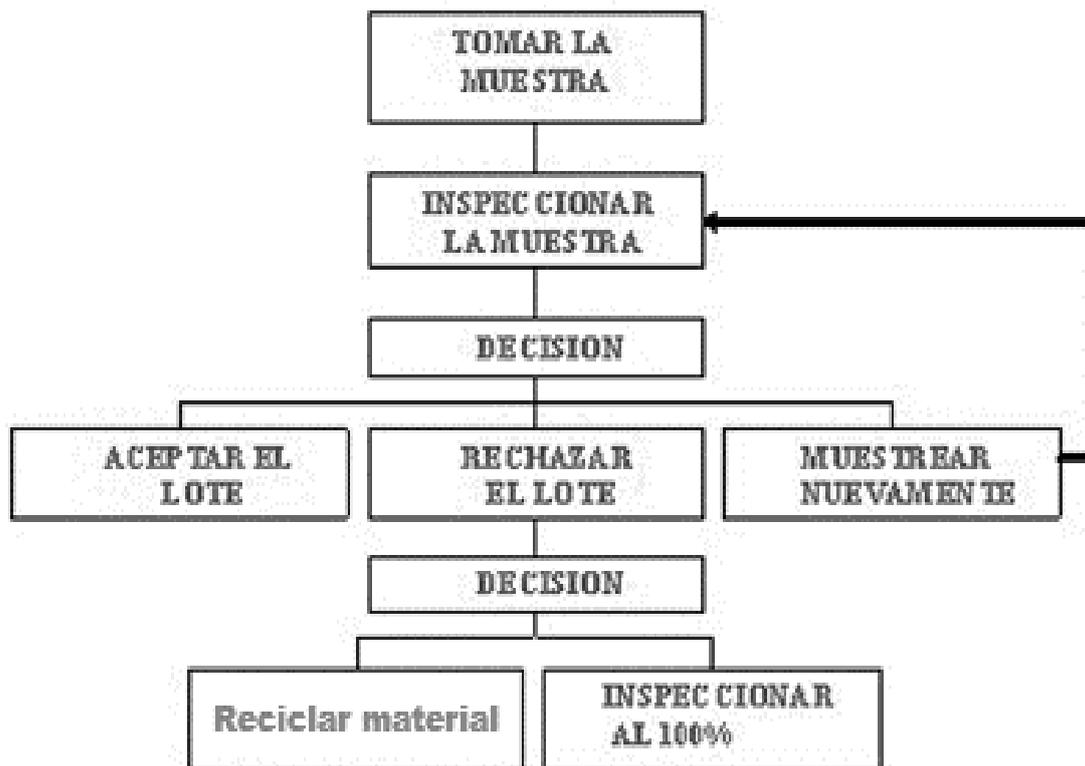


Figura 35: Flujograma de muestreo para control de calidad Fuente: Propia

³⁶ Lote: Es una cantidad especificada de material de características similares que es fabricada bajo condiciones de producción presumiblemente uniformes, que se somete a inspección como un conjunto unitario.

Como se trata de una población muy grande, debemos garantizar poder recorrer a la población de una forma más uniforme. Será necesario, por un lado, realizar un control de calidad para piezas grandes (paragolpes) y otro control para piezas chicas (cachas, baguetas, molduras externas) y por el otro lado, enumerar cada una de las mismas. El método consiste en retirar un elemento al azar como por ejemplo el “i” y luego aplicar la siguiente regla para determinar la pieza siguiente:

$$I ; I + k ; I + 2k ; \dots ; I + (n - 1)k$$

Donde:

- N es el tamaño de la población total
- n es el tamaño de la muestra
- k (constante) = $\frac{N}{n}$

Por ejemplo, en el caso de los paragolpes, donde cada lote consta de 60 piezas, si seleccionamos al azar al paragolpes nro. 15, los analistas deberían verificar los nro. 15; 35; 55 (considerando un tamaño de muestra de hasta 3 piezas).

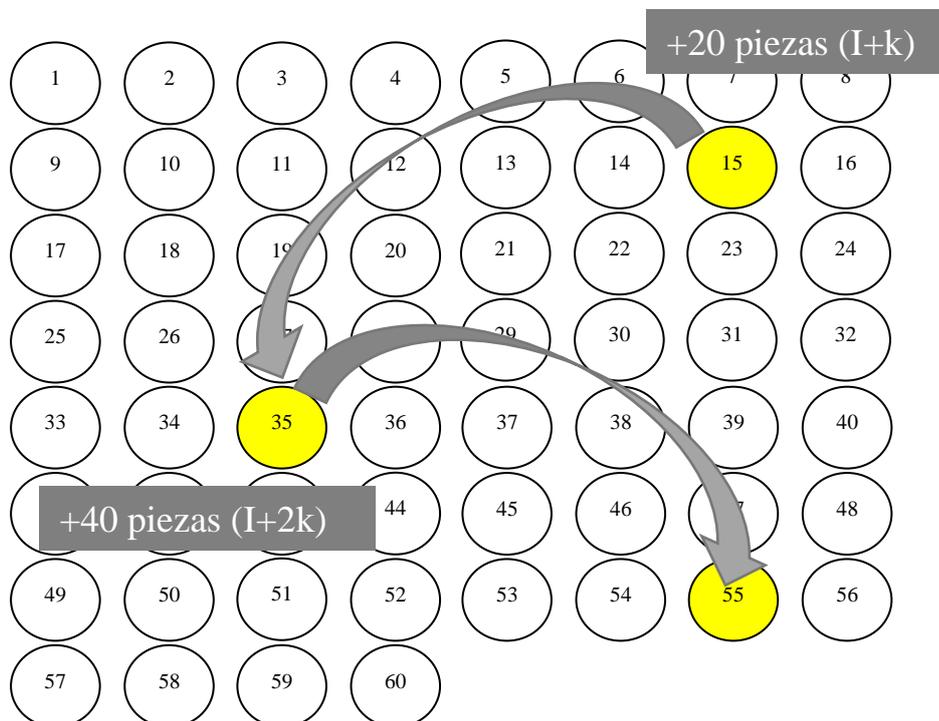


Figura 36: Cada círculo representa un paragolpe. Aquellos con color amarillo únicamente son inspeccionados Fuente: Propia

Para garantizar un alto nivel de calidad y evitar el rechazo de lotes, será necesario realizar un control cada hora de todos los lotes fabricados respetando el siguiente cronograma:

Cronograma de control

Turno mañana	07:00	08:00	Break	09:15	10:00	11:00	Almuerzo	13:00	Break	14:15	15:00
Turno tarde	15:30	16:30	(15 min)	17:45	18:30	19:30	(60 min)	21:30	(15 min)	22:45	23:30

7.8 - Capital humano necesario

Según experiencias anteriores, puede estimarse un tiempo de inspección y reparación (en caso que sea necesario) de 4 minutos para piezas grandes como los paragolpes y de 1 minuto por cada pieza chica como las cachas, baguetas y guardabarros. Si se extraen 3 piezas por lote (N=200 ; n=3), el sector debería verificar hasta 27 paragolpes (considerando 9 lotes diarios) y hasta 108 piezas chicas (considerando 9 lotes diarios):

Aplicando la siguiente fórmula, podría determinarse un estimado de analistas de calidad necesarios para poder cubrir la demanda en el plazo de una hora:

$$Q_{analistas} = \frac{\sum \text{Tiempo de inspección de total de piezas}}{60 \text{ minutos}}$$

Ecuación 2: Representa la fórmula de cálculo para obtener la cantidad de analistas de calidad por hora

Reemplazando con los tiempos presentados anteriormente:

$$Q_{analistas} = \frac{108 \text{ minutos (piezas grandes)} + 108 \text{ minutos (piezas chicas)}}{60 \text{ minutos}} = 4$$

Los analistas deben inspeccionar las piezas en busca de defectos de fabricación que comprometan la calidad demandada por el cliente. Aquellos defectos que no comprometan la calidad, no deben ser tenidos en cuenta. Sin embargo, todos resultados obtenidos deben ser registrados y cuantificados oportunamente a través de un Gráfico de Control X-R con el objetivo de poder tener un detalle de cómo está siendo la calidad en la producción. Mientras que los resultados se encuentren dentro de los límites permitidos (límite inferior y límite superior), el proceso se encuentra bajo control.

Si se exceden esos límites, el proceso se encuentra fuera de control y será necesario frenar la producción para evitar tiradas defectuosas e incrementar el retrabajo a posterior (costo de la no calidad). A continuación, se detalla un ejemplo de gráfico de control:

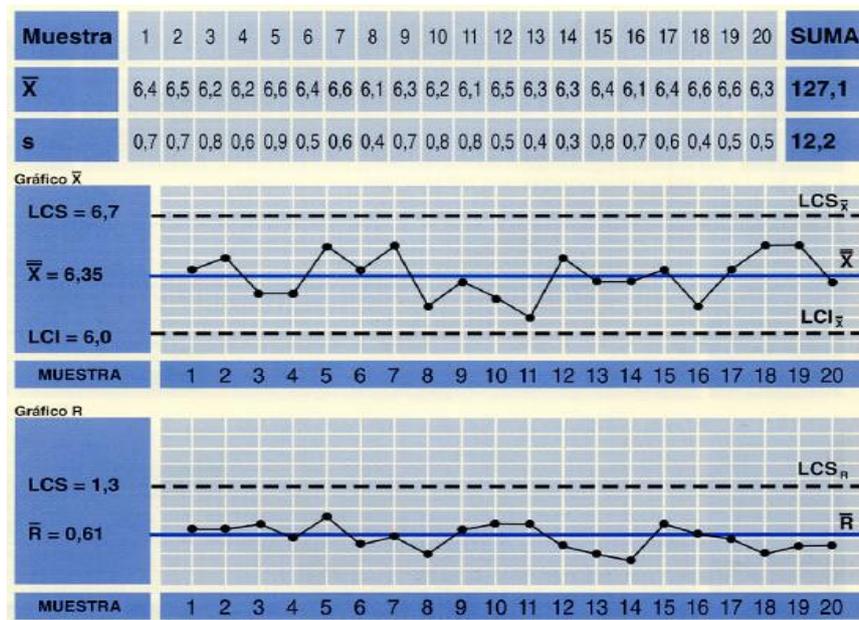


Figura 37: Representa un proceso en control Fuente: Propia

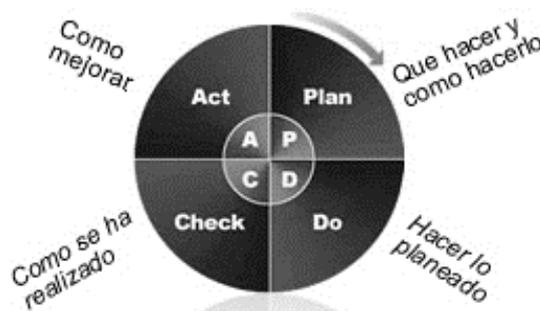
En la actualidad existen numerosas herramientas basadas en *Lean Manufacturing* ³⁷ como el *PDCA* ³⁸ (Plan-do-check-Act) desarrollado por E. Demings, el “5 Porqué” ³⁹ y el “Diagrama de Ishikawa” ⁴⁰ para determinar la causa raíz de los problemas y desarrollar la solución permanente.

Sin embargo, no todos los defectos de las piezas derivan en desechar la pieza como hemos mencionado anteriormente. En el caso de defectos menores, el sector de control de calidad debe disponer de las herramientas necesarias para poder “retrabajar” la/s pieza/s en cuestión. Por ejemplo, en el caso de pequeñas rebarbas, es posible eliminarlas a través del uso de un soplete:

³⁷ **Lean Manufacturing:** La producción Lean es un modelo de gestión que se enfoca en minimizar las pérdidas de los sistemas de manufactura al mismo tiempo que maximiza la creación de valor para el cliente final. Para ello utiliza la mínima cantidad de recursos, es decir, los estrictamente necesarios para el crecimiento.

³⁸ **PDCA:** constituye una estrategia de mejora continua de la calidad en cuatro pasos, también se lo denomina espiral de mejora continua y es muy utilizado por los diversos sistemas utilizados en las organizaciones para gestionar aspectos tales como calidad (ISO 9000), medio ambiente (ISO 14000), salud y seguridad ocupacional (OHSAS 18000), o inocuidad alimentaria (ISO 22000):

- **PLAN (Planificar):** Establecer los objetivos y procesos necesarios para obtener los resultados de acuerdo con el resultado esperado. Al tomar como foco el resultado esperado, difiere de otras técnicas en las que el logro o la precisión de la especificación es también parte de la mejora.
- **DO (Hacer):** Implementar los nuevos procesos. Si es posible, en una pequeña escala.
- **CHECK (Verificar):** Pasado un período previsto con anterioridad, volver a recopilar datos de control y analizarlos, comparándolos con los objetivos y especificaciones iniciales, para evaluar si se ha producido la mejora esperada. Se deben documentar las conclusiones.
- **ACT (Actuar):** Modificar los procesos según las conclusiones del paso anterior para alcanzar los objetivos con las especificaciones iniciales, si fuese necesario. Aplicar nuevas mejoras, si se han detectado errores en el paso anterior. Documentar el proceso.



³⁹ **Cinco Porqué:** es un método basado en realizar preguntas para explorar las relaciones de causa-efecto que generan un problema en particular. Esta técnica se utilizó por primera vez en Toyota durante la evolución de sus metodologías de fabricación.

⁴⁰ **Diagrama de Ishikawa:** también llamado diagrama de cola de pescado, diagrama de causa-efecto, consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha.



Figura 38: Fotografía de una planta inyectora y la estación de control de calidad a la izquierda Fuente: Chen Hsong

Aquellas piezas que no logren ser “salvadas” no serán consideradas Scrap, deberán molerse y ser incorporadas nuevamente como materia prima ya que, en el caso del Polipropileno, es posible su reutilización.

7.10 - Selección de maquinaria para taller de pintura

No todas las piezas requieren de una capa de pintura para considerarse un producto terminado, por ejemplo, ninguna de las piezas que se fabricarán para abastecer de repuestos el parque automotor se entrega pintada. En contra partida, un alto porcentaje de las piezas orientadas a la producción serie de vehículos deben ser entregadas pintadas según las especificaciones de las terminales. Es por ello que la planta de inyección deberá contar con un taller de pintura. En el mercado actual existen dos grandes corrientes respecto de la selección de la base de pintura: la más antigua y menos ecológica, base disolvente, mientras que la más actual y ecológica es basada en agua. La mayor ventaja de las pinturas en base agua es que no contienen altas cantidades de disolventes y que gozan de buen poder de cubrimiento, por ejemplo, con un litro de mezcla listo para aplicar con su viscosidad adecuada, se consigue pintar hasta 12 m² con un espesor de aproximadamente 12 micras mientras que en el sistema convencional se pintan 7 m² con un espesor de 17 micras aproximadamente. Otras de las ventajas de este sistema son:

- Métodos sencillos de preparación y aplicación, por ser procesos similares a los de las pinturas base disolvente.
- Bajo costo de instalación y tratamiento de efluentes.
- Permite reducir en un 95% los residuos producidos. Con la utilización de un coagulante en polvo, se logra separar el componente sólido (resina y pigmentos) del líquido (agua), de la pintura sobrante. El agua reciclada se puede utilizar para la limpieza de equipos.
- Los recubrimientos a base de agua son menos tóxicos, tienen menores niveles de CO₂ y son menos inflamables.
- Su uso reduce las emisiones contaminantes en el aire, afectan menos la salud y la seguridad de los trabajadores.
- El esfumado o difuminado de colores complicados es más sencillo.

7.11 - El proceso de pintura consta de 6 grandes etapas:

1. Preparación de superficie:

La limpieza y el desengrasado es el paso imprescindible del proceso de preparación de la superficie a pintar. Esta limpieza elimina todos los residuos y contaminantes que se depositan en la pintura con el paso del tiempo y el uso. Para esta operación será necesaria agua, desengrasantes y paño de algodón.

2. Lijado

Luego de limpiar la superficie, se procede a efectuar un suave lijado de las superficies a pintar identificando las áreas con formas geométricas complicadas con el objetivo que a posterior la pintura logre la misma adherencia en toda la superficie de la pieza.

3. Aplicación de base Primer y lijado suave

Es una pintura de alto contenido en sólidos con gran capacidad de relleno y de fácil lijado. Esta capa garantiza una correcta adhesión a la capa posterior de pintura color. Debe ser lijada suavemente a mano con lija grano 400.

4. Aplicación de pintura bicapa

Es la pintura que define el color final de la pieza. El tiempo de demora de secado en condiciones óptimas de humedad, temperatura y flujo de aire, puede llegar a ser de hasta 15 minutos.

5. Aplicación de barniz o laca

Es una capa transparente que se aplica para darle el brillo característico a la pintura bi-capa.

6. Pulido final

La fase de pulido consiste en devolver el brillo a aquella zona que ha sido laqueada o barnizada. Lo más apropiado es disponer de una pulidora. Se recomienda usar pulidor fino (Massa de pulir).

7.12 - Sistema de secado Venturi

La diferencia con la tecnología convencional (base solvente) radica en que, principalmente, el caudal y la velocidad del aire deben ser aumentados debido a la más lenta evaporación del agua comparada con la de los solventes. En este sentido, el sistema Venturi tiene el mismo principio de una cabina/horno, sólo que, focalizando la dirección del aire sobre una zona específica, lo cual se logra con el montaje de estructuras con surtidores (Venturis), o inclusive mediante el uso de pistolas de soplado manuales, direccionados hacia la superficie que se quiere secar. Esta tecnología aumenta la productividad de la cabina de pintura, sobre todo cuando esta no cumple con los requerimientos para el secado de pinturas base agua (caudal de 20.000 m³/h en adelante, y velocidad del aire igual o superior a los 0,4 m/s).



Figura 39: Esquematización del funcionamiento del sistema Venturi en una cabina de pintura base acuosa Fuente: Propia

7.13 - Capital Humano necesario

Según el pronóstico de ventas desarrollado anteriormente, la máxima producción de piezas destinada a las plantas automotrices en el período 21-29 es de 6.110.000 anuales. En ese escenario, se espera una producción total máxima diaria de 25.459 piezas. Suponiendo que solamente necesitan ser pintadas un 70%, estamos hablando de 17.820 piezas, de las cuales el 30% corresponde a paragolpes y el 70% restante a piezas chicas. Teniendo en cuenta que cada 24 hs, las horas productivas son aproximadamente 13 hs (sin tener en cuenta paradas de línea eventuales y siendo de lunes a viernes), sería necesario pintar 410 paragolpes y 960 piezas chicas por hora. de secado).

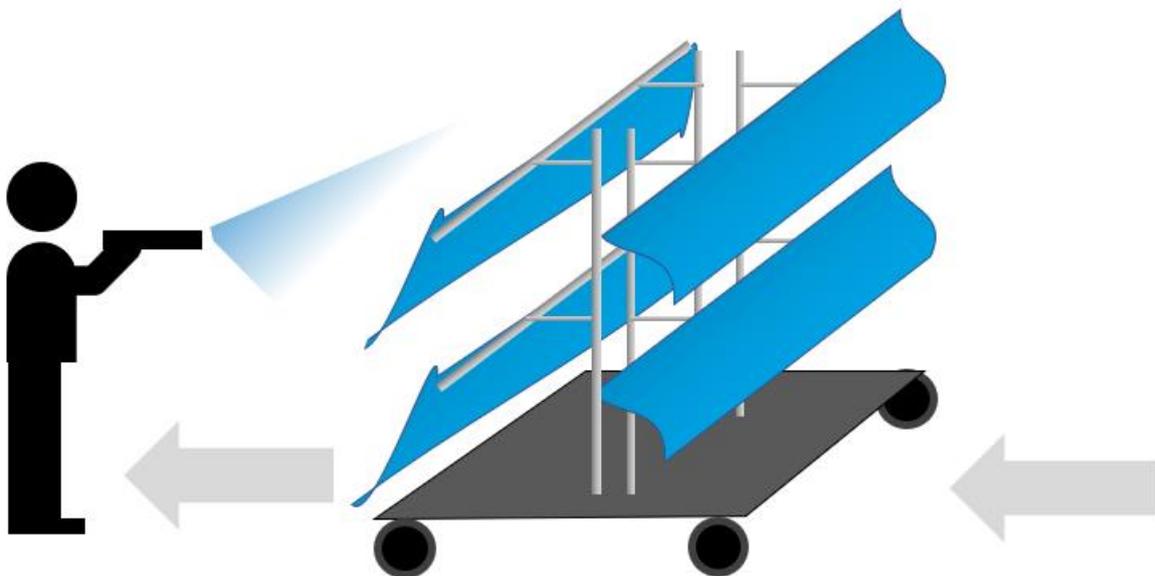


Figura 40: Representación gráfica del medio de paragolpes, su sentido y el operario de pintura Fuente: Propia

Para calcular la cantidad de pintores necesarios desarrollaremos continuación una simulación del proceso en condiciones de máxima demanda y sin tener en cuenta eventuales paradas de línea a través de Redes de Petri ⁴¹ y el software libre de simulación llamado “HPsim”. Las condiciones iniciales para la simulación fueron las siguientes:

- Place 1: Representa al stock disponible de paragolpes sin pintar: 9999 piezas

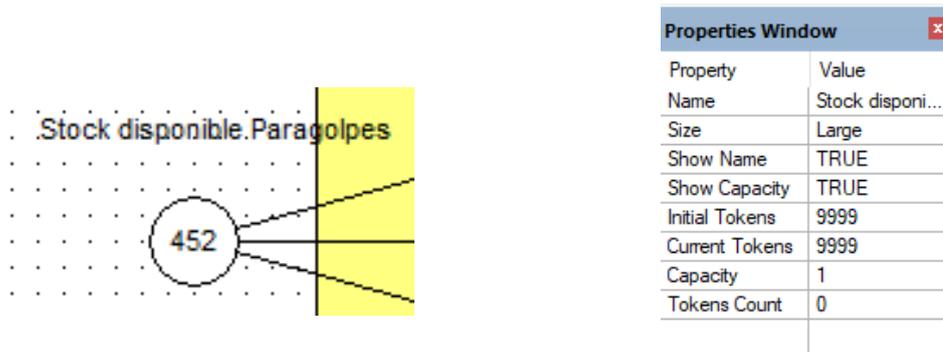


Figura 41: Representación gráfica de la entidad, sentido y propiedades Fuente: Propia

- Place 2: Representa al stock disponible de piezas chicas sin pintar: 9999 piezas

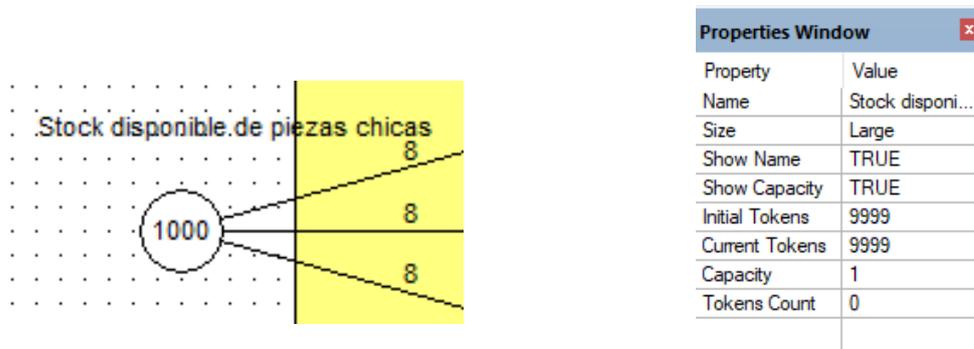


Figura 42: Representación gráfica de la entidad, sentido y propiedades Fuente: Propia

Aclaración: En ambos casos, la cantidad inicial de los lugares 1 y 2 no tienen relevancia en la simulación, pero sí, como restricción, ambos deben ser mayores a 410 paragolpes y 970 piezas chicas (representan la producción máxima posible en una hora)

⁴¹ Red de Petri: es una representación matemática o gráfica de un sistema a eventos discretos en el cual se puede describir la topología de un sistema distribuido, paralelo o concurrente.

Una red de Petri está formada por lugares, transiciones, arcos dirigidos y marcas o fichas que ocupan posiciones dentro de los lugares. Las reglas son: Los arcos conectan un lugar a una transición, así como una transición a un lugar. No puede haber arcos entre lugares ni entre transiciones. Los lugares contienen un número finito o infinito contable de marcas. Las transiciones se disparan, es decir consumen marcas de una posición de inicio y producen marcas en una posición de llegada. Una transición está habilitada si tiene marcas en todas sus posiciones de entrada.

- Place 3: Representa el stock disponible de piezas con una mano de Primer. En el caso de los paragolpes debe ser de 120 (que serían 30 medios) y el caso de las piezas chicas de 240 (que serían otros 30 medios).

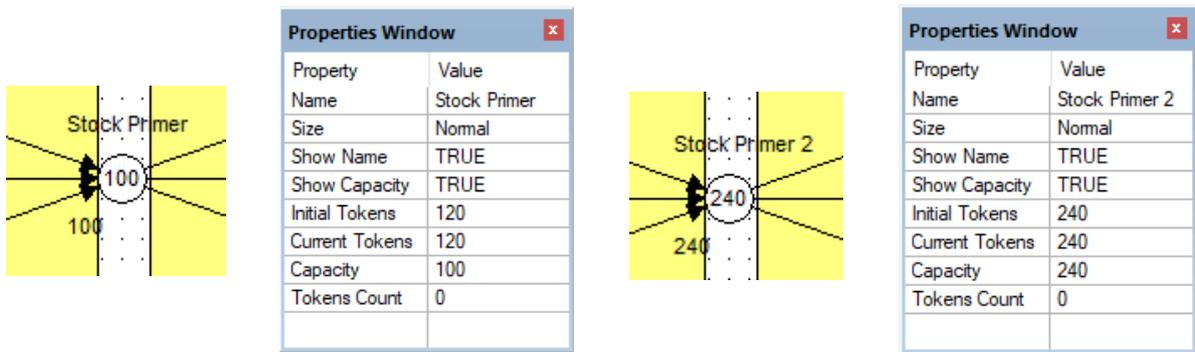


Figura 43: Representación gráfica de la entidad, sentido y propiedades Fuente: Propia

- Place 4: Representa al stock disponible de piezas tintadas, es decir, con una mano de Primer y con otra mano de tinta de color. En el caso de los paragolpes debe ser de 120 (que serían 30 medios) y el caso de las piezas chicas de 240 (que serían otros 30 medios).

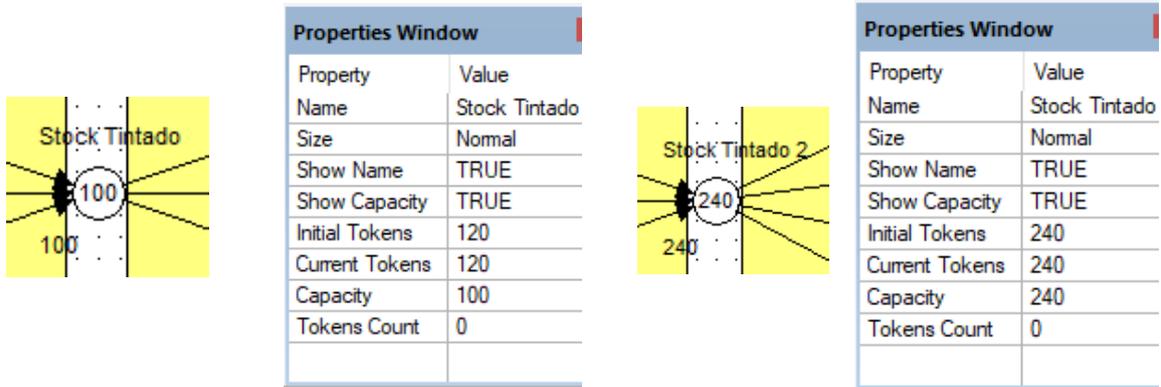


Figura 44: Representación gráfica de la entidad, sentido y propiedades Fuente: Propia

- Place 5: Representa el stock disponible de producto terminado (laqueado). El máximo posible en la simulación fue de 410 piezas en paragolpes (que representa una hora de máxima producción) y de 970 piezas chicas (que representa una hora de máxima producción).

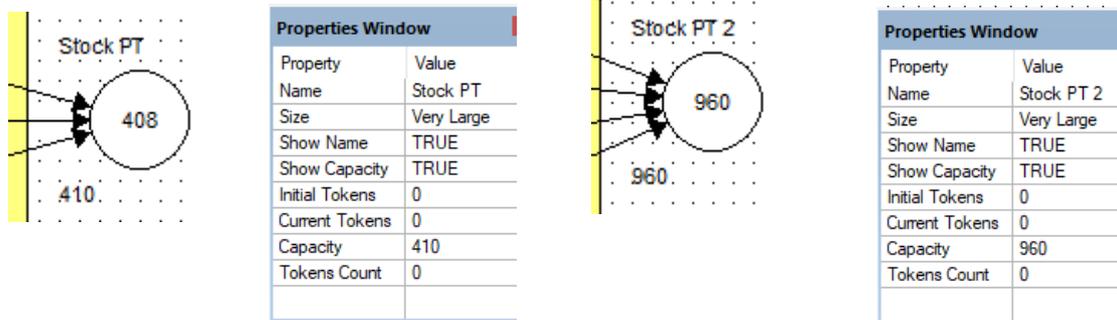


Figura 45: Representación gráfica de la entidad, sentido y propiedades Fuente: Propia

- Arc 1: Representa la cantidad de paragolpes que pueden ser transportados en un medio. Cada medio transporta 4 paragolpes juntos (como muestra la figura 37). Cada arco representaría un medio.

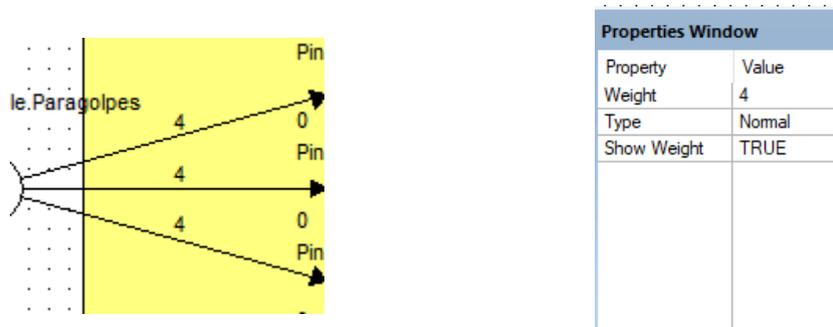


Figura 46: Representación gráfica de la entidad, sentido y propiedades Fuente: Propia

- Arc 2: Representa la cantidad de piezas chicas que pueden ser transportadas en un medio. En este caso, el medio puede albergar hasta 8 piezas chicas juntas. Cada arco, representaría un medio.

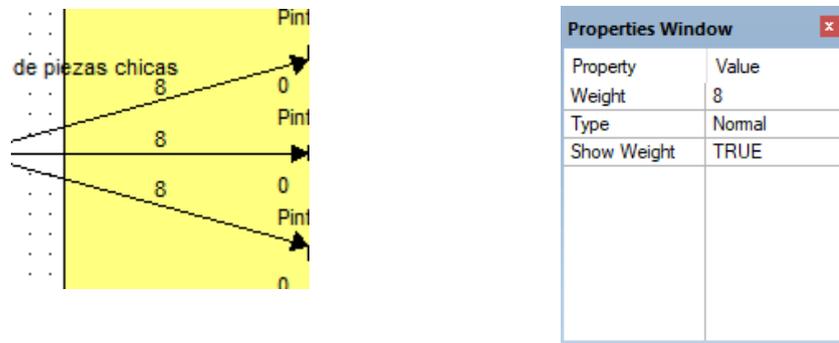


Figura 47: Representación gráfica de la entidad, sentido y propiedades Fuente: Propia

- Transition 1: Representa cada pintor dentro del proceso. Como hemos desarrollado anteriormente, cada medio compuesto por 4 paragolpes o por 8 piezas chicas puede ser pintado con primer, tinta o laca en aproximadamente 4 minutos.

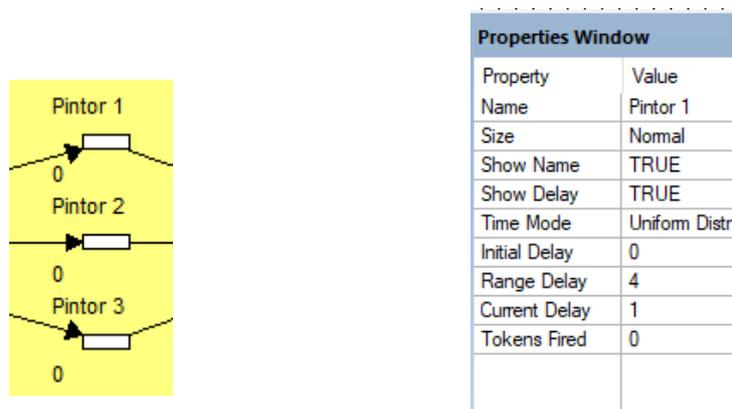


Figura 48: Representación gráfica de la entidad, sentido y propiedades Fuente: Propia

La Red de Petri completa se muestra a continuación:

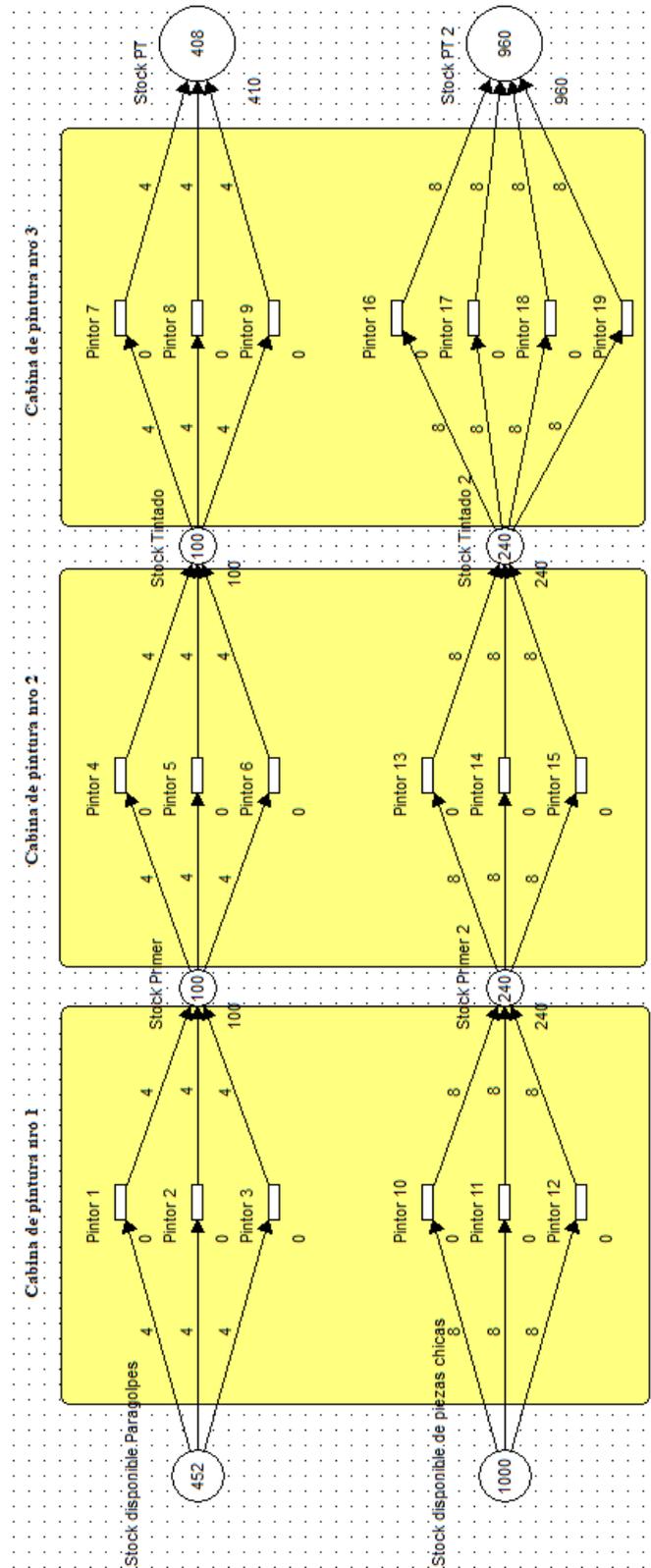


Figura 49: Representación gráfica la red de Petri completa Fuente: Propia

A continuación, se detalla un extracto inicial y final de los datos obtenidos en la simulación:

Simulation Data generated by HPSim Oct-08-2020 00:10:06										
Count/ Steps	Time/ min	Stock disponible Paragolpes	Stock Primer	Stock Tintado	Stock PT	Stock disponible de piezas chicas	Stock Primer 2	Stock Tintado 2	Stock PT 2	
1	1	820	120	120	0	1960	240	240	0	
2	1	820	120	120	0	1960	240	232	8	
3	1	820	120	120	0	1960	240	224	16	
4	2	820	120	120	0	1960	240	224	16	
5	2	820	120	116	4	1960	240	216	24	
6	2	820	120	112	8	1960	240	216	24	
7	3	820	120	112	8	1960	240	216	24	
8	3	820	120	108	12	1960	232	216	32	
9	3	820	120	104	16	1952	232	216	40	
10	3	820	120	104	16	1952	224	216	48	
11	3	820	120	104	16	1952	216	216	56	
12	3	820	120	104	16	1952	208	216	64	
13	3	820	120	104	16	1952	200	216	72	
14	3	820	120	104	16	1952	200	208	80	
15	4	820	120	104	16	1952	200	208	80	
16	4	820	120	100	20	1944	208	208	80	
17	4	820	120	100	20	1936	216	208	80	
18	4	820	120	100	20	1928	224	208	80	
19	4	820	120	100	20	1920	232	208	80	
20	5	820	120	100	20	1920	232	208	80	
21	5	820	120	96	24	1912	232	208	88	
22	5	820	116	96	28	1912	224	208	96	
23	5	820	112	100	28	1912	216	208	104	
24	5	820	112	100	28	1912	208	216	104	

Tabla 12: Este es un extracto de tabla derivada de los resultados obtenidos durante la simulación Fuente: Propia

Resumen en línea de paragolpes:

- El stock mínimo de paragolpes con una sola mano de primer se observó en el minuto 30 de la simulación y fue de 72 piezas (18 medios).
- El stock mínimo de paragolpes con la mano de primer y la mano de tinta se observó en el minuto 50 de la simulación y fue de 20 piezas (5 medios).
- El stock máximo de paragolpes con una sola mano de primer se observó en los primeros 5 minutos de simulación y en el minuto 59 de la simulación y fue de 120 piezas (30 medios).
- El stock máximo de paragolpes con la mano de primer y la mano de tinta se observó durante los primeros 2 minutos de simulación y fue de 120 piezas (30 medios)
- Para completar con la demanda máxima en una 1 hora, fueron necesarios 9 pintores (3 operarios para primer, 3 operarios para tinta y otros 3 operarios para laqueado)

Resumen de línea de piezas chicas:

- El stock mínimo de piezas chicas con una sola mano de primer se observó en el minuto 37 de la simulación y fue de 136 piezas (17 medios).
- El stock mínimo de piezas chicas con la mano de primer y la mano de tinta se observó en el minuto 43 de la simulación y fue de 24 piezas (3 medios).
- El stock máximo de piezas chicas con una sola mano de primer se observó en los minutos 13, 14 y 63 de simulación y fue de 240 piezas (30 medios).

- Para completar con la demanda máxima en una 1 hora, fueron necesarios 10 pintores (3 operarios para primer, 3 operarios para tinta y otros 4 operarios para laqueado).

Según los resultados obtenidos en la simulación, para el proceso de pintura punta a punta, serán necesarios al menos 19 pintores.

7.14 - ¿Automatización vs no automatización?

Es posible automatizar un alto porcentaje del proceso de pintura a través de la instalación de brazos robots que sean programados para pintar todas las piezas en sus diferentes etapas. El tiempo de proceso con los brazos será muy parecido al empleado por un operario experimentado, pero hará que la operación sea mucho más segura y más eficiente. Es posible programar los mismos para que solamente despidan la cantidad justa de pintura y reducir así los desperdicios, como así también eliminar movimientos innecesarios producto de la actividad humana.

En la actualidad el mercado ofrece múltiples variantes que se amoldan a las necesidades de cada proceso en particular. Los robots diseñados para dispensación y pintura se presentan en varios tamaños, capacidades, superficies de trabajo y volumen necesarios. Por ejemplo, a continuación, podrán visualizarse las superficies de operación de un brazo robot de dispensación y pintura de aproximadamente 2 mts de altura utilizado comúnmente en pintura de carrocerías en las plantas automotrices dependiendo de la posición en la que sea instalado (en suelo, pared, etc.):

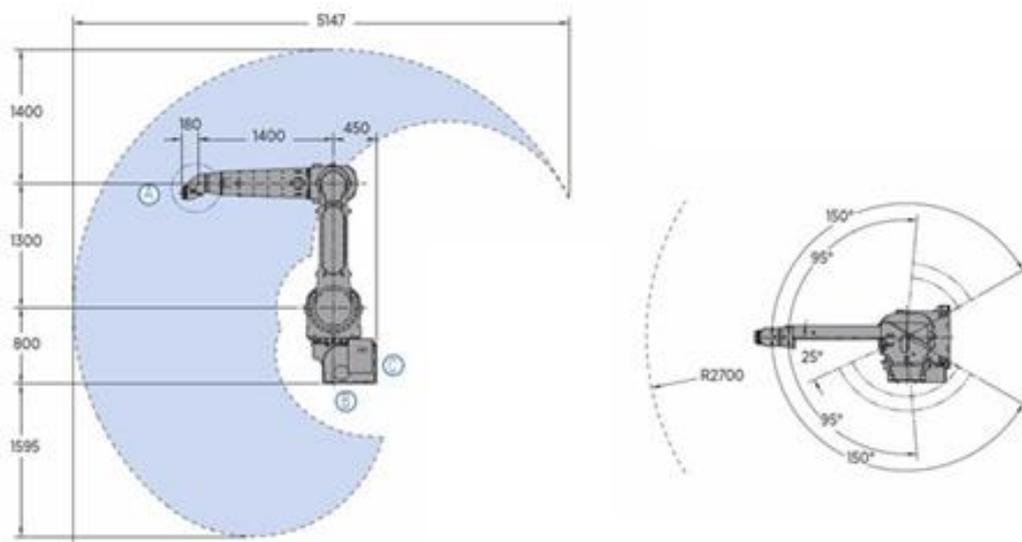


Figura 50: Representación gráfica de los movimientos de un brazo robot dispensador de pintura Fuente: Motoman

En el caso de los paragolpes y de las piezas chicas será necesario un robot de dimensiones menores al ejemplificado anteriormente. Sin embargo, es imprescindible que el mismo pueda moverse en 6 ejes diferentes (S-Axis “Turning/Sweep”, L-Axis “Lower Arm”, U-Axis “Upper Arm”, R-Axis “Wrist Roll”, B-Axis “Bend/Pitch/Yaw” y T-Axis “Wrist Twist”) y sea seguro para trabajar con fluidos.

Existen numerosos fabricantes de robots, pero no todos alcanzan un alto nivel de servicio postventa, más precisamente en LATAM.

La empresa japonesa YASKAWA ELECTRIC CORPORATION es especialista en la fabricación de servos, controladores de movimiento, controladores de motores de corriente alterna, interruptores y robots industriales. Sus modelos Motoman son robots industriales de servicio pesado que se utilizan en soldadura, embalaje, ensamblaje, revestimiento, corte, manipulación de materiales y automatización general. Un poco de historia, Yaskawa fue quien en el año 1969 solicitó por primera vez en la historia una marca registrada sobre el término “Mecatrónica” que finalmente fue aprobada en el año 1972 (fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Yaskawa_Electric_Corporation).

YASKAWA en la actualidad, cuenta con más de 15.000 empleados y posee centros de venta en 29 países alrededor del mundo y con bases de producción en 12 países, incluido Japón. Hay 81 subsidiarias y 24 empresas afiliadas: Algunos de estos son:

- América: Yaskawa America, Inc., Yaskawa Canada Inc., Yaskawa Electrico do Brasil Ltda., Solectria Renewables
- Europa, África, Oriente Medio: Yaskawa Europe GmbH, Yaskawa Nordic AB, Yaskawa Southern Africa (Pty) Ltd
- Asia y el Pacífico: Yaskawa India Private Limited, Yaskawa Electric (China) Co., Ltd., Yaskawa Electric Korea Corporation, Yaskawa Electric Taiwan Corporation

Los representantes técnicos regionales están ubicados estratégicamente en todo el continente americano para ayudar a optimizar la utilización del equipo a través de programas integrales de soporte de valor agregado diseñados para garantizar el máximo rendimiento del robot y el retorno de la inversión durante la vida del activo. Es posible solicitar una extensión de garantía del producto por hasta 10 años y cuenta con personal especializado para desarrollar los planes de mantenimiento preventivos basándose en el uso de la maquinaria del proceso en cuestión.

El robot que cumple con las especificaciones técnicas mencionadas anteriormente para el pintado de las piezas chicas y paragolpes es el EPX 1250 dada su versatilidad, velocidad y capacidad de carga:

EPX1250 SPECIFICATIONS		
Structure	Vertical jointed-arm type	
Controlled Axes	6	
Payload	5 kg	
Vertical Reach	1,952 mm	
Horizontal Reach	1,256 mm	
Repeatability	±0.15 mm	
Maximum Motion Range	S-Axis (Turning/Sweep)	±170° (wall mounted: ±60°)
	L-Axis (Lower Arm)	+120°/-65°
	U-Axis (Upper Arm)	+205°/-165°
	(relative angle of lower arm)	
	R-Axis (Wrist Roll)	±190°
	B-Axis (Bend/Pitch/Yaw)	±145°
Maximum Speed	S-Axis (Turning/Sweep)	185°/s
	L-Axis (Lower Arm)	185°/s
	U-Axis (Upper Arm)	185°/s
	R-Axis (Wrist Roll)	360°/s
Approximate Mass	B-Axis (Bend/Pitch/Yaw)	410°/s
	T-Axis (Wrist Twist)	500°/s
Approximate Mass	110 kg	
Brakes	All axes	
Power Consumption	1.5 kVA	
Allowable Moment	R-Axis	8.0 N·m
	B-Axis	8.0 N·m
	T-Axis	3.0 N·m
Allowable Moment of Inertia	R-Axis	0.20 kg·m²
	B-Axis	0.20 kg·m²
	T-Axis	0.07 kg·m²
Mounting	Floor, Wall, Ceiling	

INTRINSICALLY SAFE PENDANT SPECIFICATIONS (OPTIONAL)	
Dimensions	235 (w) x 203 (h) x 78 (d)
Mass	1.25 kg
Material	Reinforced plastics
Operation Device	Select keys, axes keys, numerical/application keys, emergency stop button, enable switch
Display	5.7-inch monochrome LCD, backlit white LED, touch panel 320 x 240 pixels (Alphanumeric characters, Chinese characters, Japanese letters, others)
IEC Protection Class	IP54
Cable Length	Standard: 8 m, Optional 20 m, Max: 50 m (with optional extension cable)

NX100-FM CONTROLLER SPECIFICATIONS (WITH STANDARD PENDANT)	
Structure	Free-standing, enclosed type
Dimensions (mm)	500 (w) x 1400 (h) x 550 (d)
Approximate Mass	120 kg
Cooling System	Indirect cooling
Ambient Temperature	During operation: 0° C to 40° C During transit and storage: -10° C to +45° C
Relative Humidity	90% max. non-condensing
Primary Power Requirements	3-phase, 240/480/575 VAC at 50/60 Hz
Grounding	Grounding resistance: ≤100 ohms Separate ground required
Digital I/O	Standard I/O: 40 inputs/40 outputs consisting of 16 system inputs/16 system outputs, 24 user inputs/24 user outputs Enabled to 1,024 inputs/1,024 outputs
Position Feedback	By absolute encoder
Drive Units	Servo packs for AC servo motors
Accel/Decel	Software servo control
Program Memory	60,000 steps; 10,000 ladder instructions
Concurrent I/O Ladder	10,000 instructions
Fieldbus Options	DeviceNet Master/Slave, AB RIO, Profibus, Interbus-S, M-Net, CC Link, EtherNet/IP/Slave
Ethernet	10 Base T/100 Base TX
E-Stop	Controlled stop
Safety	Dual-channel Emergency Stop Pushbuttons, 3-position Enable Switch, Manual Brake Release Meets ANSI/RIA R 15.06-1999 and Canadian safety standards
Pendant Dim. (mm)	169 (w) x 314.5 (h) x 50 (d)
Pendant Playback Buttons	Teach, Play, Remote, Servo On, Start, Hold, Emergency Stop, Edit Lock (Play Mode enabled on controller)

Tabla 13: Hoja de datos del robot EXP 1250 Fuente: Motoman

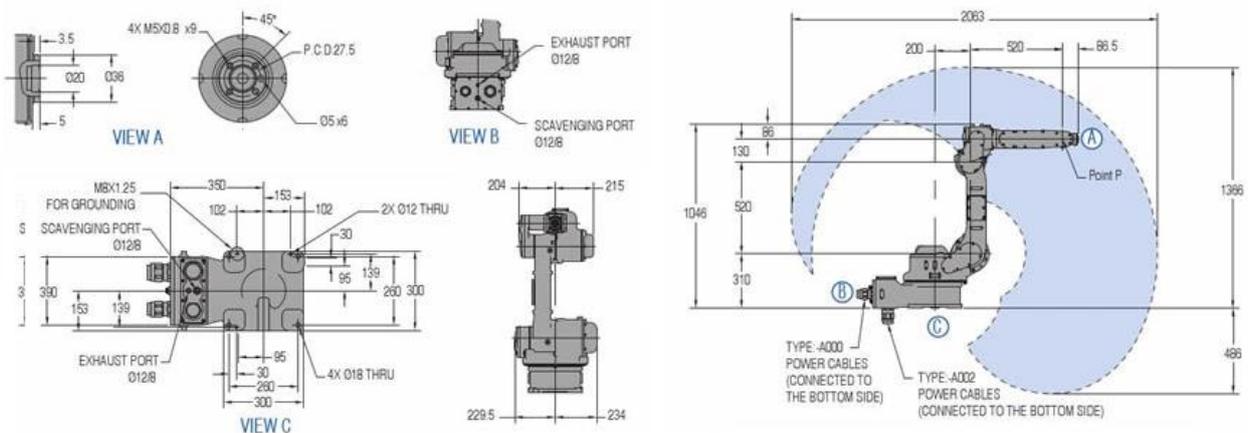


Figura 51: Representación gráfica de los movimientos de un brazo robot dispensador de pintura y sus dimensiones Fuente: Motoman

Para este tipo de aplicación es importante el *grado de protección IP*⁴², que en el caso del EPX 1250 es de 54. Según la Norma Internacional CEI 60529, el “5” indica protección contra polvo (la entrada de polvo no puede evitarse, pero el mismo no debe entrar en una cantidad tal que interfiera con el correcto funcionamiento del equipamiento) elemento inevitable cuando se efectúa la dispersión de la pintura y el “4” presenta protección contra chorros de agua (no debe entrar el agua arrojada desde cualquier ángulo a un promedio de 10 litros por minuto y a una presión de 80-100 kN/m² durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos) que permitiría una mejor limpieza.

Otro factor importante para este Trabajo Final de Grado es la seguridad de las personas a través de pulsadores E-STOP que detengan el funcionamiento del robot en caso de un real peligro o mal funcionamiento y la posibilidad de conectar los brazos a una red industrial 4.0 compatible con los *protocolos Profibus*⁴³, Interbus, CC link o Ethernet IP y que permita ser incorporado a un sistema de control central *SCADA*⁴⁴ junto con las inyectoras SM 1050 y SM 3000.

El costo final de venta del brazo robot EPX 1250 es de aproximadamente de 45.000 USD la unidad (fuente: <https://spanish.alibaba.com/>) o de 3,5 millones de pesos AR (cambio oficial al 04/10/2020: 1 dólar estadounidense = 76,88 pesos argentinos – Fuente: Google Finance).

Para el proceso total de pintura serán necesarios 19 robots, totalizando 855.000 USD o 65,7 millones de pesos.

42 Grado de protección IP: hace referencia a la norma internacional CEI 60529 Degrees of Protection1 utilizado con mucha frecuencia en los datos técnicos de equipamiento eléctrico o electrónico, en general de uso industrial como sensores, medidores, controladores, etc. Especifica un efectivo sistema para clasificar los diferentes grados de protección aportados a los mismos por los contenedores que resguardan los componentes que constituyen el equipo.



43 Profibus: es un estándar de comunicaciones para bus de campo. Deriva de las palabras Process Field BUS.

44 SCADA: acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) es un concepto que se emplea para realizar un software para ordenadores que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia. Facilita retroalimentación en tiempo real con los dispositivos de campo (sensores y actuadores), y controla el proceso automáticamente. Provee de toda la información que se genera en el proceso

7.15 - Cinta transportadora

Para evitar el traslado de los carros de forma manual a lo largo de las cabinas de pintura, lo más conveniente para este caso en particular es utilizar una cinta transportadora del tipo industrial que garantice una velocidad constante y que permita a los robots pintar las piezas de una forma más eficiente:



Figura 52: La imagen representa una cinta transportadora de paragolpes a través de una cabina de pintura automatizada Fuente: Motoman

Teniendo en cuenta la cantidad de robots de pintura y la producción horaria, sería necesario una cinta transportadora de aproximadamente 100 mts de largo en total (50 mts cada cara) y aproximadamente 1 metro de ancho, con una capacidad de transporte de hasta 2500 kg en toda su extensión (300 kg en piezas + 600 kg en medios + peso de la cinta + peso de seguridad).

Existen en el mercado nacional numerosos fabricantes de cintas de transportadoras de gran calidad. Las mismas se fabrican según las especificaciones del cliente. Por ejemplo, para una configuración del tipo Chevrón, y hasta 4 telas de refuerzo (como muestran las imágenes de continuación), el precio ronda los 200 USD o \$ 16.000 AR por metro cuadrado (fuente: mercado libre).



Figura 53: La imagen representa una cinta transportadora del tipo Chevrón y las capas de refuerzo de tela Fuente: Propia

Teniendo en cuenta un espesor de aproximadamente 0,9 cm, la cinta puede pesar aproximadamente 11 kg por metro cuadrado. La superficie total de la cinta para el proceso de pintura es de 115 metros cuadrados (1,05 mts x 100 mts) que equivaldrían a 1270 kg de peso. La capacidad de transporte de la cinta en toda su extensión ahora sería de: 300 kg en piezas + 600 kg en medios + 1270 kg de cinta + 320 kg de seguridad.

La cinta transportadora, adicionalmente, debe poseer una estructura de soporte basada en rodillos. Los mismos deben tener el mismo largo que el ancho de la cinta para facilitar su funcionamiento. Serán necesarios instalar 50 mts de rodillos del tipo industrial con un diámetro de aproximadamente 7 cm y una separación entre ambos de 2 cm. Según estas especificaciones será necesario adquirir 560 rodillos. El costo aproximado por rodillo es de \$ 300 AR (fuente: Mercado libre), lo que totalizaría \$ 168.000 AR.



Figura 54: La imagen representa la utilidad de los rodillos en una cinta transportadora convencional Fuente: Mercado Libre

Por el lado de los motores, serán necesarios 2, trifásicos de 100 HP o 75 KW de potencia (bajo la combinación de maestro y esclavo) con una protección IP de al menos 54 (ideal para ambientes donde habrá partículas flotantes en el aire producto del proceso de pintura al agua), *deslizamiento*⁴⁵ menor a 1,5%, eficiencia igual o mayor a 0,95 y 4 polos con una frecuencia de 60 Hz:

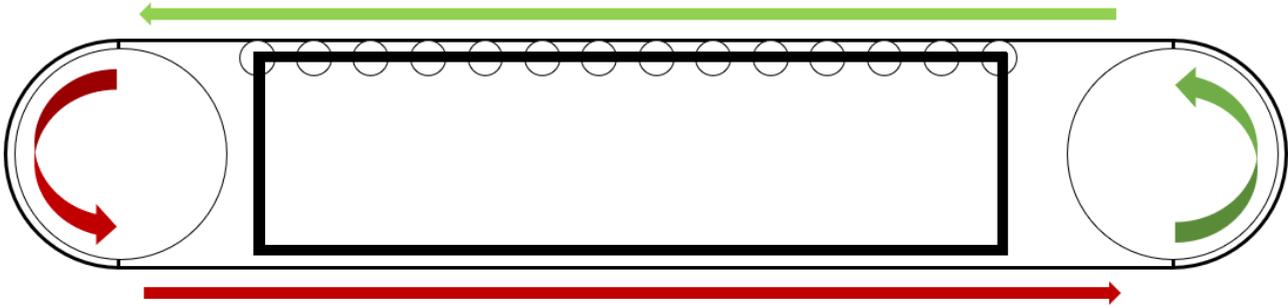


Figura 55: La imagen representa la configuración de los motores trifásicos de 100 hp maestro y esclavo en la cinta transportadora
Fuente: Propia

⁴⁵ **Deslizamiento:** El deslizamiento en una máquina eléctrica es la diferencia relativa entre la velocidad del campo magnético (velocidad de sincronismo) y la velocidad del rotor.

Las siguientes expresiones son equivalentes para hallar el deslizamiento:

$$s = \frac{\omega_s - \omega_m}{\omega_s} \cdot 100\% = \frac{n_s - n_m}{n_s} \cdot 100\%$$

S: Velocidad de deslizamiento (expresada con base por unidad o en porcentaje).

Ws: Velocidad angular de sincronismo en radianes por segundo.

Wm: Velocidad angular del rotor en radianes por segundo.

Ns: Velocidad angular de sincronismo en revoluciones por minuto.

Nm: Velocidad angular del rotor en revoluciones por minuto.

Como alternativa en el mercado pueden encontrarse varios modelos de motores trifásicos. El más conveniente a nivel costos y calidad es el W22 NEMA Premium Efficiency 100 HP 4P fabricado por la empresa brasileña WEG (operan en todo el mundo en las áreas de ingeniería eléctrica, energía y tecnología de automatización. Con sede en Jaraguá do Sul, Brasil, la compañía produce motores eléctricos, generadores, transformadores, unidades y recubrimientos). El datasheet ⁴⁶ puede visualizarse a continuación:

Carcasa	404/5T	Momento de inercia (J)	29.9 sq.ft.lb
Potencia	100 HP (75 kW)	Categoría	B
Numero de polos	4	Clase de aislamiento	F
Frecuencia	60 Hz	Factor de servicio	1.25
Rotación nominal	1780 rpm	Elevación de temperatura	80 K
Resbalamiento	1.11 %	Ciclo de servicio	Cont.(S1)
Tensión nominal	460 V	Método de partida	Partida directa
Corriente nominal	113 A	Temperatura ambiente	-20°C hasta +40°C
Corriente de arranque	825 A	Altitud	1000 m
Ip/In	7.3x(Cód. H)	Grado de protección	IP55
Corriente en vacío	38.0 A	Refrigeración	IC411 - TEFC
Torque nominal	295 ft.lb	Forma constructiva	F-3
Torque de arranque	240 %	Dirección de rotación ¹	Ambos
Torque máximo	260 %	Nivel de ruido ²	68.0 dB(A)
Tiempo de rotor bloqueado	23s (frío) 13s (caliente)	Masa aproximada ³	1166 lb



Tabla 14: Hoja de datos del motor trifásico WEG W22 Fuente: WEG

El costo unitario de cada motor es de 12.000 USD o \$ 922.000 AR (cambio oficial al 04/10/2020: 1 dólar estadounidense = 76,88 pesos argentinos – Fuente: Google Finance). Para hacer funcionar la cinta transportadora serán necesarios 2 motores totalizando 24.000 USD o 1,8 millones de pesos AR.

Será necesario instalarle a la cinta transportadora un variador de frecuencia ⁴⁷ que permita regular la velocidad de avance de los medios en las cabinas de pintura, pero con el máximo torque posible. Schneider Electric es una compañía con presencia internacional -se encuentra en más de 100 países y cuenta con productos de distribución eléctrica en baja tensión, gestión de edificios y seguridad,

⁴⁶ Datasheet: Hoja de datos de una máquina.

⁴⁷ Variador de frecuencia: siglas VFD, del inglés: Variable Frequency Drive o bien AFD Adjustable Frequency Drive es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor.

distribución eléctrica en media tensión y smartgrid ⁴⁸, y soluciones para centros de datos y redes, productos de automatización y control industrial, etc. Es la empresa líder del rubro, y cuenta con más de 135.000 trabajadores.

La potencia que debe administrar el variador de frecuencia es de 200 HP producto de los dos motores W22 NEMA Premium Efficiency de 100 HP cada uno y 4 polos. Dado que no será necesario que sea expuesto a los elementos, no necesita de un alto grado de protección IP. Entre las alternativas, la más conveniente a nivel costo y necesidad del proceso es el VDF Altivar 71 (modelo ATV71HC13N4). Posee un grado de protección IP 20, conexión a red industrial 4.0 a través de Profibus y un costo de aproximadamente 1,2 millones de pesos (fuente: mercado libre) o 15.600 USD (cambio oficial al 04/10/2020: 1 dólar estadounidense = 76,88 pesos argentinos – Fuente: Google Finance). A continuación, se detalla la datasheet del VDF:

Rango de producto	Altivar 71
Tipo de producto o componente	Variador velocidad variable
Aplicación específica producto	Máquinas complejas, de alta potencia
Nombre de componente	ATV71
Potencia del motor en kW	132 KW, 3 fases a 380 ... 480 V
Potencia del motor en CV	200 Hp, 3 fases a 380 ... 480 V
Longitud cable de motor	100 M cable blindado 200 M unshielded cable
[Us] tensión de alimentación nominal	380 ... 480 V - 15...10 %
Número de red de fases	3 fases
Corriente de línea	192 A para 480 V 3 fases 132 kW / 200 hp 239 A para 380 V 3 fases 132 kW / 200 hp
Filtro CEM	Integrado
Estilo de conjunto	With heat sink
Variante	Versión reforzada
Potencia aparente	157,3 KVA a 380 V 3 fases 132 kW / 200 hp
Isc de línea prospectiva	35 KA para 3 fases
Corriente de salida nominal	259 A a 2.5 kHz 380 V 3 fases 132 kW / 200 hp 259 A a 2.5 kHz 460 V 3 fases 132 kW / 200 hp
Máxima corriente transitoria	388 A para 60 s 3 fases 132 kW / 200 hp 427 A para 2 s 3 fases 132 kW / 200 hp
Output frequency	0,1...500 Hz
Frecuencia de conmutación nominal	2,5 kHz
Frecuencia de conmutación	2,5...8 kHz regulable 'or' no regulable 2,5...8 kHz con
Perfil de control de motor asincrónico	Relación tensión/frecuencia (2 o 5 puntos) Control vector flujo sin sensor (SFVC) (tensión o vector actual) Control vector flujo (FVC) con sensor (vector actual) Sistema ENA (adaptación de energía) para cargas desequilibradas
Tipo de polarización	Sin impedancia para Modbus



Tabla 15: Hoja de datos del VDF Altivar 71 Fuente: Schneider Electric

⁴⁸ **Smartgrid**: en español: Red eléctrica inteligente: se puede definir como la integración dinámica de los desarrollos en ingeniería eléctrica y en almacenamiento energético, y los avances de las tecnologías de la información y la comunicación (o TIC), dentro del negocio de la energía eléctrica (generación, transmisión, distribución, almacenamiento y comercialización, incluyendo las energías alternativas), permitiendo así que las áreas de coordinación de protecciones, control, instrumentación, medida, calidad y administración de energía, etc., sean concatenadas en un solo sistema de gestión, con el objetivo primordial de realizar un uso eficiente y racional de la energía eléctrica .

Por último, necesarias 3 cabinas de pintura, una dedicada a la dispersión del primer, otra para el tintado y finalmente otra para el laqueado. Es necesario recordar que se utilizará pintura base agua. Debemos tener en cuenta, además, la superficie y volumen que ocupará cada uno de los brazos robots Shaskawa EPX 1250 en movimiento para definir su posición exacta dentro de la cabina. Cada brazo robot ocupa una superficie de 4 mts cuadrados (2 mts x 2 mts) y un volumen de 7,2 litros (4 mts cuadrados x 1,8 mts de altura) según las especificaciones técnicas brindadas anteriormente en este Trabajo Final de Grado. A continuación, se desarrolla un Layout de cabinas de pintura:

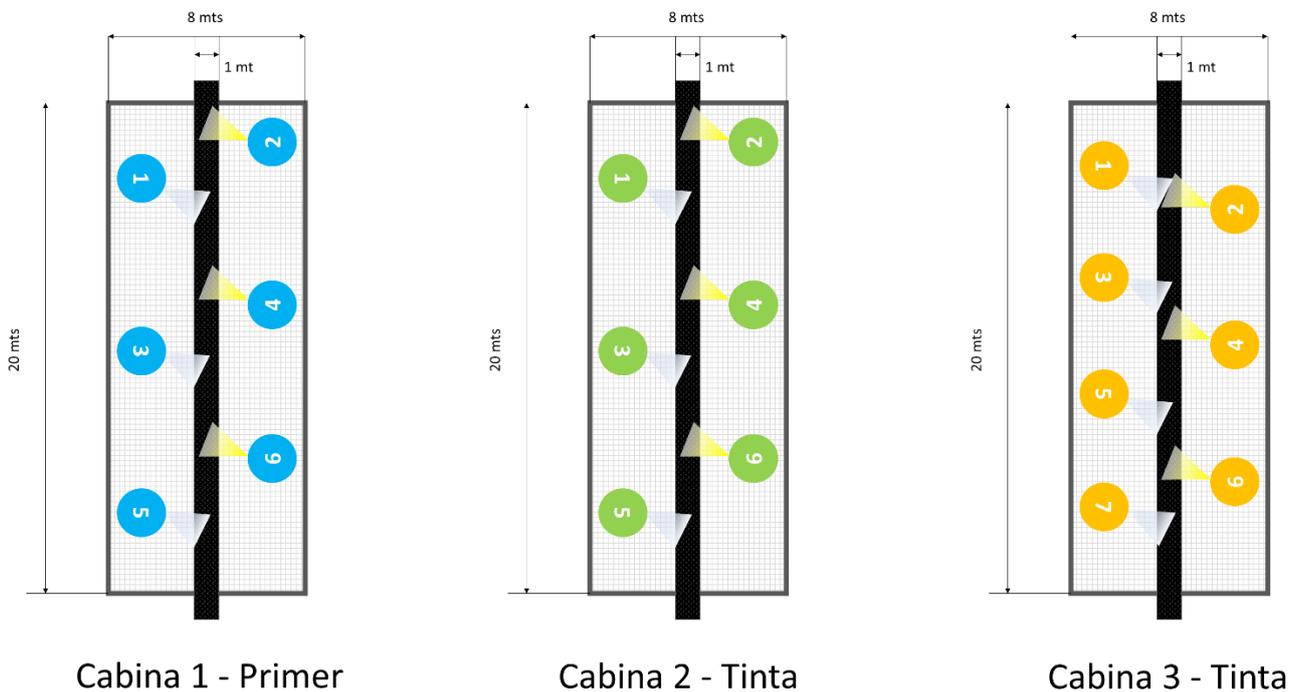


Figura 56: La imagen representa la distribución de los robots a lo largo de las cabinas de tamaño industrial estándar de 20 mts y la presencia de la cinta transportadora. Fuente: Propia

Además, serán necesarios 3 pulmones de aproximadamente 200 metros cuadrados cada uno producto de los stocks intermedios de proceso. Según la simulación realizada anteriormente, la máxima cantidad de medios en el proceso posterior a la pintura de primer es de 60 medios (30 medios de paragolpes y 30 medios de piezas chicas), lo que darían unos 180 metros cuadrados. Lo mismo ocurre con el stock intermedio de primer + tintado.

La cabina de pintura de tamaño industrial más conveniente es la Fragon MX2000 cuyas dimensiones exteriores son de 8 mts x 5,5 mts x 20 mts. Presenta un sistema de ventilación del tipo Venturi (potencia de los motores de extracción: 3 x 30 hp), potencia de iluminación: 222 artefactos de 11watts cada una (iluminación led), 800 lux en zona de trabajo, caudal de circulación: 100.440m³/h ,

velocidad del aire: 0,30 m/s, sistema de filtrado de alta eficiencia y renueva el aire unas 216 veces por hora. Las mismas no necesitan ningún tipo de obra civil, es decir, son prefabricadas.



Figura 57: La imagen representa una cabina modelo Fragon MX 20000 Fuente: Mercado Libre

El costo aproximado por cabina es de 8,7 millones de pesos AR o 113.000 USD (fuente: Mercado Libre). Para el proceso de pintura serán necesarias 3 cabinas, lo que totalizaría 26,1 millones de pesos AR o 340.000 USD (cambio oficial al 04/10/2020: 1 dólar estadounidense = 76,88 pesos argentinos – Fuente: Google Finance).

Dado que el proceso de pintura se realiza a través de polvo, será necesario instalar un sistema de aire comprimido. Los sistemas de distribución del aire comprimido inadecuados generan facturas energéticas altas, baja productividad y un deficiente rendimiento de la herramienta neumática. En un sistema de distribución del aire comprimido se aplican tres exigencias:

1. Una caída de presión baja entre el compresor y el punto de consumo.
2. Un mínimo de fugas en las tuberías de distribución.
3. Una separación de condensado eficiente si no se instala un secador de aire comprimido.

7.15 - ¿Cómo mantener la caída de presión baja entre el compresor y el punto de consumo?

Estas tres exigencias se aplican fundamentalmente a las tuberías principales y al consumo previsto de aire comprimido para las necesidades actuales y futuras. El costo de la instalación de tuberías y compresores de mayores dimensiones que las requeridas inicialmente es bajo en

comparación con el coste de la reconstrucción del sistema de distribución en una fecha posterior. El trazado, el diseño y el dimensionamiento de la red son importantes para la eficiencia, la fiabilidad y el coste de la producción de aire comprimido. A veces, una gran caída de presión en la tubería se compensa con el aumento de la presión de trabajo del compresor de 7 bares(e) a 8 bares(e), por ejemplo. Esto produce un encarecimiento del aire comprimido. Además, cuando se reduce el consumo de aire comprimido, también lo hace la caída de presión y, por consiguiente, la presión en el punto de consumo aumenta consecuentemente por encima del nivel permitido.

Las redes fijas de distribución del aire comprimido se deben dimensionar de manera que la caída de presión en las tuberías no exceda de 0,1 bar entre el compresor y el punto de consumo más remoto. A esto se le debe añadir la caída de presión en la conexión de mangueras flexibles, los acoplamientos de mangueras y otros accesorios. Es particularmente importante dimensionar de manera correcta estos componentes, ya que con frecuencia se produce la mayor caída de presión en este tipo de conexiones.

La mayor longitud permitida en la red de tuberías para una caída de presión específica se puede calcular utilizando la siguiente ecuación:

$$l = \frac{\Delta p \times d^5 \times p}{450 \times q_c^{1,85}}$$

Ecuación 3: La fórmula indica la mayor longitud permitida en la red de tuberías para una caída de presión específica

Donde:

- l = longitud total de la tubería (m)
- Δp = caída de presión permitida en la red (bar)
- p = presión absoluta de entrada [bar(a)]
- q_c = aire libre suministrado del compresor, FAD (l/s)
- d = diámetro interior del tubo (mm)

La mejor solución consiste en diseñar un sistema de tuberías en forma de anillo cerrado alrededor de la zona en la que se consumirá el aire. Después se toman ramales desde la tubería principal a los diversos puntos de consumo. Así se obtiene un suministro uniforme de aire comprimido, aunque la utilización sea de uso intermitente, ya que el aire se conduce hasta el punto real de consumo desde

dos direcciones. Este sistema se debe utilizar para todas las instalaciones, excepto si algunos puntos de gran consumo de aire están situados a gran distancia de la instalación del compresor. En este caso, se dirige un tubo principal independiente a esos puntos.

El depósito de aire almacena el aire comprimido, equilibra las pulsaciones del compresor, enfría el aire y recoge la condensación. Por tanto, el depósito de aire debe estar equipado con un purgador de condensado. La siguiente relación se aplica al dimensionar el volumen del depósito.

$$V = \frac{0,25 \times q_c \times p_1 \times T_0}{f_{m\acute{a}x} \times (p_u - p_l) \times T_1}$$

Ecuación 4: la fórmula permite conocer el volumen del depósito de aire comprimido

Donde:

- V = volumen del depósito de aire (l)
- qc = FAD del compresor (l/s)
- p1 = presión de entrada del compresor [bar(a)]
- T1 = temperatura de entrada máxima del compresor (K)
- T0 = temperatura del aire del compresor en el depósito (K)
- (pU -pL) = diferencia de presión de ajuste entre la carga y la descarga
- fmax = frecuencia máxima de carga (se aplica 1 ciclo cada 30 segundos)

Aplicando las variables necesarias para el proceso de pintura por dispersión:

Cabina de 6 robots dispersores:

Q _c = 100	L/sec	Compressor capacity
f _{max} = 10	sec	Charge / discharge cycle compressor
P _U - P _L = 0,5	bar	Pressure band
T ₀ = 25	°C	Temp. in the AIR receiver
T ₁ = 25	°C	Temp. @ air intake compressor

Cabina de 7 robots dispersores:

Q _c = 120	L/sec	Compressor capacity
f _{max} = 10	sec	Charge / discharge cycle compressor
P _U - P _L = 0,5	bar	Pressure band
T ₀ = 25	°C	Temp. in the AIR receiver
T ₁ = 25	°C	Temp. @ air intake compressor

Para el modelo de cabina compuesto por 6 robots dispersores, será necesario un volumen de depósito de aire de 500 litros, mientras que para el modelo de 7 robots dispersores será necesario un volumen de depósito de aire de 540 litros.

7.16 - Diseño de la red de aire comprimido

El punto de partida al diseñar y dimensionar una red de aire comprimido es una lista de equipos en la que se detallan todos los consumidores de aire comprimido (brazos robots dispersores) y un diagrama que indica sus ubicaciones individuales. Los consumidores deben agruparse en unidades lógicas y recibir alimentación por la misma tubería de distribución. A su vez, la tubería de distribución se alimenta por tuberías verticales de la sala de compresores. Una red de aire comprimido más grande se puede dividir en cuatro partes principales:

- Tuberías verticales: transportan el aire comprimido desde la planta del compresor hasta el área de consumo.
- Tuberías de distribución: dividen el aire en toda la zona de distribución.
- Tuberías de servicio: dirigen el aire desde las tuberías de distribución hasta los lugares de trabajo
- Accesorios de aire comprimido

Para calcular el diámetro de la cañería de aire comprimido (d_i), necesitaremos conceptualizar tres sistemas independientes, uno por cada cabina de pintura. Según las especificaciones del fabricante de brazos robots, el caudal de aire y pintura que puede dispersar cada uno es de 16,6 l/seg. Si tenemos en cuenta que hay dos cabinas con 6 robots y una con 7, para las cabinas de 6, será necesario un volumen de 99,6 l/seg, mientras que en la cabina de 7 será de 116,2 l/seg. La longitud de la cañería es igual en ambos tipos de cabinas, y es de 60 mts aproximadamente (20 mts por cada lado de largo + 16 mts de ancho).

$$d_i = \sqrt[5]{\frac{1.6 \times V^{1.85} \times L}{10^7 \times \Delta_p \times P_{\max}}}$$

Ecuación 5: La fórmula permite conocer el diámetro interno necesario para la cañería de aire comprimido

Donde:

Cabina de 6 robots dispersores:

V = 100	L/sec	Total volumetric flow
L = 56	m	Pipe length to accommodate
p = 1	bar	Intended pressure drop
P _{max} = 7	bar	Switch off pressure

Cabina de 7 robots dispersores:

V = 120	L/sec	Total volumetric flow
L = 56	m	Pipe length to accommodate
p = 1	bar	Intended pressure drop
P _{max} = 7	bar	Switch off pressure

Para el sistema de aire comprimido de la cabina de 6 robots será necesario un diámetro interno de cañería de 28 mm mientras que para el de la cabina de 7 robots será necesario un diámetro interno de cañería de 30 mm.

7.17 - Humedad en el aire

La humedad relativa del ambiente afecta el funcionamiento de los sistemas de aire comprimido, reduciendo su eficiencia y además acelerando el deterioro por oxidación y sarro. Es por ello que los sistemas deben purgarse periódicamente, lo ideal es una frecuencia semanal. A modo de ejemplo, según el reconocido fabricante Atlas Copco, bajo las siguientes condiciones normales que pueden ocurrir durante el proceso de pintado en Argentina, pueden acumularse hasta 188 litros de agua semanalmente y hasta 9.800 litros anualmente:

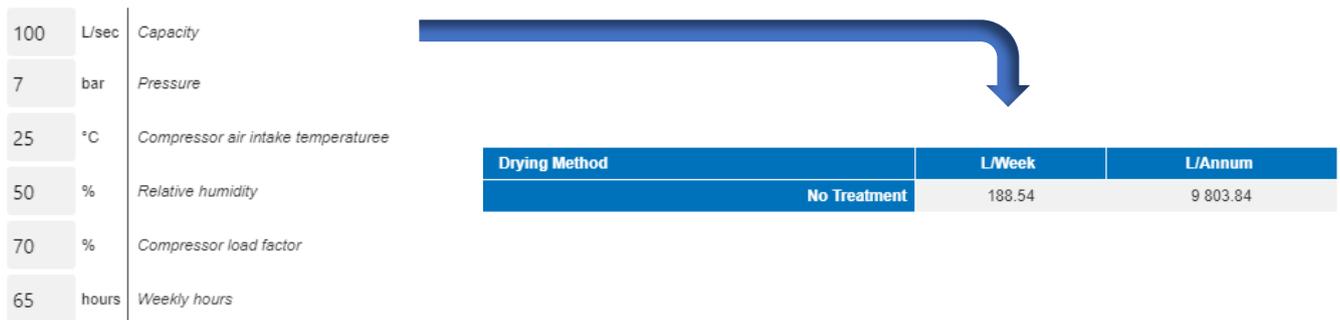


Figura 58: La imagen representa la cantidad de litros de agua acumuladas en un sistema de aire comprimido por semana y año Fuente: Atlas Copco

7.18 - Compresores de aire necesarios

Para las cabinas de pintura de 6 robots será conveniente dividir el sistema de aire comprimido en 2 ramas para poder generar la menor cantidad de pérdidas de presión por uso intensivo. Es por ello que se necesitarán 2 compresores con una capacidad de 250 litros cada uno (totalizando 500 lts en la cabina). El fabricante norte americano Atlas Copco, líder a nivel mundial en aire comprimido, que también cuenta con oficinas en la Pcia. de Buenos Aires, ofrece el modelo AT5/25 250L que consta de un motor asincrónico trifásico de 2 polos con 5 HP de potencia (3,7 Kw), soporte hasta 11 atm de presión, 182 kg de peso y tiene un precio aproximado de \$210.000 AR (fuente: Mercado libre). En total serán necesarios 4 compresores (2 para cada una de las cabinas de pintura de 6 robots).



Figura 59: La imagen representa un compresor Atlas Copco modelo AT5/25 250 L Fuente: Atlas Copco

Para las cabinas de pintura de 7 robots también será conveniente dividir el sistema de aire comprimido en 2 ramas para poder generar la menor cantidad de pérdidas de presión por uso intensivo. Es por ello que se necesitarán 2 compresores con una capacidad de 270 litros cada uno (totalizando 540 lts en la cabina). El fabricante Atlas Copco, ofrece el modelo de compresor AT7.5/30 270 L que consta de un motor asincrónico trifásico de 2 polos con 7,5 HP de potencia (5,6 Kw), soporte de hasta 11 atm de presión, 200 kg de peso y tiene un precio aproximado de \$240.000 AR (fuente: Mercado Libre). En total serán necesarios 2 compresores (únicamente para la cabina con 7 robots de pintura).

8 - Almacén de materia prima y productos terminados

Para poder dimensionar correctamente los almacenes, en primer lugar, hay que poder determinar las actividades a realizar. Entre las mismas se encuentran:

- Recepción, identificación y guardado de los materiales.
- Recolección, agrupación y carga de productos terminados para embarque.
- Despacho de embarque.
- Actualizar los sistemas *WMS* ⁴⁹.

La complejidad del trabajo diario depende del número de unidades de mantenimiento de stocks (*SKU* ⁵⁰) y de la frecuencia de recibimientos de materiales y embarques.

Los movimientos que lo caracterizan son:

- Recepción:
 - Descarga de productos de los camiones
 - Actualización de los registros en el *WMS*
 - Inspección de daños en los embalajes
 - Recuento de mercadería contra la orden y registro de embarque
- Transferencia o guardado:
 - Movimiento físico del producto dentro del propio almacén
 - Movimiento físico del producto hacia áreas determinadas para servicios especiales
- Preparación de la orden / selección:
 - Reagrupamiento de los productos en el orden deseado por el cliente
 - Confección de documentación de embarque (remitos, etc)

⁴⁹ *WMS*: Un sistema de administración de almacenes (*WMS*) es una solución de software que ofrece visibilidad de todo el inventario de una empresa y administra las operaciones de procesamiento de la cadena de suministro desde el centro de distribución hasta el punto de entrega.

⁵⁰ *SKU*: es un código único que consiste en letras y/o números que identifican características de cada producto, como su fabricación, marca, estilo, color y talla. Las compañías emiten su propio y único código *SKU* que son específicos para los bienes y servicios que vende.

- Cross-docking:
 - Movimiento físico de los productos terminados o materias primas al transferir directamente desde el dock de recepción al dock de embarque o viceversa.
- Embarque:
 - Movimiento físico de los productos terminados dentro del equipo de transporte, ajustando finalmente los registros de inventario y órdenes de embarque.

Otro de los factores importantes a la hora de dimensionar almacenes es conocer muy bien los niveles de inventario que manejará la planta a lo largo del tiempo (nivel de producción diaria, rotación de materiales, ubicaciones de los ítems, entre otros.), que en muchos casos deriva del nivel de servicio que se quiera brindar a los clientes. Mientras más alta la tasa de servicio, mayores serán los stocks de seguridad como puede visualizarse a continuación:

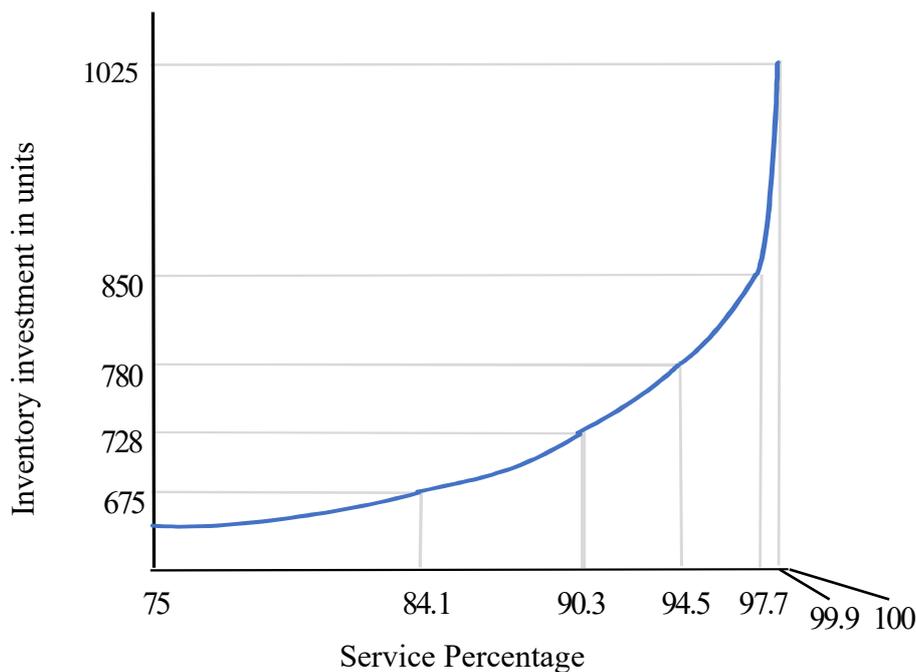


Figura 60: La imagen representa los niveles de inventario en función de la tasa de servicio Fuente: Propia

Las principales marcas automotrices a nivel mundial (Toyota, Ford, Grupo PSA, Grupo FCA, Grupo Volkswagen, entre otras) actualmente trabajan o buscan trabajar a través del sistema JIT (*Just in time*⁵¹). Almacenan la menor cantidad de piezas con el objetivo de reducir superficies, costos,

⁵¹ **Just in time:** es un sistema de organización de la producción para las fábricas, de origen japonés. También conocido como método Toyota, permite reducir costos, especialmente de inventario de materia prima, partes para el ensamblaje, y de los productos finales. La esencia de JIT es que los suministros llegan a la fábrica, o los productos al cliente, "justo a tiempo", eso siendo poco antes de que se usen y solo en las cantidades necesarias. Esto reduce o hasta elimina la necesidad de almacenar y trasladar la materia prima del almacén a la línea de producción (en el caso de una fábrica). El JIT puede ser tan preciso que las partes automotrices han llegado a la fábrica el mismo día que se instalan en los autos saliendo de la línea de producción.

riesgos y hacer más fluidos sus procesos de producción. Para poder lograrlo, basan sus sistemas de producción a través de órdenes de fabricación que son generadas desde el consumidor final. Es decir, el cliente solicita un automóvil o pickup a través de una concesionaria o página web, y las plantas automotrices se ocupan de fabricarlo únicamente cuando es solicitado. El tiempo de entrega dependerá en una primera medida, del tiempo que demoran en fabricar un vehículo.

En el año 1961, Jay Forrester conceptualizó en su libro “Dinámica Industrial” un efecto llamado “Látigo” o en inglés, “BullWhip” que se basa principalmente en el impacto negativo que generan aguas arriba de la cadena de suministro los fluctuantes cambios de la demanda.

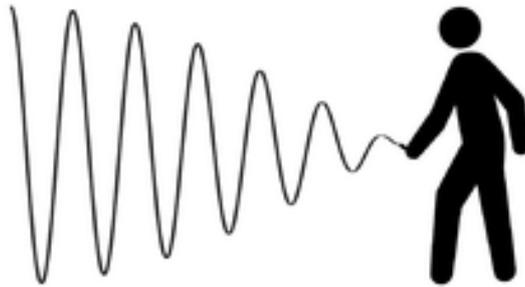


Figura 61: Imagen del efecto látigo: El cliente final coloca una orden (látigo) y el orden de las fluctuaciones se construyen más arriba en la cadena de suministro. Fuente: Propia

Por este efecto látigo documentado hace más de 60 años y algunos otros factores, la producción de vehículos únicamente por pedido no suele ser tal. Los equipos de mercadeo anualmente se encargan de “pronosticar” de cierta forma aquellos pedidos que esperan obtener por parte de los clientes y finalmente llevan a cabo un “mix”, es decir, por un lado, pronostican la producción basándose en estadísticas y tendencias, y por el otro, también intenta cubrir aquellos pedidos que “no esperaban”. Es por ello que, cuanto más exacto sea el pronóstico, menos desvíos tendrían en los planes de producción y por lo tanto reducirían sus stocks de seguridad.

En cierta forma, ese “mix de producción” basado en pronóstico y en pedidos no esperados, afectan directamente al fabricante autopartista quien debe cumplir con la terminal según sus necesidades con una alta tasa de servicio que les permitan no frenar su producción por falta de piezas.

Teniendo en cuenta los pronósticos de producción detallados anteriormente en este Trabajo Final de Grado y los demás factores externos detallados anteriormente, se procederá a calcular los días

de stock que deberá adoptar la Planta y la cantidad de recursos necesarios para llevar a cabo todas las labores correspondientes a los almacenes y logística.

8.1 - Cálculo de stocks y dimensionamiento de almacenes

La máxima producción diaria según pronóstico corresponde al año 2022 y es de 25.459 piezas, de las cuales el 70% corresponde a piezas chicas y el 30% a paragolpes. Se espera que en el almacén de producto terminado se reciban piezas provenientes de dos flujos diferentes: piezas pintadas y piezas no pintadas.

Respecto de las piezas no pintadas, esperan recibirse aproximadamente 2.291 paragolpes y 5.346 piezas chicas, que representan 572 y 668 medios respectivamente (cada medio de paragolpes tiene una capacidad de 4 piezas y cada medio de piezas chicas tiene una capacidad de 8 piezas). Cada medio completo de paragolpes ocupa un volumen de 3,4 m³ (2 mts de largo, 1 mts de ancho y 1,7 mts de alto) y cada medio completo de piezas chicas ocupa un volumen de 1,7 m³ (1 mts de largo, 1 mts de ancho y 1,7 mts de alto)

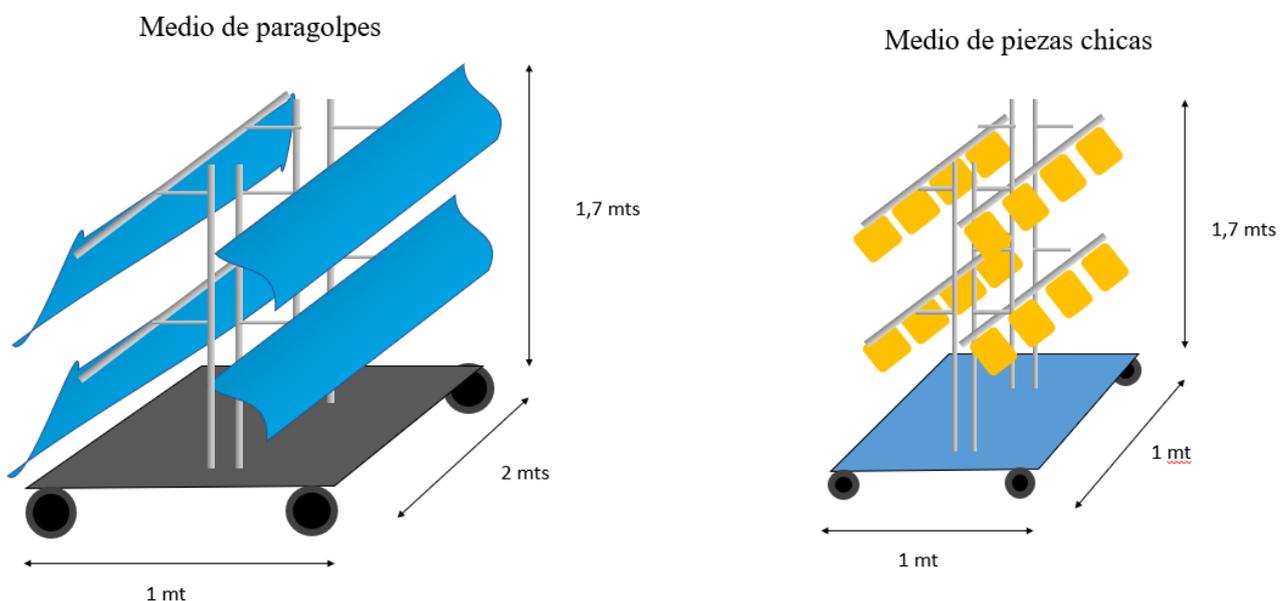


Figura 62: Imagen de los medios: Medio de paragolpes (izquierda) y medio de piezas chicas (derecha). Fuente: Propia

Por el lado de las piezas pintadas, esperan recibirse diariamente aproximadamente 5.346 paragolpes y 12.475 piezas chicas, que representan 1.337 y 1.560 medios respectivamente.

Además, debe tenerse en cuenta el flujo de ingreso de materia prima: Pellets de PP, ABS, Latas de primer, tintas, laca y piezas de recambio producto de los diferentes mantenimientos que deban realizarse. Basándonos en los consumos estimados diarios de materia prima, en condiciones de máxima producción se esperan consumir hasta 3,7 toneladas de PP y ABS (280 kg x 13 hs) y 16.000 lts. de pintura (primer + tinta + laca). Dadas las condiciones de entrega de los proveedores locales y la actualidad política y social de la Argentina, lo más conveniente sería poder almacenar hasta 3 días en stock de seguridad dentro del almacén totalizando aproximadamente 11 Tn. de pellets de PP y ABS y hasta 48.000 lts de pintura.

8.2 - Cálculo de mano de obra

Un grupo de operarios debe recoger los medios completos con piezas y entregarlos a la zona de desconsolidación y empaque. A continuación, cada medio debe ser desconsolidado y cada pieza debe ser empacada según las especificaciones de la terminal automotriz. El producto terminado y empacado debe ser almacenado en racks según sus características geométricas de embalaje.

Según el programa de embarque diario confeccionado por un *TMS*⁵², las piezas terminadas deben ser recogidas de sus racks y ordenadas en un *Crossdock*⁵³ horario. Finalmente, los operarios de embarque deben recoger las piezas ordenadas en el Crossdock y proceder al llenado de los contenedores de los camiones. A continuación, se detallará una simulación del proceso logístico de recepción, embalaje, almacén, crossdock y embarque a través de redes de Petri, con el objetivo de cuantificar la cantidad de recursos necesarios y niveles de inventario en proceso:

⁵² **TMS:** Transportations Management Systems: es un sistema que busca aumentar la productividad del transporte y para ello maneja cuatro operaciones importantes de la gestión del transporte:

- Planificación: define las mejores estrategias de transporte basadas en parámetros específicos que serían de mayor o menor importancia, según la política del usuario. Esto incluye gastos de transporte, paradas mínimas posibles para garantizar la calidad, menor tiempo de entrega, coeficiente de reagrupación de flujos, etc.
- Ejecución de transporte: permite la ejecución del plan de transporte. Esto incluye la aprobación de la tarifa del transportista, el envío del transportista, el intercambio electrónico de datos, entre otros.
- Seguimiento de transporte: permite el seguimiento de cualquier operación administrativa o física relacionada con el transporte. Esto incluye la trazabilidad del transporte evento por evento, la edición de recibos, el despacho de aduanas, la facturación, así como la reserva de documentos, la entrega de alertas de transporte y más.
- Medición: incluye o debe incluir una funcionalidad de informe del indicador clave de rendimiento estratégico para el transporte.

⁵³ **Crossdock:** corresponde a un tipo de preparación de pedido (una de las funciones del almacén logístico) sin colocación de mercancía en stock (inventario), ni operación de picking (recolección). Permite transitar materiales con diferentes destinos o consolidar mercancías provenientes de diferentes orígenes que puede variar dependiendo las necesidades del producto.

El "Cross-docking" es altamente beneficioso también en la industria automotriz, ya que haciendo una correcta ingeniería de ruta se logra un justo a tiempo que reduce costos de almacenaje y ayuda a prevenir paros de plantas, un excelente ejemplo es DHL Supply Chain o XPO Logistics y con clientes como Mercedes Benz, SEAT, Ford, GM, Daimler, BMW entre otros.

Su intención es también acordar con los proveedores una preparación de la mercancía para reducir costos de recepción, almacenaje y preparación.

Place 1: Representa el stock diario de piezas pintadas en condiciones de máxima producción (17.822 piezas)



Properties Window	
Property	Value
Name	Piezas pintadas
Size	Large
Show Name	TRUE
Show Capacity	TRUE
Initial Tokens	17822
Current Tokens	17822
Capacity	17822
Tokens Count	0

Figura 63: Representación gráfica de la entidad, sentido y propiedades Fuente: Propia

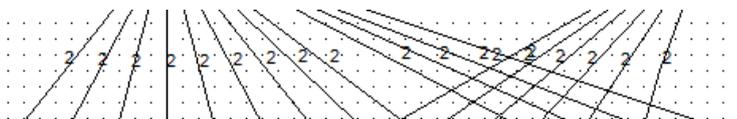
Place 2: Representa el stock diario de piezas sin pintar (crudas) en condiciones de máxima producción (7.637 piezas)



Properties Window	
Property	Value
Name	Piezas crudas
Size	Normal
Show Name	TRUE
Show Capacity	TRUE
Initial Tokens	7637
Current Tokens	7637
Capacity	7637
Tokens Count	0

Figura 64: Representación gráfica de la entidad, sentido y propiedades Fuente: Propia

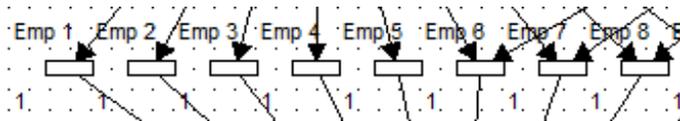
Arc 1: Representa la cantidad de piezas que componen una caja. Las piezas se almacenarán por par (izquierda y derecha o paragolpe delantero y trasero)



Properties Window	
Property	Value
Weight	2
Type	Normal
Show Weight	TRUE

Figura 65: Representación gráfica de la entidad, sentido y propiedades Fuente: Propia

Transition 1: Representa cada operario dedicado a colocar piezas en sus embalajes correspondientes. En promedio, para esta simulación se ha estimado que cada operario se demora hasta 2 minutos en finalizar completamente con la tarea de embalaje.



Properties Window	
Property	Value
Name	Emp 1
Size	Normal
Show Name	TRUE
Show Delay	TRUE
Time Mode	Uniform Distr.
Initial Delay	1
Range Delay	2
Current Delay	1
Tokens Fired	0

Figura 66: Representación gráfica de la entidad, sentido y propiedades Fuente: Propia

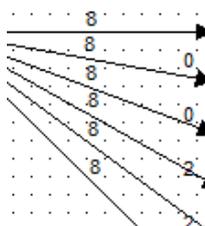
Place 3: Representa las piezas que ya se encuentran en sus correspondientes embalajes listas para ser llevadas al almacén.



Properties Window	
Property	Value
Name	Piezas en cajas
Size	Normal
Show Name	TRUE
Show Capacity	TRUE
Initial Tokens	0
Current Tokens	0
Capacity	25459
Tokens Count	0

Figura 67: Representación gráfica de la entidad, sentido y propiedades Fuente: Propia

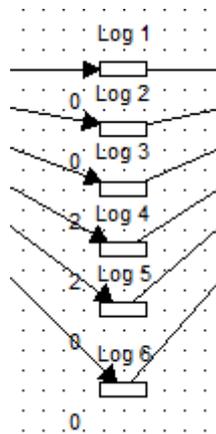
Arc 2: Representa la cantidad de piezas que llevarán los operarios logísticos a los racks correspondientes:



Properties Window	
Property	Value
Weight	8
Type	Normal
Show Weight	TRUE

Figura 68: Representación gráfica de la entidad, sentido y propiedades Fuente: Propia

Transition 2: Representa la cantidad de operarios que llevan piezas desde la zona de embalaje hasta el rack correspondiente. Para esta simulación se estima que por viaje se llevan 8 piezas en 3 minutos aproximadamente.



Properties Window	
Property	Value
Name	Log 1
Size	Normal
Show Name	TRUE
Show Delay	TRUE
Time Mode	Uniform Distr.
Initial Delay	1
Range Delay	3
Current Delay	2
Tokens Fired	0

Figura 69: Representación gráfica de la entidad, sentido y propiedades Fuente: Propia

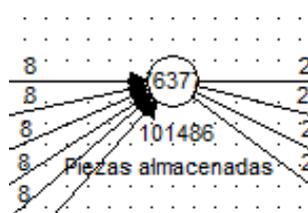
Arc 3: Representa la cantidad de piezas guardadas en los racks por operario de logística.



Properties Window	
Property	Value
Weight	8
Type	Normal
Show Weight	TRUE

Figura 70: Representación gráfica de la entidad, sentido y propiedades Fuente: Propia

Place 4: Representa la cantidad de piezas almacenadas en los racks. Posee una capacidad de 101.486 piezas dado que deben contemplarse en los almacenes hasta 3 días de stock de seguridad (25.459 piezas x 3 días) además del stock propio del día en curso (25.459 piezas):



Properties Window	
Property	Value
Name	Piezas almac...
Size	Normal
Show Name	TRUE
Show Capacity	TRUE
Initial Tokens	76377
Current Tokens	76377
Capacity	101486
Tokens Count	0

Figura 71: Representación gráfica de la entidad, sentido y propiedades Fuente: Propia

Arc 4: Representan la cantidad de piezas que puede llevar cada operario a la zona de crossdock.



Figura 72: Representación gráfica de la entidad, sentido y propiedades Fuente: Propia

Transition 3: Representan a los operarios que descargan las piezas de los racks y las depositan en la zona de crossdock según las instrucciones del TMS. Para esta simulación se estimó que dicha operación puede demorar hasta 2 minutos.

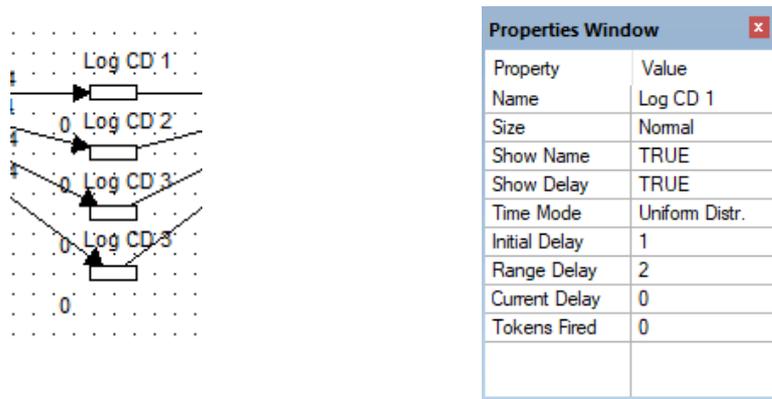


Figura 73: Representación gráfica de la entidad, sentido y propiedades Fuente: Propia

Arc 5: Representa la cantidad de piezas que el operario deposita en la zona de crossdock.

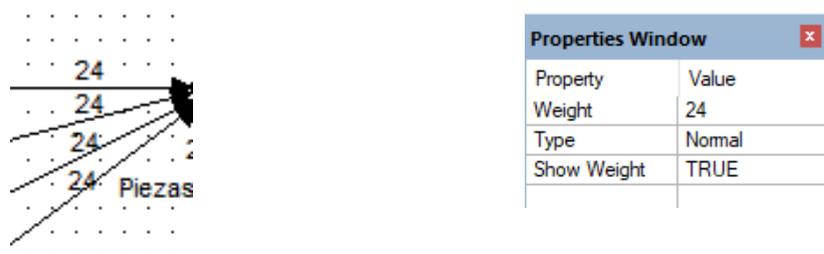


Figura 74: Representación gráfica de la entidad, sentido y propiedades Fuente: Propia

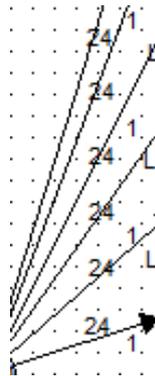
Place 5: Representa el stock de piezas que dispone la zona de crossdock y están listas para ser recogidas y embarcadas por parte de los operarios.



Properties Window	
Property	Value
Name	Piezas en Cro...
Size	Normal
Show Name	TRUE
Show Capacity	TRUE
Initial Tokens	1000
Current Tokens	1000
Capacity	25459
Tokens Count	0

Figura 75: Representación gráfica de la entidad, sentido y propiedades Fuente: Propia

Arc 6: Representa la cantidad de piezas que son recogidas por los operarios de embarque.



Properties Window	
Property	Value
Weight	24
Type	Normal
Show Weight	TRUE

Figura 76: Representación gráfica de la entidad, sentido y propiedades Fuente: Propia

Transition 4: Representa cada operario encargado de recoger las piezas de la zona de crossdock y llevarlas al transporte para su embarque. Para esta simulación, el tiempo estimado para cargar las 12 cajas (compuesta por 24 piezas) en el camión es de 1 minuto.



Figura 77: Representación gráfica de la entidad, sentido y propiedades Fuente: Propia

Place 6: Representa cada uno de los camiones que llevarán las piezas al destino necesario. Para esta simulación, los trailers poseen una capacidad de 8700 piezas o 4.350 cajas.

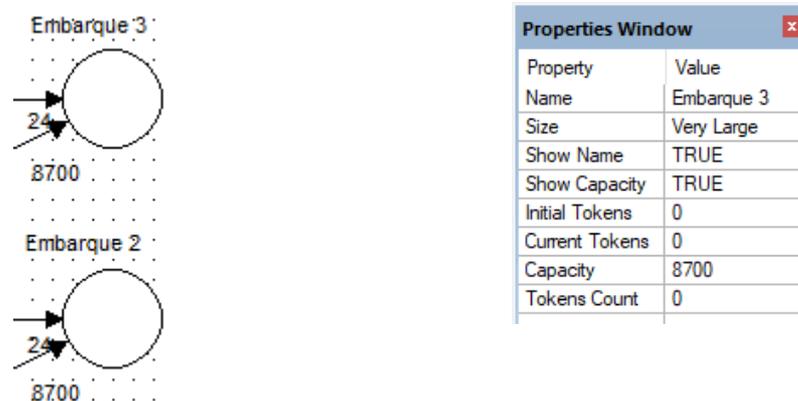


Figura 78: Representación gráfica de la entidad, sentido y propiedades Fuente: Propia

La red de Petri completa puede visualizarse a continuación:

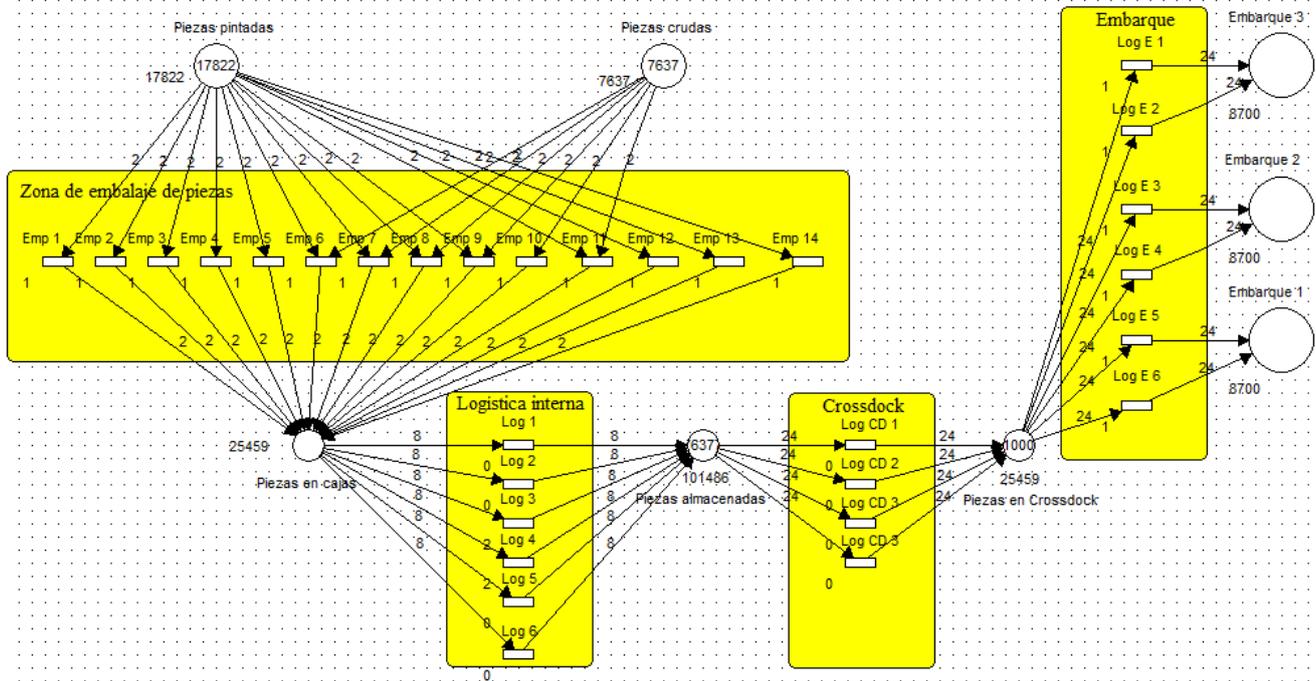


Figura 79: Representación gráfica de la red de Petri completa Fuente: Propia

Resumen de resultados obtenidos para la simulación de 780 minutos (13 hs de producción):

- Para poder embalar las 17822 piezas pintadas y las 7637 piezas crudas se necesitaron hasta 14 operarios (Emb_1... 14) en un plazo de 780 minutos.
- Se necesitaron 6 operarios de logística interna (Log_1...6) para llevar las cajas desde la zona de embalajes hasta los racks correspondientes y poder mantener el stock de seguridad en el nivel adecuado.
- Se necesitaron 4 operarios de logística interna (Log CD_1...4) para recoger las cajas desde la zona de racks y ordenarlas en la zona de crossdock, respetando la capacidad máxima del mismo de 25.459 piezas (producción diaria máxima).
- Se necesitaron 6 operarios para recoger las cajas desde la zona de crossdock y colocarlas dentro de los 3 camiones.

Otros datos relevantes obtenidos:

- Cada embarque logró completarse en aproximadamente 275 minutos (4,6 hs). Los 6 operarios de embarque quedaron ociosos 505 minutos. Dado que completaron con sus tareas antes de cumplir sus 6,5 hs productivas, solamente serán necesarios para un solo turno.

Simulation Data generated by HPSim Oct-20-2020 23:26:59										
Count/ Steps	Time/ ms	Piezas pintadas	Piezas crudas	Piezas en cajas	Piezas almacenadas	Piezas en Crossdock	Embarque 1	Embarque 3	Embarque 2	
3940	260	11060	4521	18	58609	16	8688	8640	8688	
3941	260	11058	4519	20	58609	16	8688	8640	8688	
3942	260	11056	4519	22	58609	16	8688	8640	8688	
3943	260	11054	4519	24	58609	16	8688	8640	8688	
3944	260	11052	4517	26	58609	16	8688	8640	8688	
3945	261	11052	4517	26	58609	16	8688	8640	8688	
3946	261	11052	4515	20	58593	40	8688	8640	8688	
3947	261	11050	4513	14	58577	40	8688	8664	8688	
3948	261	11048	4513	8	58561	40	8688	8688	8688	

Tabla 16: La imagen muestra los resultados obtenidos de la simulación Fuente: Propia

- La zona de crossdock se completó a los 525 minutos (8,75 hs). Por lo tanto, los operarios quedaron ociosos aproximadamente 255 minutos (4,25 hs). Es posible que los 4 operarios en el tiempo ocioso sean destinados al ingreso y almacenamiento de materia prima.

Simulation Data generated by HPSim Oct-20-2020 23:26:59										
Count/ Steps	Time/ ms	Piezas pintadas	Piezas crudas	Piezas en cajas	Piezas almacenadas	Piezas en Crossdock	Embarque 1	Embarque 3	Embarque 2	
7895	524	4206	1359	8	40657	25312	8688	8688	8688	
7896	524	4204	1359	10	40657	25312	8688	8688	8688	
7897	524	4202	1359	12	40657	25312	8688	8688	8688	
7898	524	4200	1357	14	40657	25312	8688	8688	8688	
7899	524	4198	1357	16	40657	25312	8688	8688	8688	
7900	524	4196	1357	18	40657	25312	8688	8688	8688	
7901	524	4194	1355	20	40657	25312	8688	8688	8688	
7902	524	4192	1353	22	40657	25312	8688	8688	8688	
7903	524	4190	1351	24	40657	25312	8688	8688	8688	
7904	524	4188	1349	26	40657	25312	8688	8688	8688	
7905	525	4188	1349	26	40657	25312	8688	8688	8688	
7906	525	4186	1349	20	40641	25336	8688	8688	8688	
7907	525	4186	1347	14	40625	25360	8688	8688	8688	
7908	525	4184	1347	8	40609	25384	8688	8688	8688	
7909	525	4182	1345	2	40593	25408	8688	8688	8688	
7910	525	4180	1345	4	40593	25408	8688	8688	8688	

Tabla 17: La imagen muestra los resultados obtenidos de la simulación Fuente: Propia

9 - Estudio del proceso industrial

Para garantizar un proceso de fabricación fluido de inyección y pintura, es conveniente adoptar un sistema por estaciones. El producto se desplaza a lo largo de un flujo uniforme continuo y los recursos están dispuestos alrededor de la ruta que sigue el producto:



Figura 80: La imagen representa el sistema de fabricación por estaciones de trabajo y su linealidad Fuente: Propia

Ventajas:

- Tasas de procesamiento más bajas.
- Inventarios reducidos.
- Menos tiempos improductivos por el cambio de productos y manejo de materiales.

En nuestro proceso de fabricación debemos tener en cuenta las siguientes operaciones y o sectores:

- Recepción de materiales (REC)
- Almacén de materia prima (AMP)
- Inyección (INY)
- Control de calidad (CDC)
- Pintura (PIN)
- Almacén de semi elaborado (ASE)
- Almacén de producto terminado (APT)
- Embalaje (EMB)
- Despacho y embarque (DES)

Es importante lograr que el proceso sea sumamente fluido, evitar retrocesos del producto, cruces de flujo y de alta eficiencia. Para llevar a cabo un control sobre estas cuestiones existe una herramienta gráfica llamada “Diagrama de cuerdas” cuyos objetivos principales son evidenciar los retrocesos existentes en un proceso de producción y determinar la eficiencia del proceso con la distribución estudiada. Utiliza círculos para representar operaciones o sectores, estos se unen con líneas que indican el flujo. Si se produce un salto hacia delante las líneas de flujo se colocan por encima, si el salto es hacia atrás (retroceso) las líneas se ubican por debajo. Siempre que se produzca un salto

hacia delante o hacia atrás se debe considerar que la pieza pasa por las etapas intermedias presentes, para obtener una mejor noción de la eficiencia del proceso. A continuación, se detallará el esquema correspondiente según las piezas de fabricación individual:

Nro	Pieza	Tipo de pieza	Secuencia de operaciones	Total pasos
1	Paragolpe delantero crudo	Producto semi-elaborado	REC-AMP-INY-CDC-EMB-ASE-DES	7
2	Paragolpe trasero crudo	Producto semi-elaborado	REC-AMP-INY-CDC-EMB-ASE-DES	7
3	Paragolpe delantero pintado	Producto terminado	REC-AMP-INY-CDC-PIN-CDC-EMB-APT-DES	9
4	Paragolpe trasero pintado	Producto terminado	REC-AMP-INY-CDC-PIN-CDC-EMB-APT-DES	9
5	Cachas de espejos crudo	Producto semi-elaborado	REC-AMP-INY-CDC-EMB-ASE-DES	7
6	Cachas de espejos pintado	Producto terminado	REC-AMP-INY-CDC-PIN-CDC-EMB-APT-DES	9
7	Guardabarros crudo	Producto semi-elaborado	REC-AMP-INY-CDC-EMB-ASE-DES	7
8	Guardabarros pintado	Producto terminado	REC-AMP-INY-CDC-PIN-CDC-EMB-APT-DES	9
9	Baguetas crudas	Producto semi-elaborado	REC-AMP-INY-CDC-EMB-ASE-DES	7
10	Baguetas pintadas	Producto terminado	REC-AMP-INY-CDC-PIN-CDC-EMB-APT-DES	9

Tabla 18: muestra las diferentes piezas a fabricar y la secuencia de operaciones necesarias para realizarlas Fuente: Propia

Diagrama de cuerdas:

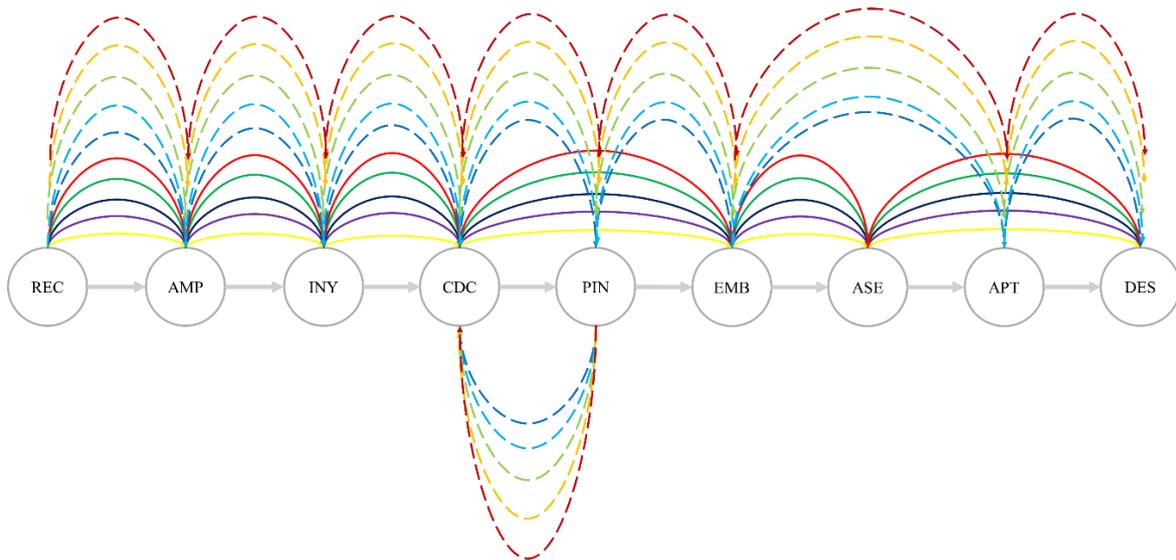


Figura 81: La imagen representa el diagrama de cuerdas basado en la Tabla 19 Fuente: Propia

La eficiencia del proceso según las condiciones planteadas anteriormente es de 88,9%, producto de la división entre la sumatoria de los pasos realizados por pieza y el total de operaciones disponibles ideales:

$$Eficiencia = \frac{\sum Total\ de\ pasos\ por\ pieza}{\sum Total\ de\ pasos\ ideales} \times 100$$

Ecuación 6: la fórmula permite calcular la eficiencia del proceso industrial desde la recepción de materia prima hasta su despacho

Reemplazando:

$$Eficiencia = \frac{7 + 7 + 9 + 9 + 7 + 9 + 7 + 9 + 7 + 9}{9 \times 10} \times 100 = 88,9\%$$

Podemos visualizar que las piezas pintadas generan un retroceso en el flujo de fabricación ya que pasan del control de calidad (CDC) a las cabinas de pintura (PIN) y luego deben ser enviadas nuevamente al control de calidad (CDC) para finalmente, si aprueban los controles, pasar al almacén de producto terminado (APT) y a su posterior despacho (DES).

Para solucionar este retroceso, sería conveniente generar un nuevo sector de control de calidad, pero dedicado únicamente al control de las piezas pintadas, ubicado inmediatamente luego de las cabinas de pintura y la zona de embalaje para evitar traslados innecesarios a través de la fábrica e interrumpir la fluidez del proceso.

Para desarrollar e implementar este nuevo sector, utilizaremos los mismos principios de cálculo que demostramos anteriormente en este Trabajo Final de Grado. Dado que el flujo de piezas es un 30% menor (producto de que el 70% de las piezas son pintadas) respecto del que se tuvo en cuenta para el cálculo de analistas de calidad de inyección, en este caso necesitaremos solamente 3. El método de inspección será exactamente el mismo que el utilizado durante el control de calidad de inyección (muestreo aleatorio sistemático de lotes).

9.1 - Análisis de afinidades productivas y de servicio

Para poder definir la cercanía de sectores dentro de la planta, haciendo foco sobre la fluidez del proceso y la calidad del producto, es necesario llevar a cabo un análisis de afinidad productivo y de servicio. El método consiste en determinar las principales operaciones productivas o de servicio y establecer mediante una letra el nivel de necesidad de cercanía con cada sector (A: absolutamente necesario, E: Especialmente importante, I: importante, O: ordinariamente importante, U: sin importancia, X: no deseable) a través de un diagrama en forma de triángulo. En nuestro proceso, podemos encontrar los siguientes sectores u operaciones:

Productivo:

- Recepción de materiales
- Almacén de materia prima
- Inyección

- Control de calidad
- Pintura
- Almacén de semi elaborado
- Almacén de producto terminado
- Embalaje
- Despacho y embarque

Servicio:

- Sanitarios
- Pañol
- Sala de mantenimiento
- Vestuario
- Comedor
- Sala de control y reuniones operativas
- Estacionamiento
- Recepción
- Oficina administrativa
- Enfermería
- Sala de recambio y carga de baterías
- Sala de máquinas

Teniendo en cuenta los sectores y operaciones detallados anteriormente, se procede a desarrollar el diagrama de afinidades:

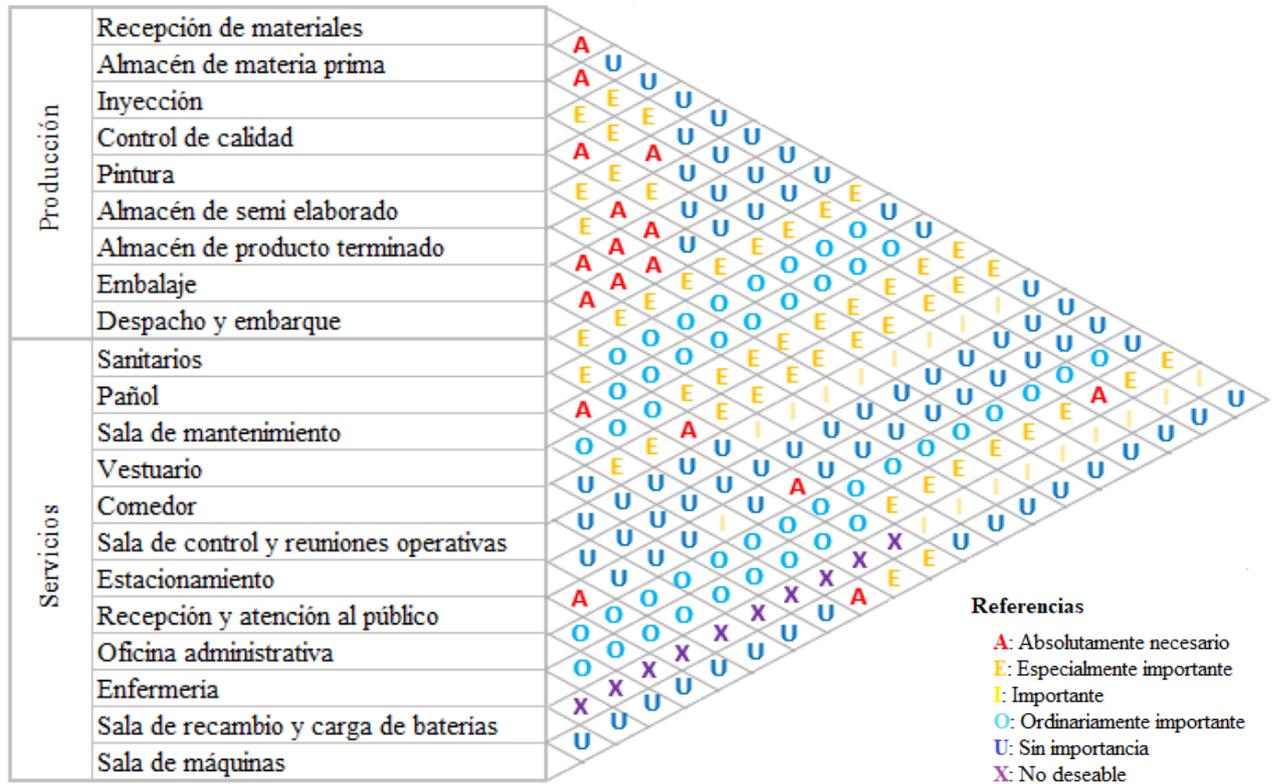


Figura 82: El esquema representa la necesidad de cercanía entre sectores de la Planta. Se lee por intersección, por ejemplo, entre la sala de máquinas y la Sala de recambio y carga de baterías se ubica la letra “U” (sin importancia) Fuente: Propia

Como puede observarse en el diagrama, existen varios puntos importantes a tener en cuenta para definir las ubicaciones de los diferentes sectores:

- **Acceso a sanitarios:** La distancia de cada sector respecto a los sanitarios debe ser lo más corta posible con el objetivo de prevenir potenciales accidentes (producto de largas distancias o cruces con de personal con flujos logísticos), ausencias prolongadas del puesto de trabajo, entre otros. Además, es importante que la cantina y comedor tengan acceso directo a sanitarios para prevenir largos viajes luego del horario de refrigerios, almuerzos o cenas.
- **La recepción logística** debe estar cerca del almacén de las materias primas con el objetivo de evitar recorrer largas distancias con grandes cargas, incrementando la probabilidad de accidentes de todo tipo (personal, de mercadería, entre otros).

- Es importante que los controles de calidad (de inyección y de pintura) se ubiquen cerca de donde se generen las piezas. Por ejemplo, el sector de control de calidad de inyección, debe estar a continuación de las inyectoras, con el objetivo de reducir desvíos del flujo normal. El sector de calidad de pintura debe estar a continuación de la cabina de pintura de laca por el mismo criterio que el anterior.
- La distancia entre el pañol y los sectores de producción no debiera ser demasiado larga para evitar largas ausencias en los puestos de trabajo producto de que el personal operativo necesite adquirir algún tipo de herramienta o consumible.
- La zona de Recepción y Atención al público debe tener sanitarios cercanos para evitar que personas no autorizadas circulen dentro de la Planta. Además, los estacionamientos reservados para personas con capacidades diferentes deben estar lo más cerca posible de la recepción y de las oficinas administrativas dado que, dependiendo de las capacidades que posea el individuo, podrían ocupar diferentes puestos (productivos o de servicio) y no sería ideal que deban recorrer largas distancias para poder trabajar.
- La zona de Despachos y Embarques debe estar cercana al almacén de producto terminado y semi terminado, con el objetivo de reducir las distancias respecto del crossdock y de los muelles de embarque.
- La sala de mantenimiento debe estar cerca del pañol dado que necesitarán diversos tipos de consumibles, herramientas o piezas de recambio producto de sus labores diarias.

10 - Dimensionamiento de Layout

Antes de llevar a cabo el Layout es necesario tener en cuenta, además de las afinidades entre sectores, la superficie, volumen y peso que ocuparán las principales maquinarias que permitirán la fabricación de autopartes, a saber:

10.1 - Consolidado de maquinarias e instalaciones de producción

Cabinas de pintura	Superficie total	Volumen total	Peso unitario
<ul style="list-style-type: none"> • MX 2000 	720,00 m ²	3960,00 m ³	1.000 kg
Compresores de aire			
<ul style="list-style-type: none"> • AT5/25 250L • AT7.5/30 270L 	5,04 m ² 3,00 m ²	5,04 m ³ 3,60 m ³	186 kg 200 kg
Inyectoras			
<ul style="list-style-type: none"> • SM 1050 • SM 3000 	299,97 m ² 750,00 m ²	839,92 m ³ 3000,00 m ³	47.000 kg 134.998 kg
Motores Asincrónicos			
<ul style="list-style-type: none"> • W22 NEMA Premium 	0,80 m ²	0,64 m ³	76 kg
Robots			
<ul style="list-style-type: none"> • EPX 1250 	68,00 m ²	95,20 m ³	230 kg
VDF (variador de frecuencia)			
<ul style="list-style-type: none"> • ATV71HC13N4 	0,13 m ²	0,15 m ³	116 kg
Total general	1.850 m²	7.910 m³	183.800 kg

Por otro lado, para poder dimensionar la mayoría de los espacios dedicados a servicios y bienestar del personal, es necesario conocer la cantidad de personas que trabajarán día tras día en la Planta. Es por ello que hemos consolidado la cantidad de empleados por turno y gerencia calculados oportunamente en el Trabajo Final de Grado:

10.2 - Consolidado de Capital Humano necesario

Sector/Gerencia	Empleados	Turnos cubiertos
Calidad de producto y materia prima (producción)	17	
Analista de control de calidad	14	Doble turno
Gerente de calidad	1	Simple turno
Supervisor de control de calidad	2	Doble turno
Coordinación de producción y logística (producción)	77	
Líder de logística operativa interna	2	Doble turno
Operario de logística interna en fábrica	16	Doble turno
Operario de reacomodamiento de medios pintura	16	Doble turno
Operario logístico de almacén	12	Doble turno
Operario logístico de Crossdock	8	Doble turno
Operario logístico de embalaje	14	Doble turno
Operario logístico de embarque	6	Simple turno
Planificador de la producción	1	Simple turno
Supervisor de almacén y despacho	2	Doble turno
Inyección (producción)	42	
Operario de inyectora	38	Doble turno
Supervisor de línea de inyección	4	Doble turno
Atención a clientes (servicio)	6	
Recepción y atención a clientes	6	Doble turno
Comercialización de producto (servicio)	3	
Analista comercial SR/SSR	2	Simple turno
Gerente comercial	1	Simple turno
Gerencia de Abastecimiento (servicio)	3	
Comprador SR/SSR	2	Simple turno
Líder de compras industriales	1	Simple turno
Contabilidad y Finanzas (servicio)	5	
Administrativo SR	2	Simple turno
Administrativo SSR / Junior	2	Simple turno
Gerente de Contabilidad y Finanzas	1	Simple turno
Coordinación de producción y logística (producción)	7	
Analista de procesos SR/SSR	1	Simple turno

Gerente de logística	1	Simple turno
Ingeniero de procesos	1	Simple turno
Pasantes de ingeniería	4	Simple turno
Global (servicio)		
Director general	1	Simple turno
Limpieza general (servicio tercerizado)	32	
Líder de limpieza	2	Doble turno
Operario de limpieza	30	Doble turno
Mantenimiento (servicio)	12	
Gerente de mantenimiento	1	Simple turno
Operario de mantenimiento	8	Doble turno
Supervisor de mantenimiento	2	Doble turno
Lic. en Seguridad e Higiene	1	Simple turno
Medicina (servicio tercerizado)	3	
Enfermero	2	Doble turno
Médico	1	Doble turno
Recursos humanos (servicio)	3	
Analista RRHH SR/SSR	2	Simple turno
Gerente de RRHH	1	Simple turno
Seguridad (servicio tercerizado)	12	
Guardia de seguridad	12	Triple turno

Resultados consolidados:

Tipo de trabajo	Turno mañana	Turno tarde	Turno noche	Total general
Producción	105	99	0	204
Servicio (*)	19	7	4	30

Tabla 19: representa un consolidado de empleados de producción y servicio por turno Fuente: Propia

(*) El horario de los empleados de servicio es de 10:00 hs a 18:00 hs de lunes a viernes con el objetivo de que se solapen temporalmente con ambos turnos de producción, excepto el personal de vigilancia quien trabaja las 24 hs de día, los 365 días del año.

Por último, para definir la distancia entre inyectoras y la extensión de los pasillos de traslado de materias primas y productos semielaborados/terminados es necesario definir las maquinarias industriales más adecuadas según la necesidad.

Para el flujo logístico relacionado con el traslado de medios vacíos o con piezas, serán necesarios carros/tractores de arrastre. En esta instancia se abren dos posibilidades, tractores de arrastre conducidos por operarios o tractores de arrastre autónomos (AGV⁵⁴). Las ventajas y desventajas de cada uno deben definirse en base al proceso. En este Trabajo Final de Grado, a nivel conceptual y de origen, se priorizan las siguientes cuestiones:

- Incremento en la eficacia y la productividad derivados de la mejora en la velocidad y en la manipulación y manejo de los materiales.
- Reducción de la probabilidad de riesgo de los empleados frente a accidentes por error humano.
- Reducción de pérdidas por daños potenciales sobre los materiales transportados.
- Reducción de costes de mantenimiento de los vehículos, ya que se puede programar el uso de forma eficiente para obtener el máximo rendimiento con el mínimo desgaste.
- Reducción de emisiones de CO₂.
- Bajo consumo energético.
- Aptitud para industria 4.0.

Es por estas razones que se seleccionarán carros de arrastre autónomos. Existen diferentes tipos de guiado:

- **Sistema Filoguiado:** el AGV se desplaza guiándose por un hilo conductor instalado bajo el suelo, al que se accede mediante pequeñas ranuras donde se introduce un vástago conectado al vehículo. Este método de guiado es muy sencillo pero es el que posee menor flexibilidad, ya que las rutas de movimiento del AGV se limitan a las rutas con el hilo instalado. Existen alternativas más cómodas como las cintas magnéticas que evitan hacer obra para instalar el hilo. Son los más comunes más utilizados a nivel global en la industria.

⁵⁴ **AGV:** Vehículos de Guiado Automático: son vehículos que de forma autónoma transportan carga sin necesidad de ser guiado por un operario. Reduciendo así tiempo y costes.

Para ejecutar su principal característica de circular como un vehículo autónomo, sin necesidad de la intervención del ser humano como piloto del mismo, estos vehículos disponen de diferentes sistemas de guiado y de un complejo sistema de control y gestión.



Figura 83: Imagen de AGV guiado por cinta magnética Fuente: ASTI

- **Visión Artificial.** El AGV reconoce mediante visión artificial una tira de espejo catadióptrico, calculando y corrigiendo en cada instante la desviación existente entre el AGV y la ruta. En función de la ruta que tiene programada y la distancia obtenida mediante la visión artificial, el AGV realiza los movimientos necesarios para continuar con la ruta prefijada.



Figura 84: Imagen de AGV guiado por cinta magnética Fuente: ASTI

- **Opto-guiado.** El AGV se desplaza guiándose por una tira de espejo que se extiende por los recorridos del AGV, colocado de forma continua en los laterales de los caminos (o en el suelo) o en las esquinas donde el AGV tiene que tomar una decisión. Mediante catadióptrico el AGV puede detectar la guía. La instalación de estas guías de espejo no requiere de una obra como en el caso del filoguiado, y la modificación o creación de nuevas rutas es menos compleja, ya que basta con dibujar con tiras de espejo las nuevas zonas para definir los movimientos en el AGV. Son bastantes más costosos que los guiados por cinta magnética.

- **Guiado Láser.** El AGV va equipado con una unidad láser giratoria que realiza barridos para identificar en su entorno el mayor número de reflectores posibles para determinar su posición en el mapa de la instalación que tiene en memoria. Para realizar el mapa de la instalación se sitúan espejos catadióptricos en posición vertical en puntos estratégicos de toda instalación. Estos espejos serán puntos de referencia con los que calcular la posición del AGV, de la misma manera que el Opto-guiado. La principal ventaja de este método de guiado es la increíble sencillez con la que se puede crear una estación de carga/descarga de palés o se puede modificar una ruta. En apenas 10 minutos, una persona formada puede crear una nueva ruta, sin que sea preciso realizar ninguna modificación en la instalación de los reflectores.
- **Mapeado 2D-3D.** Esta tecnología permite que no sea necesaria la instalación de ningún elemento externo al AGV, ya que mediante todos los sensores que posee (cámaras, LIDAR, ultrasonidos...) son capaces de crear un mapa virtual del entorno en el que están trabajando (en 2D o 3D dependiendo de la tecnología). Esto facilita enormemente la puesta en marcha de estos dispositivos, ya que simplemente es necesario mover al AGV de forma manual por los caminos que va a recorrer, mapeando los mismos e internalizando toda la información necesaria para su posterior utilización. Es el sistema más flexible y adaptativo.

Independientemente del tipo de guiado, es necesario que tengan la capacidad de arrastrar hasta 4 medios (pueden ser mixtos, es decir algún medio con piezas chicas y piezas grandes, o solo con piezas grandes). En el caso de máxima carga, el AGV deberá poder arrastrar hasta 150 kg (cada medio puede pesar hasta 30 kg: 12 kg producto de 4 paragolpes y 18 kg producto del peso del medio).

El fabricante español ASTI Mobile Robotics altamente reconocido a nivel mundial por la fabricación de AGV, posee un amplio abanico de ofertas. El modelo E 480 (fuente: <https://www.astimobilerobotics.com/>) apto para industria 4.0, posee una capacidad de arrastre de hasta 800 kg, batería de Gel, movimiento unidireccional, dimensiones de 1,7 mts de largo, 0,5 mts de ancho y 0,3 mts de alto, velocidad máxima de 800 mm/seg, sistemas de seguridad por láser, PLC y E-Stop, y carga en línea o cambio manual de baterías. Posee un costo unitario aproximado de 14.000 USD CIF o 1,07 millones de pesos AR (cambio oficial al 04/10/2020: 1 dólar estadounidense = 76,88 pesos argentinos – Fuente: Google Finance).



Figura 85: Imagen de AGV modelo E 480 Fuente: ASTI

Teniendo en cuenta la cantidad de medios, velocidad del AGV (según el fabricante es de 0,8 m/s) y los metros de recorrido previstos (la extensión del circuito puede ser de hasta 260 mts) se procede a simular la cantidad necesaria de AGVs:

Avance (mts)	Tiempo (segundos)
0,8	1
1,6	2
2,4	3
3,2	4
4	5
4,8	6
5,6	7

Tabla 20: Extracto de tabla que simula la posición del AGV por segundo. Fuente: Propia

Según la simulación, el tiempo que demora el AGV en recorrer el 100% del circuito es de 5,4 minutos. Sin embargo, cada carga del AGV puede demorar aproximadamente 30 segundos por medio, multiplicándolo por 4 (capacidad máxima del tren) el tiempo de recorrido del circuito puede elevarse a 7,4 minutos. En total para poder cumplir con la máxima cadencia horaria serán necesarios 15 AGVs.

Datasheet:

Características	1	Marca			TOYOTA		
	2	Modelo			8FBN15		
	3	Capacidad de carga		kg	1500		
	4	Centro de carga		mm	500		
	5	Tipo de motor			Eléctrico		
	6	Posición de trabajo			Sentado		
	7	Tipo de ruedas	Delanteras/traseras			Neumáticas	
	8	Ruedas (x = motoras)	Delanteras/traseras			2x/2	
Dimensiones	9	Altura máxima de la horquilla (AMH)		mm	3000		
	10	Elevación libre		mm	145		
	13	Dimensiones de la horquilla	T x A x L	mm		35x100x1070	
		Extensión de la horquilla (exterior)	MAX./MIN.	mm		920/200	
	14	Ángulo de inclinación	Arriba/abajo	grados		7/10	
	15	Longitud a la cara anterior de la horquilla		mm		2080	
	16	Anchura total		mm		1060	
	17	Altura con la columna bajada		mm		1970	
	18	Altura con la columna extendida		mm		4250	
	19	Altura hasta la rejilla de protección		mm		2085	
	21	Radio de giro exterior		mm		1770	
	22	Distancia a la carga (línea central del eje delantero a la cara anterior de la horquilla)		mm		405	
		Proyección posterior		mm		265	
	23	Anchura mínima y básica del pasillo para carga/descarga a 90° (más longitud a la carga y despeje)		mm		2175	
	Peso	32	Peso total	Sin batería	kg		2210
33		Distribución del peso (con batería estándar)	Carga máxima	Delantera	kg	3900	
				Trasera	kg	470	
34			Sin carga	Delante	kg	1440	
				Trasera	kg	1430	
Ruedas y neumáticos	35	Ruedas	Cantidad	Delantera/trasera		2/2	
	36			Delanteras			6.00-9-10PR (I)
	37			Traseras			5.00-8-10PR (I)
	38	Distancia entre ejes		mm		1410	
	39	Rodadura	Delantera	mm		885	
			Trasera	mm		895	
		Altura de espaldar		mm		1220	
		Despeje de rejilla de protección		mm		1065	
		Altura del contrapeso		mm		940	
		Altura del centro de barra de arrastre		mm		355	
		Altura de escalón/altura de Piso		mm		465/615	
	40	Despeje al suelo (carga máxima)	Mínimo <columna>	mm		80	
	41		Centro de la distancia entre ejes	mm		115	
	Grado de despeje	Armazón/contrapeso	% (tanθ)		34/45		
42	Frenos	De trabajo (pedal)			Hidráulico		
43		De estacionamiento			De mano		
Motor y unidad de control	45	Batería	Voltaje/capacidad (5 horas)	Capacidad estándar	V/AH	48/390	
				Capacidad alta	V/AH	48/565	
	46		Peso (con batería de capacidad estándar)	kg		660	
	47	Motores eléctricos	Marcha	kW		7,6	
	48		Manejo de cargas/Dirección de potencia	kW		9,5	
54	Tipo de control	Marcha			AC de inversión		
		Manejo de cargas/Dirección de potencia			AC de inversión		
57	Presión de trabajo	Para aditamentos		Mpa (psi)		11,8	

Tabla 21: Hoja de datos de auto elevador Toyota modelo 8FBN15. Fuente: Toyota industries Argentina

Cada auto elevador eléctrico posee un costo de 31.000 USD o 2,3 millones de pesos AR (fuente: mercado libre). Cada operario de almacén, crossdock y embarque deberá disponer de uno. Entonces el total a adquirir debe ser de 15 auto elevadores (12 corresponden a los operarios y 3 de backup). El costo total es de 465.000 USD o 35,7 millones de pesos.

11 - Desarrollo del Layout de Planta

Teniendo en cuenta las necesidades propias del proceso y personal enumeradas anteriormente en este Trabajo Final de Grado, a continuación se detalla el Layout de Planta y luego se desarrollará la justificación de cada elección, sector por sector:

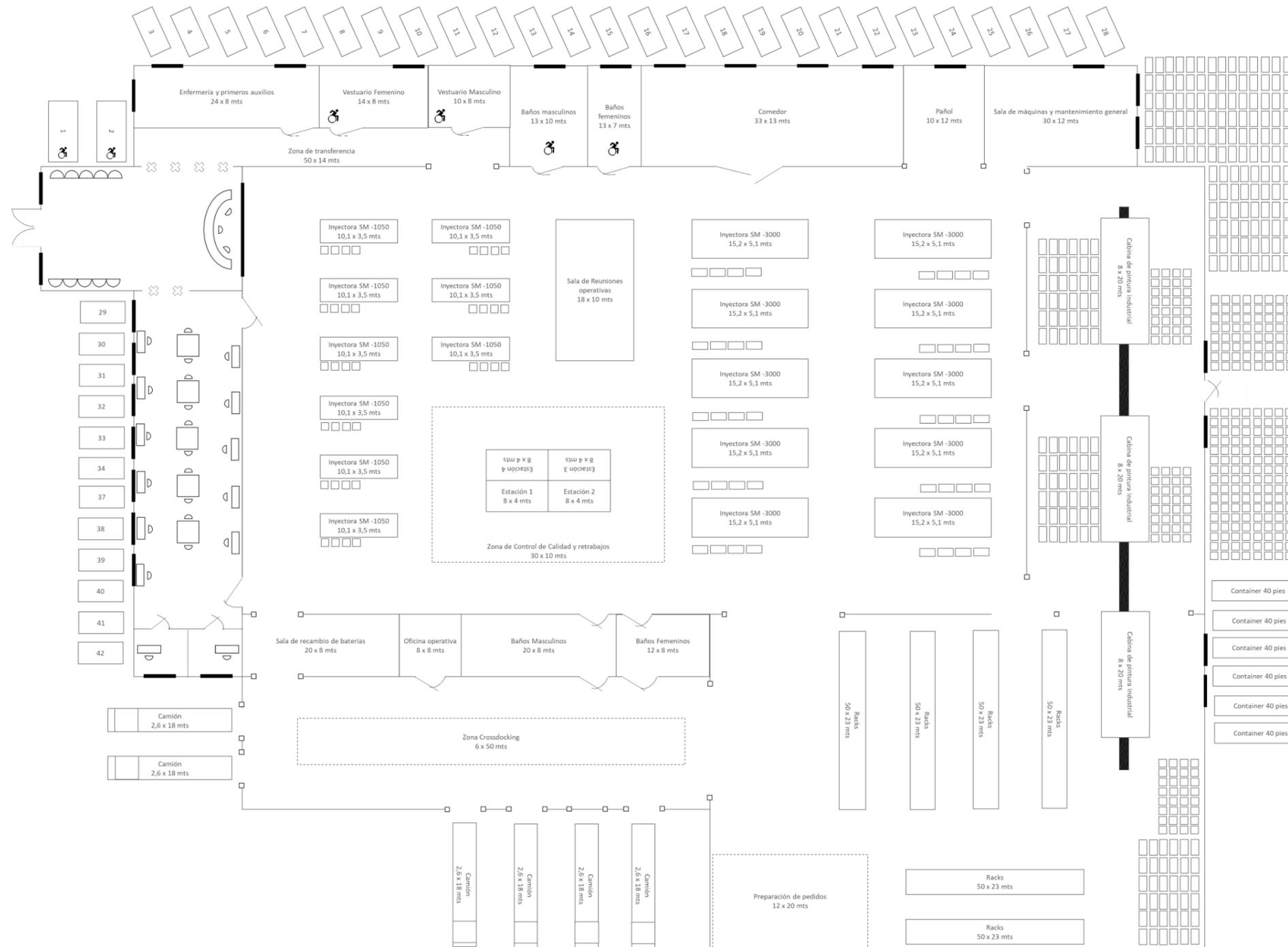


Figura 87: Esta imagen corresponde al Layout de la Planta Inyectora Fuente: Propia

Principales características:

- Superficie total cubierta: 26.000 metros cuadrados.
- 1.900 metros cuadrados de superficie apta para alto tránsito y maquinaria pesada.
- Estacionamiento apto para 42 vehículos.
- Recepción y atención al público.
- Vestuarios aptos para personal con capacidades diferentes.
- Control de ingreso y egreso de personal a través de molinetes.
- Cuatro sanitarios ubicados en ambas puntas de la Planta.
- Oficina administrativa apta para 23 personas.
- Comedor y cantina.
- Pañol.
- Sala de mantenimiento.
- Tres cabinas de pintura industriales con sistema de cinta transportadora
- 2.800 metros cuadrados dedicados a almacén y despacho
- 6 muelles de carga y descarga de material.
- Sala de recambio y carga de baterías.
- Zona de control de calidad de inyección 150 metros cuadrados.
- Sala de reuniones operativas.
- Zona de embalaje.

11.1 - Recepción y atención al público

La recepción de la Planta es un sector apto para ingreso y egreso de personal, como así también para clientes en caso de visitar la planta. La misma dispone 104 metros cuadrados techados. Posee 10 asientos en los laterales y un escritorio en forma de “U” 10 metros de largo con capacidad para 3 recepcionistas.

11.2 - Zona de transferencia

La zona de transferencia se encuentra inmediatamente luego de los 4 molinetes dedicados al control de ingreso y egreso de personal. Dispone de 700 metros cuadrados de superficie de los cuales, 192 metros cuadrados están dedicados a la enfermería y sala de espera del personal médico en planta, y otros 192 metros cuadrados a vestuarios de damas y caballeros, aptos para personal con capacidades diferentes y con aproximadamente 37 metros cuadrados de casilleros (normalmente se calculan 0,37 metros cuadrados por persona).

11.3 - Zona de inyección

Es la superficie más diversificada y de mayor tránsito de toda la Planta. Dispone de 10 inyectoras Chen Hsong SM 3000 y 9 inyectoras Chen Hsong SM 1050 de aproximadamente 140 Tn y 47 Tn respectivamente que ocupan en total más de 1.000 metros cuadrados. La distancia entre cada una de ellas es de 5 metros y 10 metros respecto de las paredes dando espacio suficiente para el traslado de medios a través de AGV.

En el centro de la zona, se ubica una sala de reuniones operativas de 180 metros cuadrados con capacidad para 50 empleados simultáneos. Además puede ser utilizada como sala de esparcimiento durante los descansos cortos de 15 minutos de refrigerios exigidos por el convenio laboral de UOYEP (Unión de Obreros y Empleados Plásticos).

En la parte inferior, posee una zona de 600 metros cuadrados dedicada al control de calidad con capacidad de 4 puestos de trabajo y superficie de maniobra necesaria de AGVs.

La forma casi cuadrada de la zona reduce las distancias de recorrido del personal y de los AGVs respecto de los diferentes sectores de la fábrica como mantenimiento, sala de baterías, sanitarios, oficinas, comedor, entre otros.

11.4 - Comedor y Cantina

El comedor posee una superficie de 430 metros cuadrados, apta para que 90 personas puedan almorzar, desayunar, tomar un refrigerio o cenar. Además dispone de dispensadoras de snacks y bebidas para aquellos que no deseen salir del predio.

11.5 - Pañol

El pañol posee una superficie de 120 metros cuadrados, apto para albergar herramientas, consumibles, piezas de recambio, entre otros. Se ubica al lado la sala de máquinas y mantenimiento general.

11.6 - Sala de máquinas y mantenimiento general

La sala dispone de 360 metros cuadrados y alberga las bombas joker de prevención de incendios, sistemas de protección y control de energía, entre otros. Además puede ser utilizada para realizar trabajos de mantenimiento en maquinaria industrial de logística (AGVs, auto elevadores, apiladoras, entre otras).

11.7 - Zona de pintura

La zona de pintura de 1.700 metros cuadrados dispone de una cinta transportadora operada por dos motores trifásicos de 100 HP cada uno, IP 54, de velocidad y torque variable gracias al variador de frecuencia, 3 cabinas de pintura de tamaño industrial aptas para pintura base agua (ventilación por Venturi), con 19 brazos robots dedicados a la dispersión de pintura y 480 metros cuadrados para depósito de stocks intermedios de proceso.

11.8 - Depósito

En el depósito (2.100 metros cuadrados) conviven tres tipos de materiales: Materia prima, Producto Semielaborado y Producto Terminado distribuidos a lo largo de 6 racks diferentes (de 22 mts de largo por 2,2 metros de ancho totalizando una capacidad de almacenamiento de hasta 306 pallets por nivel). Además, contiene una zona dedicada a la operación de embalaje de productos (240 metros cuadrados).

El costo aproximado de la obra civil es de 2,6 millones de USD (aproximadamente 100 USD por metro cuadrado)

12 - Intersección de flujos logísticos de abastecimiento, producto y embarque

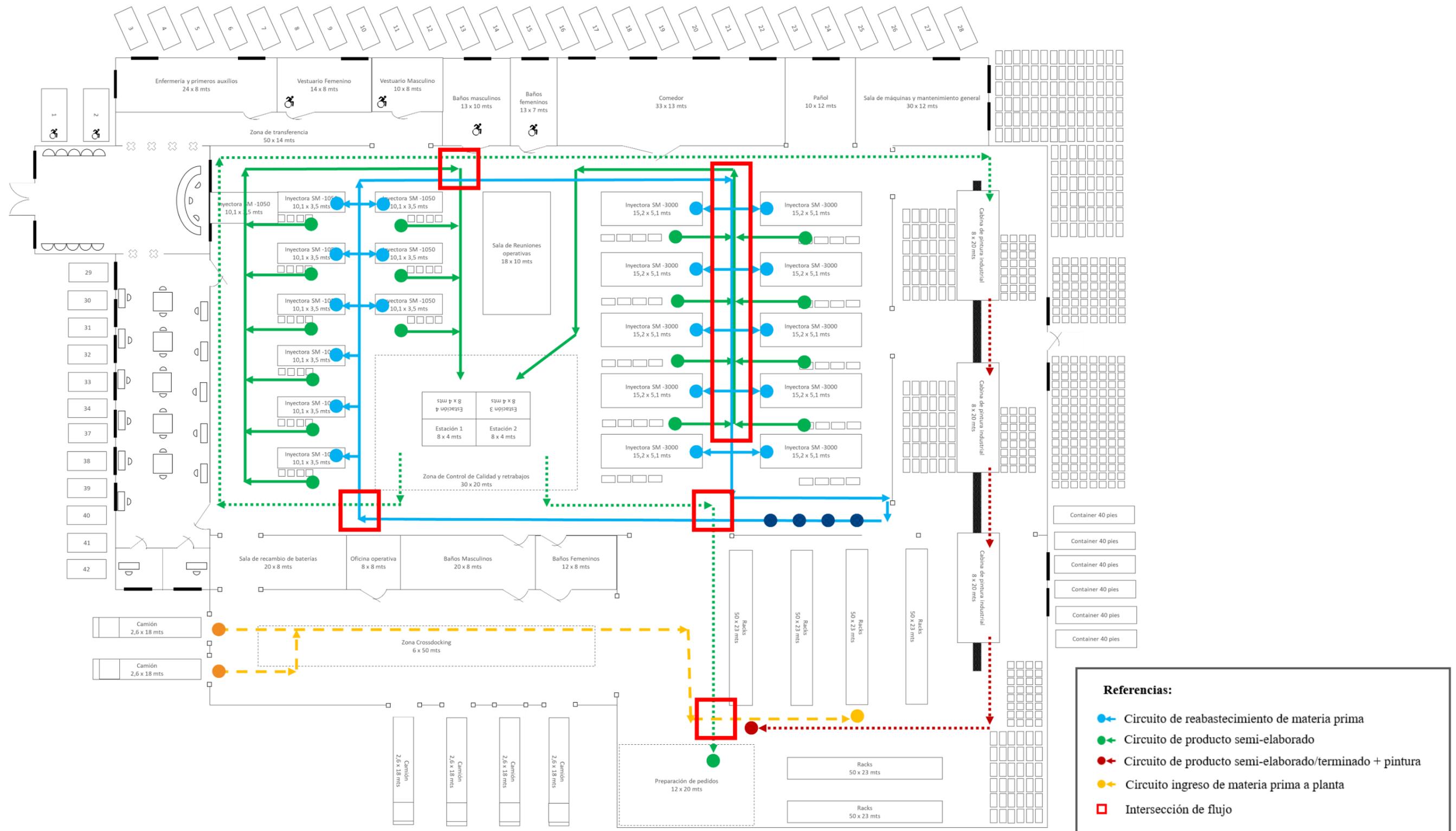


Figura 88: Esta imagen corresponde al Layout de la Planta Inyectora y los flujos logísticos Fuente: Propia

Analizando los flujos logísticos, se detallan los cruces más significativos:

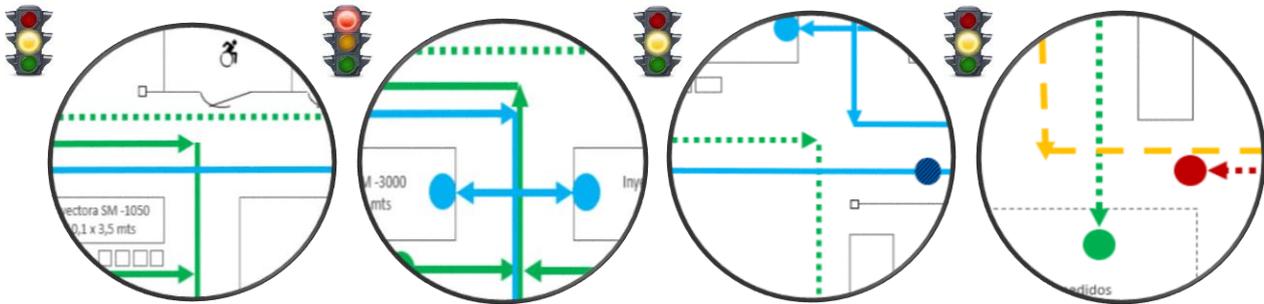


Figura 89: Estas imágenes corresponden a las intersecciones de mayor impacto según Layout Fuente: Propia

Los cruces de impacto bajo (semáforo en amarillo) representan intersecciones de flujos logísticos donde la probabilidad de cruce y tiempo de detención es baja respecto de la frecuencia de funcionamiento de los AGV. Se dan principalmente en los circuitos de abastecimiento (celeste) y circuito de producto semi elaborado (verde).

Los cruces de impacto medio (semáforo en rojo) representan intersecciones de flujos logísticos donde la probabilidad de cruce es alta y el tiempo de detención es significativo respecto de la frecuencia de funcionamiento de los AGV. Se da en la zona re abastecimiento de las inyectoras más grandes (SM-3000). Cuando se dimensionó el flujo, se utilizó una única cinta magnética. Para solucionar este cruce que se extiende desde las primeras a las últimas inyectoras (como muestra el Layout de intersección de flujos logísticos de abastecimiento, producto y embarque) será necesario colocar dos cintas magnéticas con 2 mts de separación entre ambas:

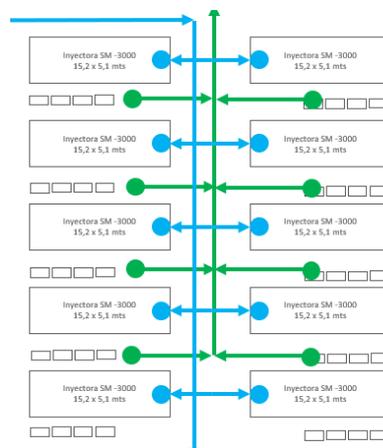


Figura 90: Esta imagen corresponde a la corrección de las cintas magnéticas en los circuitos de re abastecimiento y de producto semi elaborado Fuente: Propia

13 - Ubicación de Planta Inyectora

Las principales plantas automotrices se encuentran aglomeradas en el sur de Brasil cerca de la costa atlántica y en Argentina, mientras que en el norte se ubica la planta de Aguascalientes de Nissan, México. La distribución geográfica de las mismas presenta una gran ventaja desde el punto de vista logístico. Un proveedor podría abastecer de piezas a las principales terminales a través de transporte marítimo o por vía terrestre con camiones en una distancia no muy lejana una de otra. Sumada a esta cercanía, está la existencia del Mercosur⁵⁵. El tratado firmado en el año 1991 les permite a las naciones pertenecientes una zona de libre comercio y acuerdos de arancel común. Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay y Bolivia integran el bloque principal, mientras que Chile, Colombia, Ecuador, Perú, Guyana y Surinam son “estados asociados”.

Es importante para lograr una regionalización de la Planta que el predio esté cerca del puerto, presente buenos accesos a las principales rutas nacionales, presente mano de obra competitiva y además presente algún tipo de beneficio impositivo.

Como hemos desarrollado anteriormente en este Trabajo Final de Grado, el mayor consumo de autopartes para reparación y fabricación de vehículos se encuentran en Buenos Aires y en el Sur de Brasil:

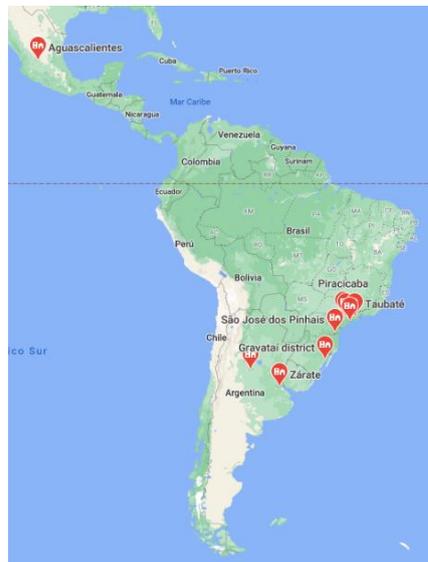


Figura 91: Es un mapa donde se representa la ubicación de las principales fábricas automotrices. Fuente: Propia

⁵⁵ **Mercosur:** Mercado común del sur: es un proceso de integración regional fundado en 1991 por Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay. En fases posteriores, el Mercosur ha incorporado a Venezuela y Bolivia, encontrándose el primero actualmente suspendido del bloque y el segundo en proceso de adhesión. Oficialmente el Mercosur informa también que Chile, Colombia, Ecuador, Perú, Guyana y Surinam integran el bloque como «Estados asociados».

13.1 - Beneficios impositivos

Según se establece en la Ley de Promoción Industrial 13.656 aquellas industrias que se instalen en Parques industriales nacionales, presentarán las siguientes reducciones arancelarias:

- Ingresos Brutos
- Impuesto Inmobiliario
- Impuesto de Sellos
- Impuesto a los Automotores

La cantidad de años de dichos beneficios dependerá del Partido donde se radique la Planta (Anexo II Decreto Reglamentario 523/08):

- Partido I (Partidos con mayor industrialización): 3 años

∇ Avellaneda, Bahía Blanca, Campana, Ensenada, General San Martín, La Matanza, Lanús, Lomas de Zamora, Merlo, Morón, Quilmes, San Isidro, Tigre, Tres de Febrero, Vicente López.

- Partido II (Partidos con Desarrollo Industrial Intermedio): 5 años

∇ Almirante Brown, Berazategui, Escobar, Esteban Echeverría, Florencio Varela, General Pueyrredón, General Rodríguez, Hurlingham, Ituzaingó, José C. Paz, Junín, La Plata, Malvinas Argentinas, Moreno, Olavarría, Pilar, San Fernando, San Miguel, San Nicolás, Zárate.

- Partido III (Partidos con Desarrollo Industrial Incipiente): 7 años

1. A. Gonzalez Chaves, Adolfo Alsina, Alberti, Ayacucho, Azul, Balcarce, Baradero, Bartolomé Mitre, Benito Juárez, Berisso, Bolívar, Bragado, Brandsen, Cañuelas, Capitán Sarmiento, Carlos Casares, Carlos Tejedor, Carmen de Areco, Castelli, Chacabuco, Chascomús, Chivilcoy, Colón, Coronel Dorrego, Coronel Pringles, Coronel Rosales, Coronel Suárez, Daireaux, Dolores, Exaltación de la Cruz, Ezeiza, Florentino Ameghino, General Alvarado, General Alvear, General Arenales, General

Belgrano, General Guido, General La Madrid, General Las Heras, General Lavalle, General Madariaga, General Paz, General Pinto, General Viamonte, General Villegas, Guaminí, Hipólito Yrigoyen, La Costa, Laprida, Las Flores, Leandro N. Alem, Lincoln, Lobería, Lobos, Luján, Magdalena, Maipú, Mar Chiquita, Marcos Paz, Mercedes, San Miguel del Monte, Monte Hermoso, Navarro, Necochea, Nueve de Julio, Patagones, Pehuajó, Pellegrini, Pergamino, Pila, Pinamar, Presidente Perón, Puán, Punta Indio, Ramallo, Rauch, Rivadavia, Rojas, Roque Pérez, Saavedra, Saladillo, Salliqueló, Salto, San Andrés de Giles, San Antonio de Areco, San Cayetano, San Pedro, San Vicente, Suipacha, Tandil, Tapalqué, Tordillo, Tornquist, Trenque Lauquen, Tres Arroyos, Tres Lomas, Veinticinco de Mayo, Villa Gesell, Villarino.

Asimismo, dicha cantidad de años se aumentará en un 50% si la Planta se radica dentro de un parque industrial o sector industrial planificado, no pudiendo superar en ningún caso los 10 años de exención.

13.2 - Parque industrial y logístico Paraná de las Palmas, Zárate, Pcia. de Buenos Aires

Se trata de un emprendimiento de 200 ha. Dotado con infraestructura de primer nivel, ubicado en el partido de Zárate, Provincia de Buenos Aires, República Argentina.

Se encuentra en una zona de cota alta (22 mts. sobre el Río Paraná de las Palmas), a 2.000 mts. de las Terminales Portuarias (Terminal Zarate) y a 5 Km de la Autopista Panamericana (Ruta Nacional 9 km. 90,500); linda con las vías del Ferrocarril Mitre con desvío ferroviario de carga de contenedores (Nuevo Central Argentino). A 2.000 mts. del centro de la ciudad de Zárate (Centro Cívico y Bancos).



Figura 92: Esta imagen a la ubicación geográfica del Parque Industrial en la localidad de Zárate Fuente: Parque industrial Paraná de las Palmas

13.3 - Accesos:

- MERCOSUR: Punto Focal de ingreso a la Mesopotamia a través del puente internacional Zárate-Brazo Largo y conexión directa al Mercosur.
- BUENOS AIRES - LA PLATA: Con acceso inmediato al anillo logístico Ruta AU6 que vincula Zárate con la ciudad de La Plata sin necesidad de penetrar en la Capital Federal y sin peajes.

- CUYO – CHILE: Vincula con Mendoza y toda la Región Cuyana Argentina y Chile con la consecuente salida al Pacífico.
- NOA - CORDOBA – ROSARIO: Acceso directo al Núcleo agroindustrial y los polos industriales más estratégicos del país.

13.4 - Infraestructura y Servicios:

1. Accesos internos: En Hormigón de alta resistencia (H30) con cordón y cuneta que permite tránsito pesado.
2. Energía Eléctrica: Tendido de media tensión en 13,2 KVA suministrado por la cooperativa Eléctrica de Zárate.
3. Comunicaciones: Acceso a telefonía y datos con fibra óptica.
4. Sistema de agua: Disponibilidad de agua subterránea de alta calidad que ha motivado la radicación de industrias que utilizan este recurso por sus propiedades.
5. Beneficios impositivos: Municipales: Derechos de Construcción, ABL, Tasa de Seguridad e Higiene y Vial. Provinciales: Tasa preferencial en Ingresos Brutos, Impuesto Inmobiliario, Sellos, Exención automotores utilitarios (hasta 5 unid.)
6. Promoción impositiva provincial: En Zarate, hasta 7,5 años para empresas que se radiquen en Parques Industriales aprobados por decreto.
7. Escrituración inmediata: Todos los lotes disponibles están aptos para su escrituración inmediata.
8. Acceso a financiación: La desarrolladora del Parque puede proveer financiación hipotecaria hasta el 50% del valor del lote con plazos y tasas muy favorables en comparación con financiaciones bancarias tradicionales.
9. Aduana: El Partido de Zárate dispone de aduana permitiendo a las empresas que trabajan con comercio exterior evitar concentrar estas actividades en otros sitios más lejanos.
10. Bancos cercanos: Los principales bancos se encuentran la Ciudad de Zarate a solo minutos del Emprendimiento.
11. Bomberos: A pocos minutos se encuentra la dotación de bomberos de Zárate (Rivadavia N° 1178 (2800) Zárate).
12. Servicios de Salud: Un hospital y una clínica privada a minutos del emprendimiento.

13. Perímetro arbolado: El perímetro del Parque se encuentra totalmente arbolado dando un entorno agradable a la vista y encuadrado en un concepto ecológico.
14. Desagües pluviales: El emprendimiento dispone de desagües pluviales e industriales.
15. Luminarias: Las principales calles internas están alumbradas.
16. FOS: Factor de ocupación del suelo: 0,6
17. FOT: Factor de ocupación total 1,6

13.5 - Datos geográficos, demográficos y económicos de la Ciudad de Zárate

Zárate es una ciudad argentina, cabecera del partido homónimo, ubicada en la provincia de Buenos Aires. Se sitúa sobre la ribera del río Paraná y se puede acceder a ella mediante la Autopista Buenos Aires - Rosario, las rutas nacionales 12 y 193 y la ruta provincial 6. Desde la promulgación, a fines del 2009, de la Ley provincial N° 14091 es conocida como la "capital provincial del tango".

Cuenta con 98 522 habitantes (Indec, 2010), lo que representa un incremento del 13,6% frente a los 86 686 habitantes (Indec, 2001) del censo anterior. Junto con la ciudad de Campana forman un aglomerado urbano que cuenta con 185 382 habitantes (Indec, 2010).



Figura 93: Locación geográfica de la Ciudad de Zárate en la Pcia. de Buenos Aires Fuente: Wikipedia

13.6 - Puertos marítimos

El puerto de Zárate se extiende entre los km 102 al 133 del río Paraná de las Palmas. Existen en el área del municipio numerosos muelles para la operación de buques de ultramar que operan en carga de graneles sólidos, contenedores y vehículos, además de las instalaciones para embarcaciones deportivas y de recreo. También se encuentra el puerto Las Palmas (Molca) perteneciente a Molinos Cañuelas en el paraje Las Palmas en el camino 038 Siendo su principal actividad la carga a granel de cereales.

13.7 - Educación

La zona de Zárate y Campana presenta numerosas universidades como la Universidad Tecnológica Nacional, la Universidad Popular de Zárate, entre otras. Además cuenta con gran cantidad de carreras humanísticas y terciarias.

13.8 - Clima

La temperatura media de invierno actualmente es de 8,0 °C y la de verano 27,2 °C. Un clima templado ideal para el desarrollo de la vida vegetal, animal y humana. La temperatura media anual es de 16.5 °C.

13.8 - Disponibilidad de lotes (actualizado a noviembre 2020)



Figura 94: Esta imagen muestra los diferentes lotes disponibles (desde 5.000 metros cuadrados) diferenciados para zona de Pymes, e industria general Fuente: Parque industrial Paraná de las Palmas

El costo por metro cuadrado es de aproximadamente 20 USD o 1.540 pesos AR (fuente: Zonaprop) dependiendo del acuerdo entre partes y de la ubicación del lote.

La superficie total de la Planta Inyectora 4.0 es de 26.000 metros cuadrados según el Layout planteado anteriormente, y en vistas de una posible expansión y del FOS (0,6) que establece el Parque Industrial, se necesitará un predio de 40.000 metros cuadrados, totalizando un costo aproximado de 800.000 USD o 61,5 millones de pesos AR y resultando una superficie de expansión (sin tener que adquirir otro lote) de hasta 3.600 metros cuadrados.

14 - Responsabilidad Social Empresaria - RSE

Con el objetivo de promover la integración local de la Planta con los habitantes de la Ciudad de Zárate, el sector de RRHH deberá trabajar en conjunto con el Ministerio de Educación para generar espacios de intercambio con estudiantes de nivel secundario y universitarios de zonas aledañas (Campana, Zárate y Escalada). La Empresa deberá generar la posibilidad de que los estudiantes que lo deseen puedan aprender trabajando en una industria con tecnología 4.0 (en días particulares, jornadas reducidas y tareas específicas) y así, compartir las experiencias vividas con sus familiares y promueva el desarrollo de nuevos emprendimientos de alta tecnología a nivel local.

Además, el sector de RRHH deberá generar capacitaciones periódicas a todos los empleados de la Planta con el objetivo de incorporar nuevos conocimientos relacionados con la industria, fomentar el desarrollo de nuevos proyectos de inversión, concientizar sobre la seguridad e higiene en la Planta y generar espacios de integración entre los diferentes sectores de la Empresa.

El sector de mantenimiento y seguridad e higiene deberán controlar periódicamente los niveles de ruido en la Planta, con el objetivo de proteger la seguridad de los empleados y además detectar precozmente posibles desgastes en la maquinaria. Dependiendo de los niveles de ruido, serán necesarios elementos de protección personal como protectores auditivos.

La empresa deberá garantizar una baja emisión de CO₂ al aire libre a través del correcto mantenimiento de sus equipos de última generación y de selección de nuevas maquinarias industriales de bajo consumo energético.



Figura 95: El gráfico muestra que la Responsabilidad Social Corporativa (RSC) es producto del trabajo en conjunto entre las Empresas, Personas y el Medio Ambiente Fuente: Antevenio

16 - Análisis de Cash-Flow

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
VENTAS	PRONÓSTICO DE VENTAS		4.908.311	6.243.234	6.174.355	6.047.521	4.499.475	3.543.978	2.946.831	2.308.983	2.079.018	1.975.476
	INGRESOS ESTIMADOS		133.238.488,55 USD	168.030.014,31 USD	163.625.637,36 USD	157.001.562,17 USD	111.013.453,56 USD	81.739.336,77 USD	62.661.740,23 USD	43.311.170,78 USD	35.054.735,07 USD	30.371.665,97 USD
EGRESOS	COSTO MANTENIMIENTO (10%)		13.323.848,86 USD	16.803.001,43 USD	16.362.563,74 USD	15.700.156,22 USD	11.101.345,36 USD	8.173.933,68 USD	6.266.174,02 USD	4.331.117,08 USD	3.505.473,51 USD	3.037.166,60 USD
	SALARIOS Y JORNALES (20%)		26.647.697,71 USD	33.606.002,86 USD	32.725.127,47 USD	31.400.312,43 USD	22.202.690,71 USD	16.347.867,35 USD	12.532.348,05 USD	8.662.234,16 USD	7.010.947,01 USD	6.074.333,19 USD
	GASTOS VARIOS (5%)		6.661.924,43 USD	8.401.500,72 USD	8.181.281,87 USD	7.850.078,11 USD	5.550.672,68 USD	4.086.966,84 USD	3.133.087,01 USD	2.165.558,54 USD	1.752.736,75 USD	1.518.583,30 USD
	COSTO DE MATERIA PRIMA + ENERGIA (40%)		53.295.395,42 USD	67.212.005,72 USD	65.450.254,94 USD	62.800.624,87 USD	44.405.381,43 USD	32.695.734,71 USD	25.064.696,09 USD	17.324.468,31 USD	14.021.894,03 USD	12.148.666,39 USD
	CRÉDITO A 10 AÑOS (TEA: 5%)		5.430.320,71 USD	5.430.320,71 USD	5.430.320,71 USD	5.430.320,71 USD	5.430.320,71 USD	5.430.320,71 USD				
	TOTAL EGRESOS		105.359.187,13 USD	131.452.831,45 USD	128.149.548,73 USD	123.181.492,35 USD	88.690.410,89 USD	66.734.823,29 USD	52.426.625,89 USD	37.913.698,80 USD	31.721.372,02 USD	28.209.070,19 USD
RESULTADO	ANTES DE IMPUESTOS		27.879.301,42 USD	36.577.182,86 USD	35.476.088,62 USD	33.820.069,83 USD	22.323.042,68 USD	15.004.513,48 USD	10.235.114,34 USD	5.397.471,98 USD	3.333.363,05 USD	2.162.595,78 USD
	IMPUESTO GANANCIAS 35%		9.757.755,50 USD	12.802.014,00 USD	12.416.631,02 USD	11.837.024,44 USD	7.813.064,94 USD	5.251.579,72 USD	3.582.290,02 USD	1.889.115,19 USD	1.166.677,07 USD	756.908,52 USD
	NETO		18.121.545,93 USD	23.775.168,86 USD	23.059.457,61 USD	21.983.045,39 USD	14.509.977,74 USD	9.752.933,76 USD	6.652.824,32 USD	3.508.356,79 USD	2.166.685,98 USD	1.405.687,26 USD
INVERSION	INVERSION	51.717.340,14 USD										
	AMORTIZACION ACUMULADA INVERSION		791.734,01 USD	791.734,01 USD	791.734,01 USD	791.734,01 USD	791.734,01 USD					
FLUJO DE FONDO	NETO	-51.717.340,14 USD	18.121.545,93 USD	23.775.168,86 USD	23.059.457,61 USD	21.983.045,39 USD	14.509.977,74 USD	9.752.933,76 USD	6.652.824,32 USD	3.508.356,79 USD	2.166.685,98 USD	1.405.687,26 USD
	ACUMULADO		-33.595.794,22 USD	-9.820.625,35 USD	13.238.832,25 USD	35.221.877,64 USD	49.731.855,38 USD	59.484.789,14 USD	66.137.613,46 USD	69.645.970,25 USD	71.812.656,23 USD	73.218.343,49 USD

Tabla 23: La presente tabla desarrolla un flujo de fondos con un horizonte de 10 años - Tasa de cambio (04/10/2020): 76,88 pesos AR equivalen a 1 dólar estadounidense Fuente: Google Finance

16.1 - Cálculo de valor actual neto (VAN) y retorno de inversión (TIR)

	Escenario Optimista	Escenario Conservador	Escenario Pesimista
	95% Cumplimiento de pronóstico de ventas	85% Cumplimiento de pronóstico de ventas	70% Cumplimiento de pronóstico de ventas
VAN	49.723.283,79 USD	36.981.325,24 USD	24.239.366,69 USD
TIR (VAN=0)	31,99%	26,06%	19,77%
TASA DE CORTE	6,00%	6,00%	6,00%

Tabla 24: La presente tabla muestra los resultados obtenidos del Cash-flow en diferentes escenarios - Tasa de cambio (04/10/2020): 76,88 pesos AR equivalen a 1 dólar estadounidense Fuente: Google Finance

17 - Conclusión

El objetivo de este Trabajo Final de Grado fue generar una propuesta para recuperar el terreno perdido durante los últimos 20-30 años de nuestra querida industria nacional empleando recursos de alta tecnología basados en la nube y técnicas de Lean Manufacturing. Con el avance de internet y la comercialización online a lo largo del mundo, hoy en día, el acceso a la información es bastante más fluido y se pueden desarrollar alternativas de fabricación de alta calidad, a un bajo precio y con un alto grado de exactitud.

En la actualidad, por ejemplo, la industria automotriz a nivel nacional y mundial posee numerosas asociaciones que analizan de forma precisa las tendencias del mercado, generando indicadores y brindando a las personas un panorama muy desarrollado de la situación en sí (autopartes, fabricación de vehículos, uso de nuevas tecnologías, nuevas regulaciones, entre otras).

En Argentina existen empresas que operan con maquinaria 4.0 de alta eficiencia energética, pero en general son industrias de origen extranjero (multinacionales) y la principal concentración está relacionada con el rubro automotriz y alimenticio.

Como es lógico, si la Planta de Inyección se mantiene con una alta demanda de piezas, el retorno de inversión es tentador teniendo en cuenta un horizonte de 10 años. Sin embargo, la propuesta sigue siendo conveniente con el 60% de cumplimiento del pronóstico y esto me generó una pregunta: ¿A partir de qué porcentaje no es significativo el retorno de la inversión?

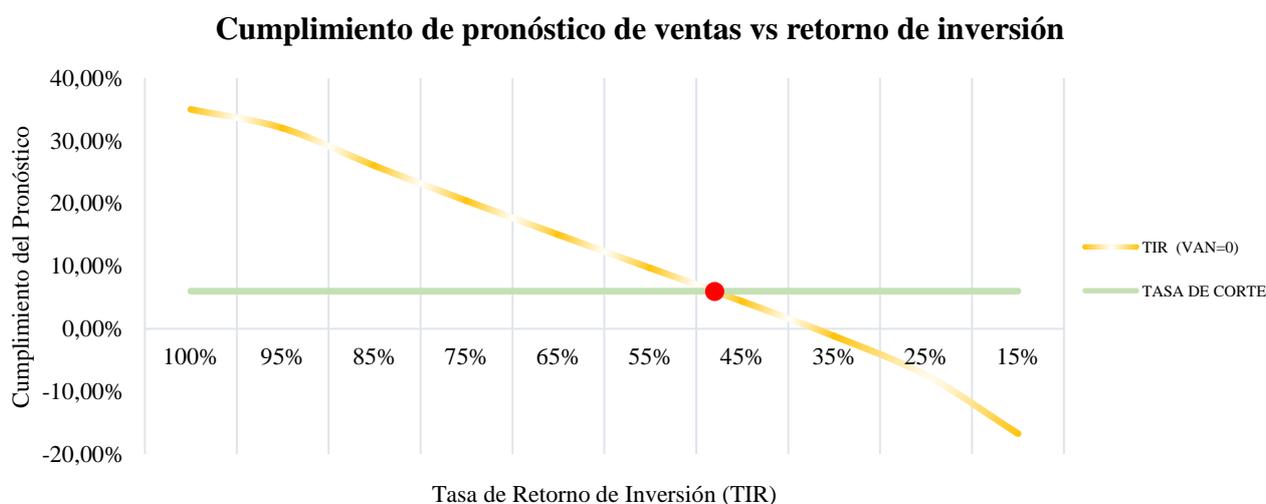


Figura 96: El gráfico muestra la relación del cumplimiento del pronóstico de ventas, el retorno de inversión y la tasa de corte

Fuente: Propia

La propuesta sigue siendo conveniente pese a una tasa de corte del 6% en dólares con hasta el 47% del cumplimiento del pronóstico de ventas.

En el desarrollo del Trabajo Final de Grado se ha demostrado que no necesariamente la producción en masa de piezas genera altas emisiones de CO₂ y que la ecología también puede ser un aliado de la rentabilidad.

Dada la magnitud de la Propuesta, el alcance ha sido acotado a los procesos y maquinarias más importantes desde el punto de vista productivo y de servicio. No se han abordado sistemas de prevención de incendios, luminotécnica, tendido eléctrico, P&ID y tratamiento de desechos pluviales (los mismos podrían ser abordados en otro Trabajo Final de Grado).

18 - Bibliografía

- Philip Kotler & Kevin Lane Keller (2012). Dirección de Marketing (14.a. ed.). México: Pearson.
- Ríos Insúa D. (2009). Simulación: métodos y aplicaciones (2a. ed.) México D.F.: Alfaomega.
- Taha, Hamdy A. (2011). Investigación de operaciones. (9° ed.) México: Pearson.
- Banks, Carson, Nelson & Nicol (2010). Discrete-Event System Simulation (5° ed). Upper Saddle River: Prentice Hall.
- (2020). Trade statistics for international business development: Trademap. Recuperado el 20 de agosto de 2020 de <https://www.trademap.org/>
- (2020). Asociación de fábricas argentinas de componentes. Recuperado el 21 de agosto de 2020 de <http://www.afac.org.ar/>
- (2020). Asociación de fábricas automotores Argentina. Recuperado el 21 de agosto de 2020 de <http://www.adeffa.org.ar/>
- (2020). Asociación Nacional Automotriz de Chile. Recuperado el 21 de agosto de 2020 de <https://www.anac.cl/>
- (2020). Alliance of Automobile Manufacturers. Recuperado el 22 de agosto de 2020 de <https://autoalliance.org/>
- (2020). Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. Recuperado el 21 de agosto de 2020 de <http://www.anfavea.com.br/>
- (2020). INDEC. Dirección Nacional de Estadísticas y Precios de la Producción y el Comercio. Dirección de Estadísticas del Sector Secundario. Recuperado el 25 de agosto de 2020 de <https://www.indec.gob.ar/>
- (2020). SSN. Superintendencia de Seguros de la Nación. Recuperado el 21 de agosto de 2020 de <https://www.argentina.gob.ar/superintendencia-de-seguros>
- (2020). Latin NCAP. Recuperado el 01 de septiembre de 2020 de <https://www.latinncap.com/es/nuestros-ensayos/pasajero-adulto>
- (2020). Defectos más comunes en la inyección de plásticos. Recuperado el 03 de septiembre de 2020 de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/inyeccion-de-materiales-plasticos-ii.html>
- (2020). Mercado Libre Argentina. Recuperado el 20 de septiembre de 2020 de <https://www.mercadolibre.com.ar/>

- (2020). Alibaba. Recuperado el 21 de agosto de 2020 de <https://www.alibaba.com/>
- (2020). Toyota Industries. Máquinas industriales. Recuperado el 20 de septiembre de 2020 de <https://www.toyota-industries.com.ar/>
- (2020). Chen Hsong. Recuperado el 21 de agosto de 2020 de <https://chenhsong.com/>
- (2020). Atlas Copco Argentina. Recuperado el 22 de septiembre de 2020 de <https://www.atlascopco.com/es-ar/compressors/wiki/compressed-air-articles/compressed-air-distribution>
- (2020). Yaskawa America Inc. Recuperado el 5 de octubre de 2020 de <https://www.motoman.com/en-us/applications/painting-dispensing#!>
- (2020). Schneider Electric Argentina. Recuperado el 5 de octubre de 2020 de <https://www.se.com/ar/es/>
- (2020). ASTI mobile robotics. Recuperado el 15 de octubre de 2020 de <https://www.astimobilerobotics.com/>
- (2020). Wikipedia. Recuperado el 20 de octubre de 2020 de <https://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>
- (2020). Parque industrial Paraná de las Palmas. Recuperado el 25 de octubre de 2020 de <https://www.pliz.com.ar/>
- (2020). Google Finance. Recuperado el 25 de octubre de 2020 de <https://www.cloud.google.com/google/finance>