

Escuela de Negocios

Tipo de documento: Tesis de maestría



EMBA | Executive MBA

Impactos del volumen de producción en la productividad de una línea de montaje automotriz

Autoría: Tur, Gustavo Ignacio

Año: 2016

¿Cómo citar este trabajo?

Tur, G. (2016). "*Impactos del volumen de producción en la productividad de una línea de montaje automotriz*". [Tesis de maestría. Universidad Torcuato Di Tella]. Repositorio Digital Universidad Torcuato Di Tella.

<https://repositorio.utdt.edu/handle/20.500.13098/14052>

El presente documento se encuentra alojado en el **Repositorio Digital de la Universidad Torcuato Di Tella** bajo una licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional
Dirección: <https://repositorio.utdt.edu>



IMPACTOS DEL VOLUMEN DE PRODUCCION EN LA PRODUCTIVIDAD DE UNA LINEA DE MONTAJE AUTOMOTRIZ

ALUMNO: GUSTAVO IGNACIO TUR

TUTOR: IGNACIO AGUIRRE

AÑO: 2016

LUGAR: CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES



AGRADECIMIENTOS

A mis padres José y Carmen, quienes me brindaron todas las posibilidades que estuvieron a su alcance.

A mis hermanas Eugenia y Gabriela, por su generosidad permanente.

A mis hijas Isabella y Julieta, de quienes aprendo todos los días.

A Ignacio Aguirre, por las sugerencias propuestas.



RESUMEN

En el presente trabajo, se realizará una breve descripción de la historia de la industria automotriz mundial y de la fábrica de vehículos de Volkswagen en Argentina. Se explicará en términos generales cuales son los principales procesos productivos realizados por las terminales automotrices, para luego explicar específicamente las actividades que se realizan en un módulo específico de producción de la planta de Montaje de Volkswagen Argentina, denominado Tapicería 1. Sobre este módulo de producción se analizará el impacto de las variaciones del volumen de producción y su composición, en la productividad de la mano de obra. Para ello se realizó un análisis de sensibilidad en el cual se plantearon 5 escenarios con distintos volúmenes y composición de producción, donde se comparan los valores de productividad con respecto a un escenario planificado. Las conclusiones principales obtenidas fueron que si en la composición del volumen aumenta la cantidad de vehículos que tienen menor carga de trabajo, disminuye la productividad y por el contrario, si aumenta la cantidad de vehículos que tienen mayor carga de trabajo, aumenta la productividad. Al finalizar se plantean algunas propuestas sobre como manejar estas variaciones espontáneas del volumen de producción y su composición, con respecto al programa de producción planificado.

PALABRAS CLAVE: Línea de producción, Proceso, Productividad, Montaje, Heijunka, Mano de obra, Recursos, Industria Automotriz, Sistema de Producción Toyota.

Por razones de CONFIDENCIALIDAD, los datos reales relacionados con los volúmenes de producción y su composición (MIX) han sido modificados. La tesis no tiene el propósito de servir de aval, de ser fuente de información confidencial o de demostrar una gestión eficaz o ineficaz.

**INDICE**

1. INTRODUCCION.....	6
2. DESARROLLO TEORICO.....	7
a) Breve historia de la Industria Automotriz.....	7
b) Historia de la fábrica de vehículos de Volkswagen Argentina.....	12
c) Proceso de fabricación de vehículos en una terminal automotriz.....	14
i. Estampado.....	15
ii. Carrocerías.....	16
iii. Pintura.....	17
iv. Montaje.....	18
d) Volkswagen Argentina - Planta de Montaje.....	19
v. Módulo de producción-Tapicería 1.....	20
e) Volumen de producción y composición (MIX) - Nivelación.....	24
vi. Volumen y MIX de producción sin nivelar.....	25
vii. Volumen y MIX de producción nivelado.....	25
viii. Volumen y MIX de producción en la planta de Montaje-Tapicería 1.....	26
3. DESARROLLO EMPIRICO.....	28
a) Hipotesis.....	28
b) Definición de variables.....	28
c) Volumen de producción mensual - MIX.....	32
d) Volumen de producción por turno - MIX.....	35
e) Análisis de sensibilidad - Tapicería 1.....	38
i. Escenario planificado.....	38
ii. Escenarios alternativos.....	42
1) Escenario 1.....	44
2) Escenario 2.....	46
3) Escenario 3.....	48
4) Escenario 4.....	50



5) Escenario 5.....	52
iii. Resumen de resultados.....	54
4. CONCLUSIONES.....	57
5. BIBLIOGRAFIA	60
6. ANEXOS.....	61
a) Índice de gráficos.....	61
b) Índice de tablas.....	62



1. INTRODUCCIÓN

En la industria automotriz, son cada vez más los tipos de automóviles y variantes de equipamiento de un mismo modelo que un consumidor puede elegir. Esta amplia variedad de productos genera que una misma fábrica de producción automotriz tenga la flexibilidad suficiente como para producir varios vehículos simultáneamente, sin alterar el uso eficiente de los recursos necesarios para producirlos. Para ello, es clave la definición y cumplimiento del volumen de producción y su composición (el cual denominaremos MIX), ya que dependiendo de la cantidad de vehículos que requieran mayor o menor trabajo, se establecerá la cantidad de recursos necesarios para producirlos.

En este trabajo se analizarán diferentes escenarios en los cuales los volúmenes y MIX de producción son distintos al esquema planificado sobre el cual se establece la capacidad de los recursos y el esquema de trabajo. Las preguntas que se plantean son: ¿Qué sucede con la productividad de la Mano de Obra cuando el volumen total de producción es menor que el planificado? ¿Qué sucede cuando el volumen total es menor pero además se altera el MIX de producción? ¿Qué sucede cuando el volumen total es igual al planificado pero se altera el MIX de producción?

Para responder a estas preguntas, se focalizará el análisis en un módulo específico de la línea de producción de automóviles de la planta de Montaje de Volkswagen Argentina. Este módulo de producción se denomina Tapicería 1. Además, se utilizará el volumen y MIX de producción de tres tipos de vehículos: el automóvil SURAN, la pick-up AMAROK Doble Cabina y la pick-up AMAROK Simple Cabina. A fin de simplificar el análisis, se considera conveniente no tomar en cuenta todas las variantes posibles de cada vehículo. El recurso seleccionado para este estudio es la Mano de Obra, por tener un peso significativo en la fabricación de un vehículo. Además, este recurso es considerado actualmente como un costo fijo y no variable, ya que por cuestiones sociales y sindicales cuando disminuye el volumen de producción no se puede prescindir instantáneamente de la mano de obra.



2. DESARROLLO TEÓRICO

a) Breve historia de la Industria Automotriz

Los primeros vehículos propulsados por un motor fueron creados en 1885 en Alemania por Karl Benz y Gottlieb Daimler, cuando instalaron sobre un carruaje de 4 ruedas un motor de combustión interna. Este fue el comienzo de una próspera industria.

A partir de allí hasta nuestros días, no solo se buscó perfeccionar el producto sino también los procesos y organizaciones requeridos para construirlos.

En 1890 en Francia, la empresa "Panhard et Levassor" fundada por René Panhard y Emile Levassor, lideraba la producción mundial de automóviles bajo un concepto artesanal. Su perfil de consumidores era selecto, los vehículos eran construidos a la medida del cliente, el volumen de producción era bajo, no existía la estandarización de piezas, la mano de obra y el equipamiento era flexible, y la organización era descentralizada ya que el diseño y la fabricación eran realizados por distintos talleres. Uno de los principales avances de esta etapa es la definición del diseño, donde el motor se ubica adelante y los asientos detrás sobre una carrocería de 4 ruedas. A pesar de que esta industria alcanzó su auge en 1910, solo pocas personas podían acceder a un automóvil debido a los elevados costos¹.

Es por este motivo que Henry Ford, buscó superar las limitaciones de la producción artesanal, con el objetivo de fabricar vehículos que no solo sean fáciles de producir sino que también sean sencillos de utilizar para el usuario. Es así como en 1908 desarrolla un modelo de vehículo único y simple, el denominado Ford T. Una de las claves fue lograr la estandarización e intercambiabilidad de piezas, mediante la integración vertical de todos los procesos requeridos para su producción. Los equipos dejaron de ser flexibles para pasar a ser dedicados a una o pocas tareas y se estandarizó el sistema

¹ Ronald Jean Degan - (2011) - Fordism and Taylorism are responsible for the early success and recent decline of the U.S. motor vehicle industry - Working paper nº 81/2011- International School of Management Paris, pp. 6-8.



de medición. Además, ya no era necesario tener en producción mano de obra altamente calificada, sino que cualquier persona con poco tiempo de instrucción podía realizar las tareas. Todos estos factores le brindaron a Ford varias ventajas competitivas sobre sus competidores y es de esta forma como en esos años logra liderar a nivel mundial la producción y venta de automóviles. A todos estos avances se suma el aporte de Frederick Taylor quien en 1911 establece la fragmentación del trabajo en componentes más pequeños y separa el trabajo intelectual del físico. Es decir que la persona que realiza tareas de montaje manual, no realiza tareas de diseño y viceversa. Además, se fragmenta el trabajo no solo en las áreas de producción, sino también en las áreas de diseño e ingeniería. De esta forma se alcanza un grado mayor de eficiencia organizacional².

Pero la mayor innovación de Henry Ford llega en el año 1913, con la implementación de la línea de producción. Bajo este esquema de trabajo, se realizan series largas de producción, poca variedad de productos y los operarios que participan en la producción son considerados como un costo variable, debido a su fácil intercambiabilidad y prescindibilidad. En este punto, se fundaron las bases para el desarrollo del sistema de producción masivo, que fue el responsable del crecimiento y liderazgo mundial indiscutido de la industria automotriz estadounidense hasta aproximadamente fines de 1950.

Al otro lado del Océano Pacífico, en Japón, la industria automotriz también comenzaba a desarrollarse. En 1937, la familia Toyoda fundó la empresa Toyota Motor Company. Desde ese entonces y durante la Segunda Guerra Mundial, fabricó vehículos bajo un sistema de producción netamente artesanal. A principios de 1950, Eiji Toyoda y Taiichi Ohno, sabían todos los beneficios del sistema de producción masiva, pero también sabían que en Japón nunca iba a funcionar debido a que el mercado doméstico de Japón era muy pequeño y demandaba una gran variedad de vehículos; los operarios no soportarían ser tratados al igual que una pieza intercambiable o un costo variable; los sindicatos tenían una posición de negociación muy fuerte; y la débil economía

² Clarke, C. (2005). Automotive production systems and standardisation: From Ford to the case of Mercedes-Benz. Chapter 3: The story of production systems in the Automotive Industry. New York: Springer-Verlag, pp. 71-87
Página 8 de 62



de posguerra de Japón no permitía tener acceso a capital ni tecnología. Fueron principalmente estos los motivos que indujeron al desarrollo del Sistema de Producción Toyota (el cual es luego denominado Lean Manufacturing). Los beneficios de la aplicación de este sistema de producción, resultan en un incremento notable en la eficiencia. Entre sus principales características podemos citar el incremento de los estándares de calidad, el incremento de la variedad de productos fabricados en una misma línea de producción, la programación de series más cortas de producción, la estimulación del trabajo en equipo y la valoración de los operarios como fuente de conocimiento, experiencia y compromiso. La implementación del Sistema de Producción Toyota, excede la sola aplicación de un paquete de herramientas (algunas de las cuales se denominan 5S, Kanban, Jidoka, Kaizen, etc.) sino que es considerado como una filosofía de trabajo a largo plazo que envuelve a toda la organización³.

En Europa, luego de la Segunda Guerra Mundial a mediados de 1950, las compañías fabricantes de automóviles ya habían implementado el sistema de producción masiva utilizando una línea de producción y todos los desarrollos realizados por las tres compañías estadounidenses más importantes (Ford, General Motors y Chrysler). Además apuntaban a diferenciarse por medio de la incorporación de tecnología en los vehículos. Es así como entre los años 1960 y 1970, algunas de las innovaciones europeas más significativas son la tracción delantera, los frenos a disco, la inyección de combustible, la caja de cambios de 5 velocidades, y las altas relaciones potencia-peso de los motores. Por otro lado, también experimentaban situaciones de descontento de los trabajadores debido a la monotonía de las tareas y a la despersonalización, al ser considerados solamente como piezas de un sistema. Fueron varias las iniciativas empleadas para enfrentar a esta problemática. En términos generales se utilizaron estrategias de productividad con un gran componente tecnológico, donde por ejemplo máquinas y equipos realizan tareas altamente repetitivas y monótonas, las cuales eran antes realizadas por operarios,

³ Liker, Jeffrey K (2004) -The Toyota Way. Chapter 2:How Toyota became the World's Best Manufacturer. New York: Mac-Graw Hill



quienes luego son capacitados permitiéndoles acceder a mejores oportunidades de trabajo. Otra iniciativa fue la que se llevó a cabo en Suecia en 1970 por la empresa Volvo denominada Sistema de Producción Reflexivo. Aquí se intentó humanizar el trabajo y promover el trabajo en equipo en planta, enfocándose en que los operarios participen en otras tareas diferentes a las de producción como por ejemplo en la planificación, capacitación, etc.⁴. Por último, una iniciativa concretada en Alemania en el año 1951 fue la sanción de la ley de co-gestión, y consistió en que los trabajadores de las industrias del carbón y del acero (dentro de la cual se encuentra la automotriz), tengan representación en el directorio de la compañía. En el año 1976, se reformó esta ley ampliando el alcance a todas las compañías con más de 2.000 empleados.

Hasta aquí se mencionaron brevemente algunos de los episodios más significativos de la Industria Automotriz a nivel mundial.

Es muy importante observar que uno de los temas permanentes en la industria a lo largo de los años, es que la mano de obra siempre fue un asunto relevante y presente en gran parte de las decisiones.

Por otro lado, uno de los temas que ha cambiado es la naturaleza de la demanda. La tendencia actual de los mercados, es completamente diferente que entre los años 1880 y 1950, donde la producción era masiva y de productos estandarizados, con mercados homogéneos y ciclos de vida de productos y de desarrollo extensos. Hoy día, los mercados son más heterogéneos y se encuentran más fragmentados que en el pasado. Los consumidores están solicitando una elevada variedad y personalización en los productos, a la vez que los ciclos de vida y de desarrollo de los mismos son cada vez más reducidos por la competencia entre fabricantes⁵.

Además, también ha cambiado la naturaleza de la oferta. Las fábricas automotrices actuales se encuentran dentro de una red global de manufactura

⁴ Clarke, C. (2005). Automotive production systems and standardisation: From Ford to the case of Mercedes-Benz. Chapter 3: The story of production systems in the Automotive Industry. New York: Springer-Verlag, pp. 111-118

⁵ Pine, B. Joseph II (1993), Mass Customization. The New Frontier in Business Competition. Boston: Harvard Business School Press, pp. 34-36, 44



flexible, donde distintas plantas pueden fabricar los mismos productos, permitiendo asignar o cancelar órdenes a cada una de ellas dependiendo de la rentabilidad corporativa global.

Estos factores impactan directamente en el volumen de producción y su composición, y en la productividad de la mano de obra, cuando una fábrica produce varios modelos como es el caso de este estudio.

Para continuar, se hará una breve descripción de la historia de la fábrica de automóviles de Volkswagen en Argentina.



b) Historia de la planta de vehículos de Volkswagen Argentina

Hasta 1950, la Industria Automotriz Argentina armaba vehículos en pequeña escala con prácticamente la mayor cantidad de sus partes y componentes importados. Además de varias empresas nacionales, no podían dejar de estar presentes General Motors, Ford y Chrysler quienes instalaron sus talleres de montaje en los años 1922, 1925 y 1932 respectivamente.

Entre los años 1950 y 1960, Argentina presentaba mayores atractivos para los inversores extranjeros que los países vecinos, principalmente por poseer autoabastecimiento energético, mejor calidad de mano de obra directa, mejor nivel académico de sus profesionales (en ese entonces Brasil demandaba técnicos e ingenieros argentinos) y mayor estabilidad jurídica (a pesar de las alternancias de gobiernos democráticos y de facto de la época).

De acuerdo con estas condiciones, las principales fábricas de automóviles del mundo deciden expandir sus operaciones a Sudamérica, seleccionando como destino predilecto a la Argentina. A diferencia de los primeros talleres instalados en los años 1920, donde solo se montaban partes y componentes importados, la estrategia consistía en integrar verticalmente en la región todas las actividades relacionadas con la fabricación de un vehículo.

Es por ello que Chrysler se instala en el año 1959 en un predio industrial ubicado en San Justo, pcia. de Bs. As., en el cual decide fabricar integralmente el modelo Valiant, además de vehículos utilitarios. Allí permanece hasta 1979.

Del mismo modo, Ford se instala en el año 1961 en un predio industrial ubicado en General Pacheco, pcia. de Bs. As. para fabricar el modelo Falcon.

El 24 de Abril de 1980, se concreta la adquisición de Chrysler Argentina por parte de Volkswagen, quedando constituida de manera oficial Volkswagen Argentina S.A. Al comenzar las actividades, la empresa conservó la producción de los modelos Chrysler y poco a poco fue instalando en el mercado local los nuevos vehículos Volkswagen.

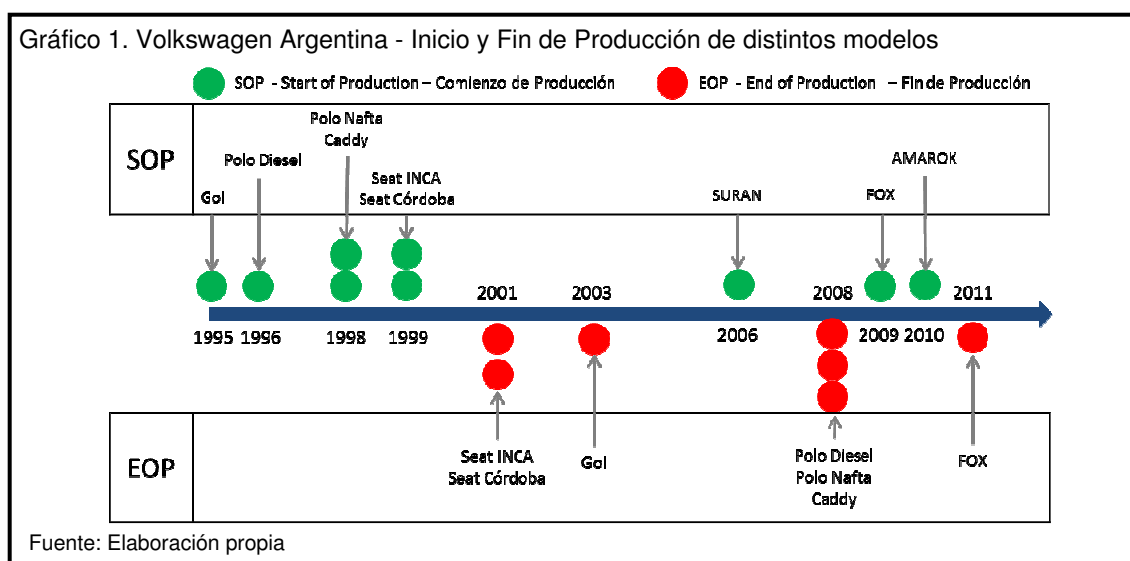
El 1ro de Julio de 1987 se consolida el joint-venture formado por Ford y Volkswagen denominado Autolatina Argentina y se centralizan las operaciones en el predio industrial de General Pacheco, perteneciente a Ford desde el año

1961. Por este motivo, Volkswagen Argentina se retiró del predio industrial ubicado en San Justo, para trasladarse a General Pacheco.

A mediados de 1994 las casas matrices de Ford y Volkswagen deciden disolver Autolatina y comenzar nuevamente las operaciones propias de ambas marcas por separado en la Argentina.

Con el fin de abastecer al Mercado Común del Sur (Mercosur), Volkswagen construyó una nueva planta con la más avanzada tecnología disponible en ese entonces y el 17 de Noviembre de 1995 se inauguró oficialmente el Centro Industrial Pacheco (CIP) de Volkswagen Argentina, desde donde exporta actualmente gran parte de su producción.

En el siguiente cuadro se muestra cronológicamente, los principales lanzamientos de vehículos de Volkswagen Argentina en el CIP. Vale aclarar a fines de simplificar el cuadro, no se incluyen todas las variantes y versiones fabricadas de cada modelo.



Los modelos que se producen actualmente son el automóvil SURAN y la pick-up AMAROK en sus versiones de Doble y Simple Cabina.

Desde ese entonces hubo numerosos logros alcanzados por la compañía, pero uno de ellos para destacar es que en el año 2011, Volkswagen Argentina llegó a ser el mayor empleador de la Industria Automotriz Argentina, manteniendo las buenas relaciones sindicales, que es uno de los ejes de su cultura empresarial.

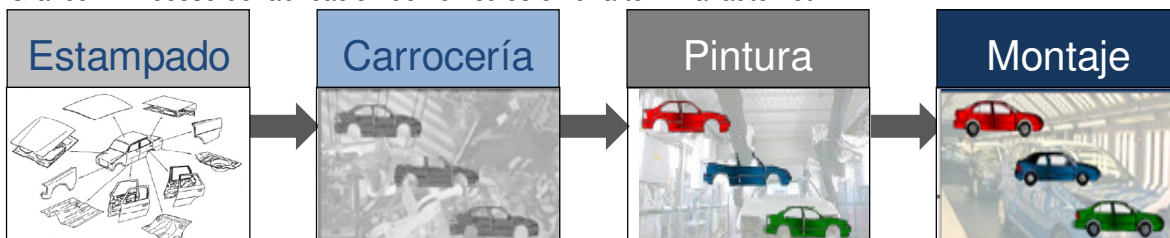
A continuación, se describirá el proceso de fabricación de un vehículo dentro de una terminal automotriz.

c) Proceso de fabricación de vehículos en una terminal automotriz

Dentro de una terminal automotriz, existen cuatro plantas que realizan procesos diferentes. Estas son la planta de Estampado, Carrocerías, Pintura y Montaje. Puede darse el caso de que en algunas terminales automotrices, la operación de Estampado no se realice dentro de la planta sino que deba ser contratada a proveedores externos, como es el caso de Volkswagen Argentina, donde la mayor parte de las piezas estampadas son compradas a la empresa Gestamp Baires S.A., cuya planta se encuentra ubicada en la localidad de Escobar, pcia de Bs. As. De todas formas se considera conveniente explicar brevemente el proceso de estampado, a fin de tener conocimiento del grado de integración vertical que puede llegar a tener una terminal automotriz.

Todo el proceso se sintetiza de la siguiente forma: en la planta de Estampado se conforman las distintas piezas de chapa requeridas para armar la estructura del vehículo en la planta de Carrocerías que luego es pintada en la planta de Pintura. Finalmente, la carrocería pintada ingresa a la planta de Montaje para ensamblar las partes restantes que conforman el vehículo terminado.

Gráfico 2. Proceso de fabricación de vehículos en una terminal automotriz



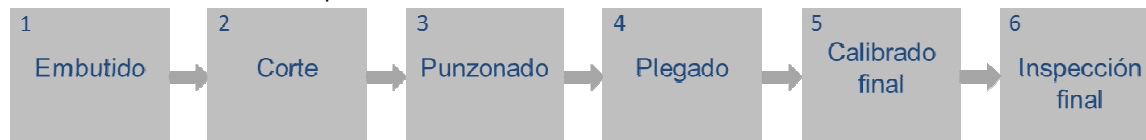
Fuente: Elaboración propia

A continuación se describirán en términos generales los procesos realizados dentro de cada una de las plantas. Es importante aclarar que la secuencia y el contenido de cada proceso pueden variar dependiendo del tipo de vehículo a fabricar (ej: Pick-up o automóvil) y del layout e instalaciones de cada fábrica.

i. Estampado

Dentro de la planta de estampado se realizan los siguientes procesos:

Gráfico 3. Procesos de Estampado



Fuente: Elaboración propia

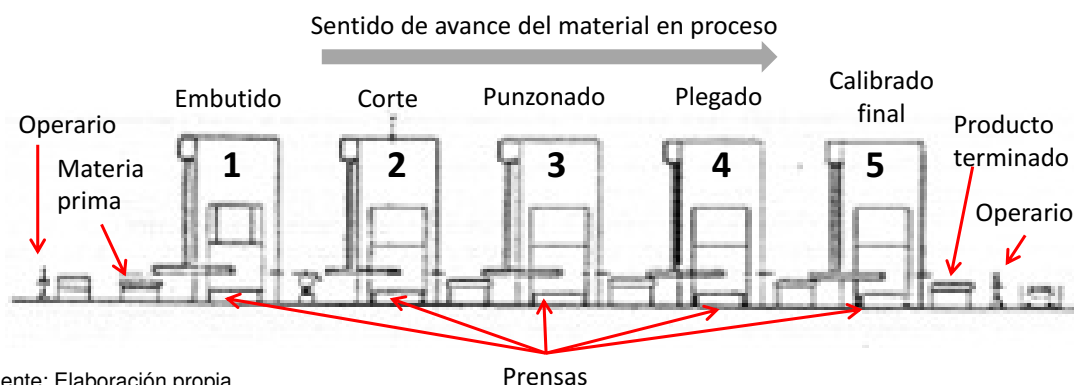
Todos estos procesos (a excepción del 6-Inspección final) se realizan en una línea de prensas. La materia prima requerida para realizar el proceso, son planchas metálicas cuyas dimensiones dependen de la pieza a fabricar, y que se transformarán a través de los pasos descritos en las distintas piezas que componen la carrocería del automóvil.

Tabla 1. Procesos de Estampado

Nro	Grupo de procesos	Descripción
1	Embutido	Formado de la pieza metálica (profundidad y relieve).
2	Corte	Corte de todo el material metálico que se encuentra fuera del contorno de la pieza terminada.
3	Punzonado	Generación de orificios y formas en la pieza metálica, requeridos para los subprocesos a realizar en las plantas de Carrocerías, Pintura y Montaje.
4	Plegado	Realización de pliegues en la pieza metálica.
5	Calibrado final	Ajuste fino de las tolerancias de la pieza metálica.
6	Inspección	Inspección final antes del embalaje. Se revisan en las piezas aspectos como apariencia, fracturas, arrugas, dimensiones, etc. En caso de que aparezcan desviaciones se realizan las correcciones en el equipamiento (matrices, prensas, etc.)

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4. Línea de Prensas

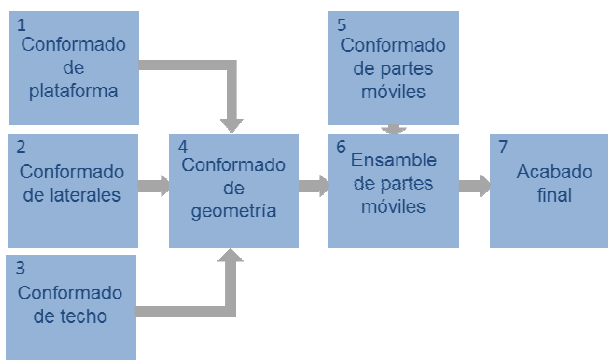


Fuente: Elaboración propia

ii. Carrocerías

Una vez recibidas las piezas metálicas producidas en la planta de Estampado, se realizan en la planta de Carrocerías los siguientes grupos de procesos:

Gráfico 5. Procesos de Carrocerías



Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Procesos de Carrocerías

Nro	Grupo de procesos	Descripción
1	Conformado de plataforma (piso del vehículo)	Armado de subconjuntos (Pasarruedas, panel frontal, semipisos) Armado de conjuntos principales (Vano motor, piso delantero, piso trasero, piso de asientos). Armado de Plataforma (Unión de conjuntos principales)
2	Conformado de laterales	Armado de subconjuntos (Pilares) Armado de conjuntos principales (Marco lateral, panel exterior) Armado de Lateral (Unión de conjuntos principales)
3	Conformado de techo	Provisión de techo completo Armado de conjunto techo solar (techo y refuerzos)
4	Conformado de geometría (carrocería)	Unión de plataforma, laterales y techo.
5	Conformado de partes móviles	Armado de puertas, capot y portón trasero.
6	Ensamble de partes móviles	Montaje y alineación de las partes móviles en la geometría (carrocería).
7	Acabado final	Inspección final. Reparación en caso de ser necesario (pulido, abolladuras, etc.). Liberación final

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6. Imágenes de Procesos de Carrocerías

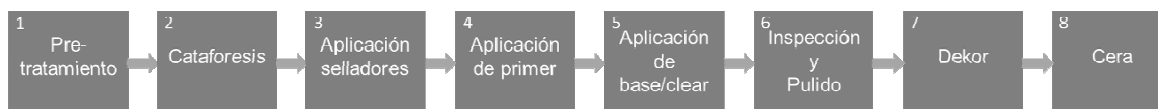


Fuente: Elaboración propia

iii. Pintura

Una vez recibidas las carrocerías producidas en la planta de Carrocerías, se realizan en la planta de Pintura los siguientes grupos de procesos:

Gráfico 7. Procesos de Pintura



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Procesos de Pintura

Nro	Grupo de procesos	Descripción
1	Pretratamiento	Limpieza y acondicionamiento de la superficie. Provee una protección anticorrosiva en conjunto con el acabado posterior.
2	Cataforesis	Recubrimiento uniforme por inmersión contra la corrosión.
3	Aplicación de selladores	Sellado de uniones de chapa para evitar las filtraciones de agua dentro del vehículo y recubrimiento para proteger zonas expuestas a agentes agresivos o corrosivos (bajo piso, zócalos)
4	Pintado de primer	Lijado y limpieza de la superficie. Luego se aplica el primer que actúa de anclaje para las siguientes aplicaciones, mejora la protección anticorrosiva y rellena y nivela la superficie. Finalmente se seca la carrocería pintada en horno de curado.
5	Pintado de base-clear	Lijado y limpieza de la superficie. Luego se aplica la base y clear. La base aporta cubritivo y color a la carrocería. El clear aporta brillo final y protección a los rayos UV y agentes externos. Finalmente se seca la carrocería pintada en horno de curado.
6	Inspección y Pulido	Inspección final. Reparación de defectos de pintado en superficies interiores y exteriores. Liberación final.
7	Dekor	Montaje de logotipos y etiquetas de protección y decorativas.
8	Cera	Aplicación de cera anticorrosiva en cavidades específicas.

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8. Imágenes de Procesos de Pintura

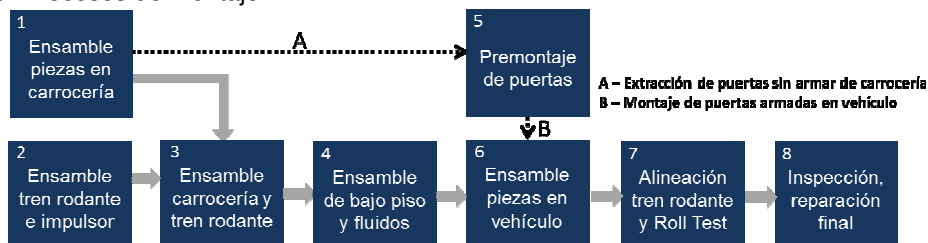


Fuente: Elaboración propia

iv. Montaje

Una vez recibidas las carrocerías pintadas en la planta de Pintura, se realizan en la planta de Montaje los siguientes grupos de procesos.

Gráfico 9. Procesos de Montaje



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Procesos de Montaje

Nro	Grupo de procesos	Descripción
1	Ensamble de piezas en carrocería	Montaje en la carrocería de piezas de interior (Tablero, Alfombras, Techo, Mazos de cables, etc) y de exterior (barandas de techo, etc.) Extracción de puertas de la carrocería para ser trasladadas a su línea de montaje y facilitar el montaje de piezas dentro de la carrocería.
2	Ensamble de tren rodante e impulsor	Montaje del conjunto chasis, suspensión delantera y trasera, motor y caja de velocidades, sistema de escape, frenos, etc.
3	Ensamble de carrocería y tren rodante	Montaje de la carrocería proveniente del paso 1 y del tren rodante e impulsor proveniente del paso 2. A este paso se lo denomina en la jerga de la industria como "Casamiento".
4	Ensamble de bajo piso y llenado de fluidos	Ensamble de piezas del bajo piso (tanque de combustible, cañerías de freno, etc.) Llenado de fluidos necesarios para el funcionamiento (líquido refrigerante, combustible, etc.)
5	Premontaje de puertas	Ensamble de piezas en puertas (sistema y motor de alzacristales, vidrios, colizas, revestimientos, cables, etc.)
6	Ensamble de piezas en vehículo	Conexiones entre carrocería y chasis (mangueras, cañerías, etc.). Montaje de piezas de interior (asientos delanteros y trasero, etc.) y exterior (parabrisas, faros, etc.). Ensamble puertas armadas.
7	Alineación tren rodante y Roll Test	Alineación de tren rodante (avance, comba y convergencia) y de iluminación de faros. Testeo dinámico del vehículo.
8	Inspección y reparación final	Inspección final de montaje. Reparación. Liberación final.

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10. Imágenes de Procesos de Montaje



Fuente: Elaboración propia

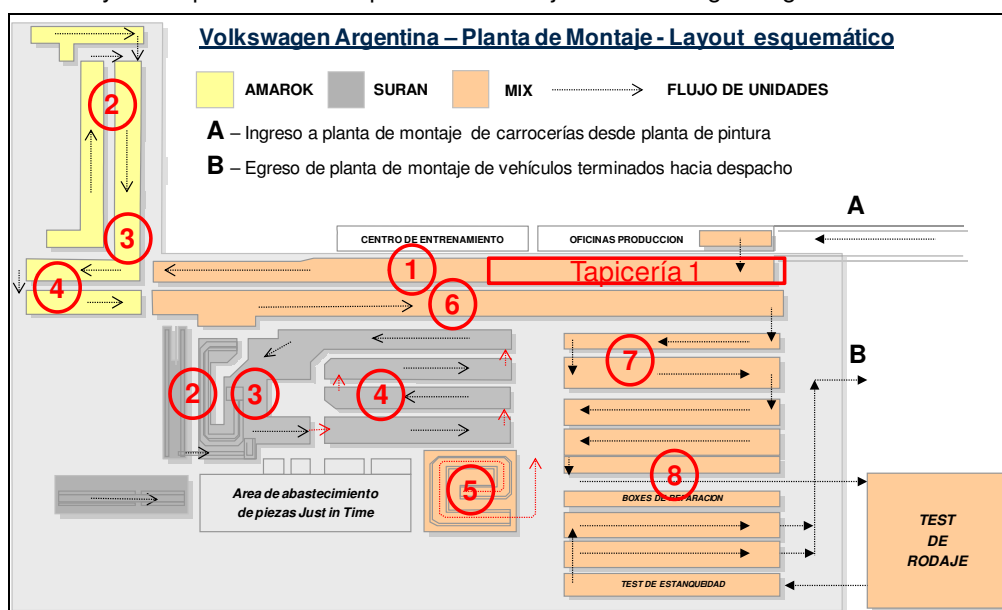


A continuación, se explicarán las características de la planta de Montaje de Volkswagen Argentina.

d) Volkswagen Argentina - Planta de Montaje

Actualmente en el Centro Industrial Pacheco se fabrican dos vehículos de características diferentes: el automóvil SURAN y la pick-up AMAROK en sus variantes de Doble y Simple cabina. La principal diferencia entre ambos vehículos radica en que el SURAN tiene carrocería autoportante y la pick-up AMAROK tiene cabina y chasis. Es por ello que en la planta de montaje existen áreas comunes de producción para ambos modelos (principalmente las de 1-Ensamble de piezas en carrocería y 6-vehículo, 7-Alineación de tren delantero y Roll Test, 5-Premontaje de puertas y 8-Inspección y reparación final) y áreas particulares de producción para cada uno (2-Ensamble de tren rodante e impulsor, 3-Ensamble de carrocería y tren rodante, y 4-Ensamble de bajo piso y llenado de fluidos). En el siguiente esquema se muestran identificados con el número correspondiente, los grupos de procesos realizados para cada modelo en la planta de Montaje. En color naranja se identifican las áreas comunes, en color amarillo las áreas particulares de AMAROK y en color gris las de SURAN. Las flechas indican el sentido de circulación de las unidades.

Gráfico 11. Layout esquemático de la planta de Montaje de Volkswagen Argentina



Fuente: Elaboración propia

Este estudio se realiza sobre un tramo específico de la planta de Montaje denominado Tapicería 1 (el cual se muestra en el esquema anterior) y que corresponde al grupo de procesos 1 - Ensamble de piezas en carrocería. A continuación se describirá con detalle las actividades que allí se realizan.

v. Módulo de producción - Tapicería 1

El módulo de producción Tapicería 1, es el primero dentro de la planta de Montaje. Aquí se producen 3 modelos de unidades: el automóvil SURAN y 2 versiones de la pick-up AMAROK, la Doble Cabina y Simple Cabina.

Está compuesto por un total de 17 estaciones de trabajo (también denominadas tactos) de las cuales 16 son operativas, donde se realizan tareas de agregado de valor, y 1 es de inspección y reparación del módulo. En cada una de ellas se realizan distintas actividades vinculadas con el armado del vehículo. Cada estación de trabajo tiene una longitud de 6 metros, por lo tanto el módulo de Tapicería 1 tiene una longitud total de 102 metros.

Las carrocerías que ingresan a la planta de montaje desde la planta de pintura, descienden por un elevador, el cual sincroniza la posición de la carrocería con una placa de piso móvil, sobre la cual se apoya la carrocería y se desplaza a lo largo de las 17 estaciones de trabajo, conformando la línea de producción. Esta placa tiene también la posibilidad de regular la altura de posición del vehículo según las actividades que se realicen en cada estación (por ejemplo, si hay que trabajar en el techo, la unidad puede bajar de altura para facilitar la operación)

A continuación se muestra una vista lateral y de frente esquemáticas de la configuración de trabajo del módulo Tapicería 1.

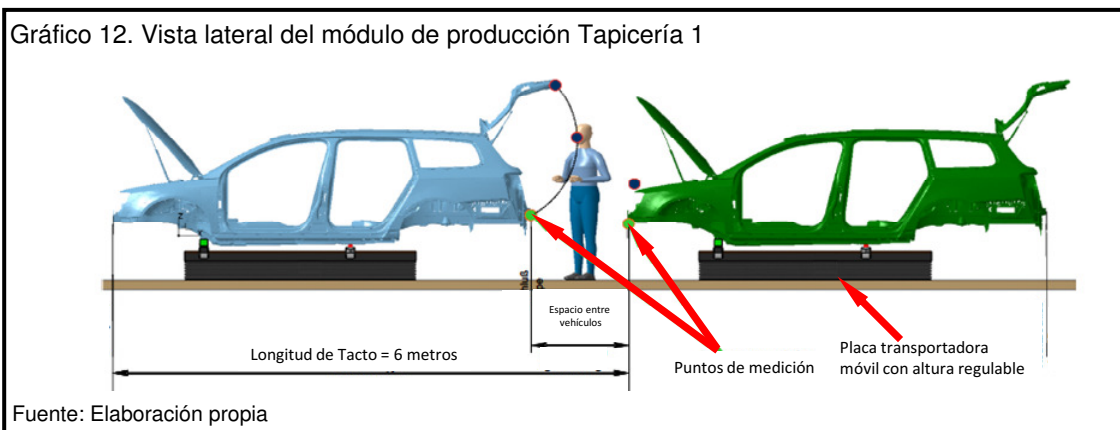
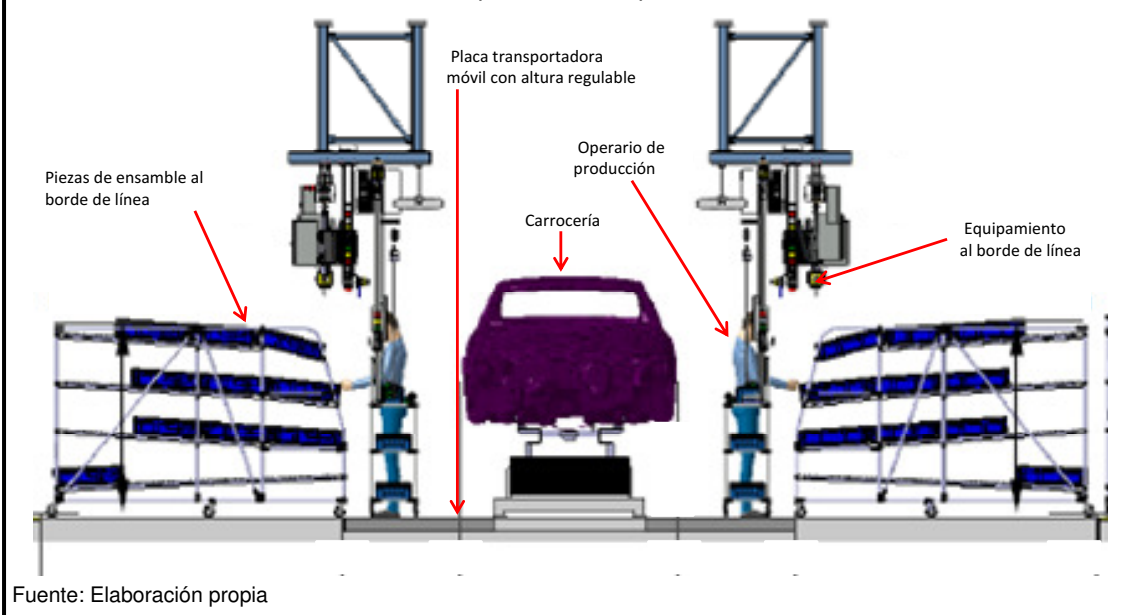


Gráfico 13. Vista de frente del módulo de producción Tapicería 1



Dentro de la mano de obra de la línea de montaje se pueden diferenciar los operarios, quienes ejecutan tareas de agregado de valor, los inspectores y reparadores, quienes verifican que las operaciones se hayan realizado correctamente y reparan en caso de ser necesario, y los monitores, quienes supervisan la actividad de los operarios y son los referentes de la línea con el resto de la organización. En general se estima el requerimiento de 1 reparador y 1 monitor cada 10 operarios dependiendo de la complejidad y tiempos de reparación de las actividades de cada módulo de montaje.

En resumen, las actividades más importantes que se realizan en el módulo, consisten en la preparación de la carrocería para el resto del proceso de montaje, la extracción de puertas para ser trasladadas a la línea de armado de puertas, el montaje y ruteo de mazo de cables principal, el montaje de burletes en carrocería, el montaje del conjunto de pedales (acelerador, freno y embrague) y el montaje de pestillos, cerraduras y accionamientos varios del vehículo.

En los siguientes diagramas se enseña tacto por tacto, la distribución de la mano de obra del módulo en las distintas estaciones de trabajo y su porcentaje de saturación de acuerdo al volumen planificado de unidades para este estudio⁶. Cada diagrama se encuentra acompañado por una tabla, donde se

⁶ Porcentaje de Saturación - Variable definida en la página 29.



describe con mayor grado de detalle las actividades que se realizan en cada estación de trabajo. Por último, se muestra el tiempo total de fabricación necesario para cada modelo en este módulo, el cual se obtiene luego de sumar los tiempos parciales de cada actividad.

La línea en colores naranja y amarillo representa la línea de producción. La diferencia de colores es solo para diferenciar visualmente las estaciones de trabajo correlativas. Los círculos en color verde representan a los operarios, y las celdas en gris muestran el número de operario y su porcentaje de saturación. Los círculos en color amarillo representan a los monitores y los círculos en color azul a los inspectores.

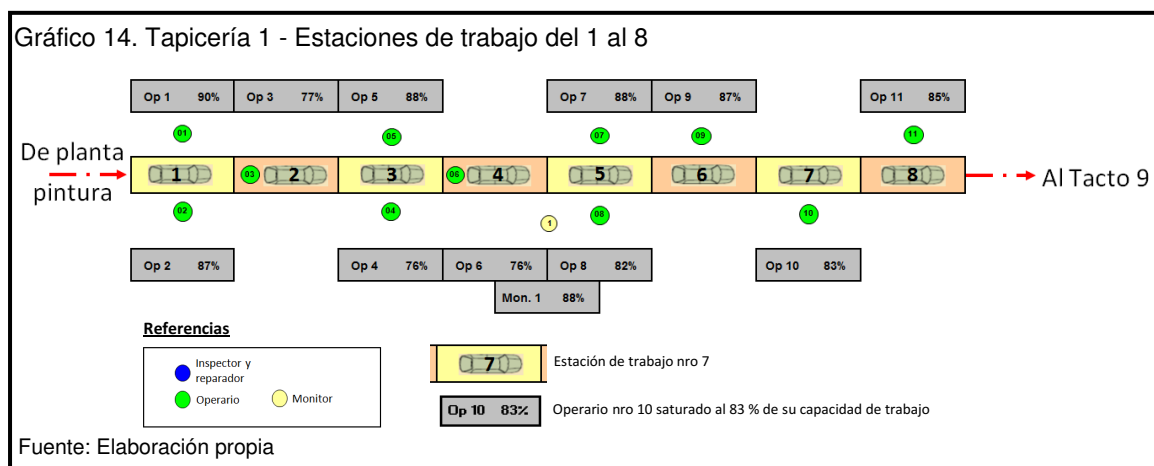


Tabla 5. Tapicería 1 - Estaciones de trabajo del 1 al 8 - Descripción de actividades

Estación de trabajo	Descripción de actividades
1	Preparación de la carrocería para el proceso de montaje (colocación de protecciones, ingreso de kit con materiales secuenciados).
2	Montaje de cerradura de portón trasero.
3	Extracción de puertas lado derecho (para ser armadas línea de puertas). Montaje de baranda de techo (lado externo).
4	Montaje de mazo de cables de portón trasero y ganchos de caja de carga.
5	Extracción de puertas lado izquierdo (para ser armadas en línea de puertas). Montaje de antirruído y moldura de techo (lado interno).
6	Montaje de pestillos de cerradura de puertas y sensores interiores de accionamiento de airbag. (lado izquierdo).
7	Montaje de pestillos de cerradura de puertas y sensores interiores de accionamiento de airbag. (lado derecho).
8	Montaje de antena en techo y de conjunto de accionamiento de capot.

Fuente: Elaboración propia



Gráfico 15. Tapicería 1 - Estaciones de trabajo del 9 al 17

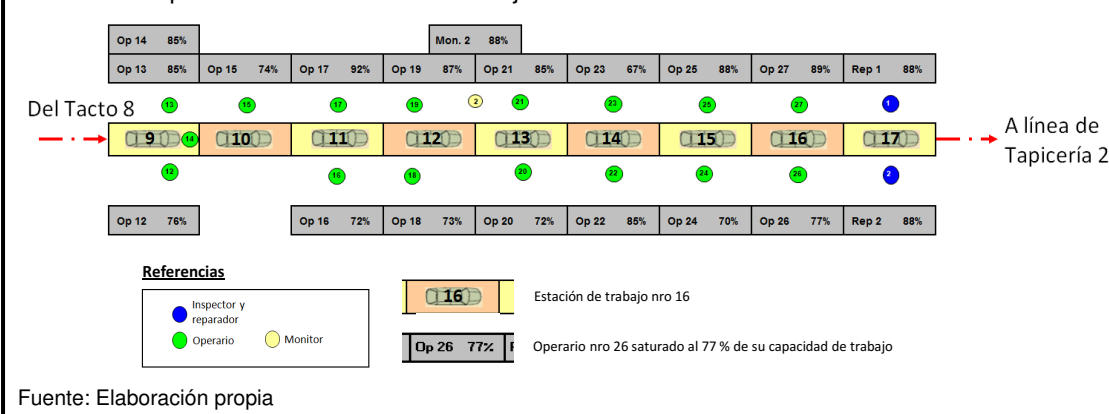


Tabla 6. Tapicería 1 - Estaciones de trabajo del 9 al 17 - Descripción de actividades

Estación de trabajo	Descripción de actividades
9	Montaje de conjunto de pedales (acelerador, freno y embrague). Montaje de tuercas remaches para fijaciones varias (asientos, sistema de audio, etc.). Aplicación de base química para fijación de adhesivo de parabrisas.
10	Ajuste de conjunto de pedales (acelerador, freno y embrague) para variante conducción guía izquierda. Montaje de cinturón seguridad (lado izquierdo).
11	Ajustes varios en vano motor. Montaje de cinturón de seguridad (lado derecho). Preparación de montaje de mazo de cables principal.
12	Montaje de mazo de cables principal. Extensión de ramales hacia interior de carrocería y hacia vano motor. Fijación de fusiblera.
13	Ruteo y fijación de ramales del mazo de cables principal en ambos lados de la carrocería y en vano motor. Conexión de fichas en módulos (Airbag, etc.)
14	Montaje y fijación de burletes de puerta en carrocería en ambos lados. Montaje de módulos electrónicos y conexión con mazo de cables principal.
15	Ajuste de conjunto de pedales (acelerador, freno y embrague) para variantes de conducción guía derecha. Ajuste de sensores de airbag en vano motor.
16	Montaje de clips, cañerías y soportes varios para fijación de otros componentes. Pegado de etiquetas identificatorias varias.
17	Inspección de actividades realizadas en el módulo. En caso de ser necesario se realiza la reparación y se releva el problema.

Fuente: Elaboración propia

El tiempo total de fabricación (en minutos) en Tapicería 1 para cada modelo es:

Tabla 7. Tapicería 1 - Tiempos totales de fabricación

Tiempo de Fabricación (min)	Modelo		
	SURAN	AMAROK DC	AMAROK SC
	47,94	61,30	57,79

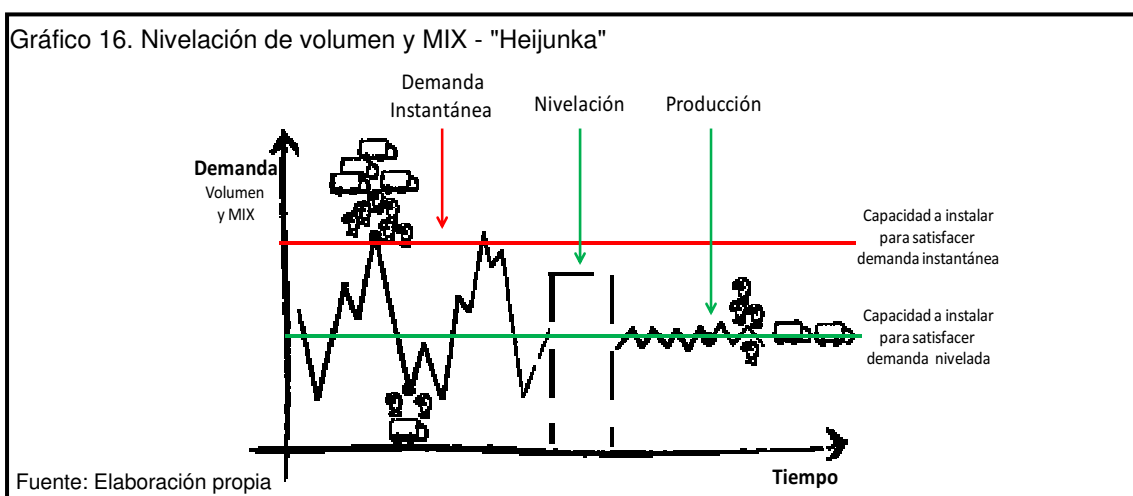
Fuente: Elaboración propia

Estos tiempos son fundamentales para calcular la capacidad de mano de obra necesaria según las variaciones en el volumen de producción y en su composición. Serán utilizados en el desarrollo empírico de este estudio.

Una vez detalladas las actividades de la línea Tapicería 1 y calculados los tiempos totales de fabricación por modelo, se describirá a continuación de que forma se planifica el volumen a producir y su composición.

e) Volumen de producción y composición (MIX) - Nivelación

Uno de los conceptos del Sistema de Producción Toyota que permitió aumentar significativamente la eficiencia de la línea de Producción fue el de nivelar la producción tanto en el volumen como en su composición (a partir de aquí lo denominaremos MIX). Este concepto en japonés se denomina "Heijunka" que significa nivelación⁷. Si bien el sistema de producción Toyota propone fabricar mediante un formato "pull", en este caso no significa producir instantáneamente lo que los consumidores demandan, ya que puede existir una volatilidad muy alta, sino que significa tomar el volumen total de órdenes de un período (generalmente de un mes) y nivelarlas a fin de que el volumen y el MIX sea el mismo a fabricar todos los días. Aquí está la clave de la eficiencia, ya que al saber que se fabricará la misma cantidad y MIX diario, se puede programar con una alta precisión las capacidades de todos los recursos involucrados en la producción (mano de obra, equipos, materiales, etc.). En el caso contrario, si se tuviera que fabricar instantáneamente lo que los consumidores demandan, para satisfacer la demanda se debe tener instalada la capacidad para el volumen máximo, afrontando grandes pérdidas cuando el volumen baja. En el gráfico a continuación se muestra este concepto.



⁷ Liker, Jeffrey K (2004) -The Toyota Way. Chapter 10: Principle 4: Level Out the Workload (Heijunka). New York: Mac-Graw Hill

En los siguientes ejemplos, se muestra la diferencia en una línea de producción que produce tres tipos de vehículos diferentes (A, B y C), de una secuencia de unidades a producir sin nivelar con respecto a un volumen de producción y MIX nivelado que responde a un patrón predecible.

vi. Volumen y MIX de producción sin nivelar



En el caso del volumen y MIX de producción sin nivelar, se observa que no existe un patrón predecible de fabricación. La desventaja principal consiste en que no se pueden balancear eficientemente los recursos necesarios para la fabricación, y no se puede aplicar ningún sistema del tipo "pull" (por ej: KANBAN) ya que no hay certezas. Si se desea satisfacer la demanda, se deben planificar los recursos para los vehículos con mayor carga de trabajo. Por ejemplo, suponiendo que el vehículo B es el que mayor carga de trabajo tiene con respecto al A y el C, se debe tener capacidad de mano de obra como para poder fabricar tres vehículos B consecutivos (secuencia 9, 10 y 11 en el gráfico), generando pérdidas por capacidad ociosa cuando se deban fabricar vehículos A y C. Por otro lado, estas distorsiones se propagan y amplifican en el resto de la cadena de valor, ya que se intentará cubrir con inventario, la incertidumbre generada por la volatilidad de las órdenes de fabricación, generando el denominado "efecto látigo" en las órdenes e inventario de los proveedores de bienes y servicios vinculados directamente con la producción⁸.

vii. Volumen y MIX de producción nivelado



⁸ Hau L. Lee, V. Padmanabhan, Seungjin Whan (1997) - The Bullwhip Effect in Supply Chains. MIT: Sloan Management Review. Volume 38. Number 3.



Al nivelar el volumen y el MIX, se establece un patrón predecible a producir. Al contrario del caso anterior, este patrón predecible permite afinar con mayor precisión el uso balanceado de los recursos y establecer sistemas de abastecimiento del tipo "pull" (KANBAN). Por ejemplo, suponiendo que el vehículo B tiene mayor carga de trabajo que el resto, no necesariamente se tiene que programar la capacidad máxima, ya que si antes y después de este vehículo se programa un vehículo con menor carga de trabajo como el A o el C, la mano de obra puede adelantar o recuperar el exceso de carga del vehículo B con el vehículo C o el A. Además, esta nivelación impacta en la eficiencia de toda la cadena de valor, al suavizar la demanda y órdenes de los proveedores de bienes y servicios vinculados directamente con la producción.

viii. Volumen y MIX de producción en la planta de Montaje-Tapicería 1

Tal como se mencionó anteriormente, los vehículos que Volkswagen fabrica actualmente en el Centro Industrial Pacheco son el SURAN, la pick-up AMAROK Doble Cabina y AMAROK Simple Cabina.

Gráfico 19. Imágenes de vehículos SURAN y AMAROK



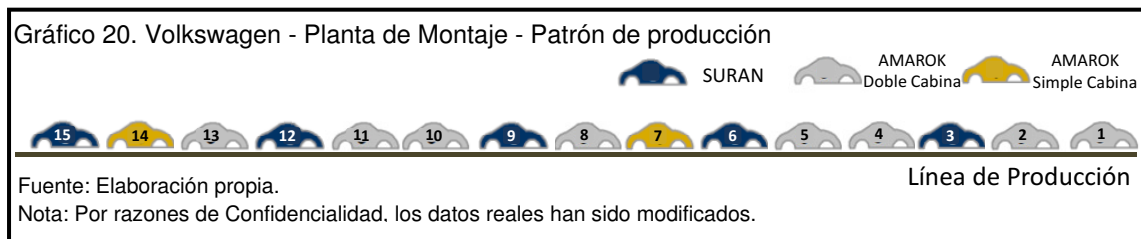
Fuente: Información de Volkswagen Argentina

Dentro de la planta de Montaje y más precisamente dentro del módulo Tapicería 1, el volumen de producción planificado actualmente es de 166 unidades por turno (un turno consta de 8 horas diarias), con un MIX de 45 unidades SURAN, 114 unidades AMAROK Doble Cabina y 7 unidades AMAROK Simple Cabina. Es decir que del 100 % del volumen de producción planificado, un 29 % corresponde al automóvil SURAN, un 67 % corresponde a la pick-up AMAROK Doble Cabina y un 4 % corresponde a la pick-up AMAROK Simple Cabina.

De acuerdo a estos volúmenes y MIX de producción y a las condiciones generales de la planta de Montaje, la secuencia planificada de unidades a



producir para obtener la máxima capacidad de la línea, define el siguiente patrón de 15 unidades que se debe repetir secuencialmente:



Indefectiblemente este patrón se verá afectado si varía el volumen o el MIX de producción, afectando los niveles de productividad de la línea de producción. Aquí, las preguntas que se plantean son los siguientes:

Si varía el volumen real de fabricación ¿Se verá afectada la cantidad de mano de obra requerida y la productividad de la misma?. Más concretamente, ¿Qué sucede si en vez de fabricar las 166 unidades planificadas totales por turno, se fabrican 128 unidades reales totales por turno? ¿Cómo impacta este desvío en la productividad?

Por otro lado, si varía el MIX real de fabricación ¿Habrá diferencias en la cantidad de mano de obra requerida y en la productividad de la misma? Más concretamente, ¿Qué sucede si en vez de fabricar un MIX planificado de 29 % automóviles SURAN, 67 % pick-ups AMAROK Doble Cabina y 4 % pick-ups AMAROK Simple Cabina, se fabrica un MIX real de 35 %, 59 % y 7 % respectivamente? ¿Cómo impacta este desvío en la productividad?

Por último, ¿Qué sucede si varía el volumen y el MIX real simultáneamente con respecto al planificado? ¿Existirán variaciones en la cantidad de mano de obra requerida y en la productividad de la misma?

El objetivo de este trabajo consiste en analizar como impactan las variaciones del volumen de producción y su MIX en el tiempo utilizado por vehículo a fabricar y en la cantidad y productividad de la mano de obra. Vale aclarar que no se focalizará en establecer el patrón óptimo para cada situación, sino que este concepto se explicó a modo referencial y de entendimiento del problema.

Luego de haber descripto cualitativamente la problemática, se procede a plantear y a demostrar en el siguiente capítulo, la hipótesis de este trabajo.



3. DESARROLLO EMPÍRICO

Por razones de CONFIDENCIALIDAD, los datos reales relacionados con los volúmenes de producción y su composición (MIX) han sido modificados. La tesis no tiene el propósito de servir de aval, de ser fuente de información confidencial o de demostrar una gestión eficaz o ineficaz.

a) Hipótesis

En la línea de producción Tapicería 1, las variaciones diarias del volumen y MIX de producción generan alteraciones en la productividad de la mano de obra.

b) Definición de variables

Antes de comenzar el análisis, se definen los siguientes conceptos y variables:

AMAROK DC: Abreviación de unidades AMAROK Doble Cabina.

AMAROK SC: Abreviación de unidades AMAROK Simple Cabina.

Ausentismo: Para el cálculo de la dotación final se considera un porcentaje de ausentismo a fin de atenuar las paradas de línea por falta de personal. Este porcentaje surge en base a un promedio histórico. En este análisis se toma el valor de un 6% sobre la dotación con el nivel de saturación indicado. Por ejemplo, en el cuadro de la Dotación Planificada (pág. 41), el Ausentismo se calcula sobre la Dotación con la Saturación incluida⁹. La fórmula empleada es la siguiente:

$$\text{Ausentismo} = (\text{Dotación} + \text{Saturación}) * 0.06 = (21,98 \text{ op.} + 3 \text{ op.}) * 0.06 = 1,5 \text{ op.}$$

VARIABLE	PLANIFICADO
Dotación	21,98
Saturación	3,00
Ausentismo	1,50
Dotación Final	26,47

⁹ **Saturación:** Variable que se explica en la página 30



Coefficiente de variación: Relaciona la desviación estandar con la media. Permite comparar el grado de dispersión de dos o más muestras.

Desviación estándar muestral: Medida de dispersión de los datos obtenidos

Dotación: Cantidad de operarios necesarios para producir el volumen de unidades. Se calcula el tiempo total requerido de trabajo (cantidad de Unidades equivalentes por el tiempo de fabricación de cada unidad) y se divide por el tiempo efectivo por turno de cada operario. La fórmula empleada es la siguiente:

$$\text{Dotación} = \text{Unidades equivalentes} * \text{Tiempo fabricación} / \text{Tiempo efectivo por turno}$$

Dotación final: Es la cantidad de operarios final necesarios para producir el volumen de unidades y necesarios para calcular el Tiempo utilizado por unidad. Se le suma a la Dotación definida anteriormente, la Saturación y el Ausentismo. La fórmula empleada es la siguiente:

$$\text{Dotación final} = \text{Dotación} + \text{Dotación} * (1 - \text{Saturación}) / \text{Saturación} + \text{Dotación} * \text{Ausentismo}$$

Media muestral: Promedio de los datos obtenidos

MIX planificado: Composición del volumen planificado de vehículos a producir. Representa el volumen de cada modelo a producir (SURAN, AMAROK DC y AMAROK SC) como porcentaje del volumen planificado total a producir. Es la combinación objetivo de vehículos a producir, resultante de aplicar el concepto de Nivelación de demanda.

MIX real: Composición del volumen real de vehículos producidos. Representa el volumen de cada modelo producido (SURAN, AMAROK DC y AMAROK SC) como porcentaje del volumen real total producido. Se diferencia del MIX planificado, ya que el planificado se utiliza como objetivo de producción y el MIX real es lo que realmente se produce.

Productividad: Es una medida de la cantidad de productos obtenidos por unidad de recursos utilizada. En este caso los productos son unidades (vehículos) y la unidad de recurso es la Hora Hombre. Es decir que una Productividad de 1 unidad / Hora Hombre significa que 1 hombre en 1 hora puede fabricar un vehículo. Cuanto mayor sea este indicador, más vehículos se



obtienen por recurso utilizado. Es inversamente proporcional al Tiempo utilizado por unidad. La fórmula empleada es la siguiente:

$$\text{Productividad} = 1 / \text{Tiempo utilizado por unidad (horas)}$$

Saturación: Por cuestiones de salud laboral y acuerdos sindicales, se considera que un operario no puede estar trabajando al 100 % de su tiempo efectivo de trabajo. Es por eso que se fijan porcentajes de saturación del tiempo total de trabajo. En este análisis se toma el valor de 88 % como límite de saturación de carga de trabajo del operario. Por ejemplo, en el cuadro de la Dotación Planificada (pág. 41), la Saturación se calcula sobre la Dotación. La fórmula empleada es la siguiente:

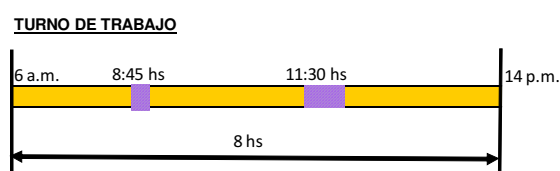
$$\text{Saturación} = \text{Dotación} * (1 - \text{Saturación}) / \text{Saturación} = 21,98 \text{ op.} * (1 - 0,88) / 0,88 = 3 \text{ op.}$$

VARIABLE	PLANIFICADO
Dotación	21,98
Saturación	3,00
Ausentismo	1,50
Dotación Final	26,47

Tiempos de fabricación: Tiempo total de mano de obra requerido para fabricar una unidad en la línea de Producción. Se calcula como la suma de los tiempos que insumen las tareas definidas en ese tramo. Al final de la página 23, en la Tabla nro. 7 se muestran los tiempos de fabricación de las unidades SURAN, AMAROK DC y AMAROK SC en el módulo de Producción Tapicería 1.

Tiempo efectivo por turno: Cantidad de tiempo efectivo de trabajo de cada operario por turno de producción. Se calcula como el tiempo total del turno (8hs) menos los tiempos de almuerzo, refrigerio y relevos (0,75 hs). Bajo este esquema, cada operario tiene un tiempo efectivo de trabajo de 7,25 horas o su equivalente de 435 minutos.

TIEMPOS POR TURNO	
Total (horas)	8,00
Almuerzo (horas)	0,50
Refrigerio (horas)	0,25
Tiempo Efectivo por turno (horas)	7,25
Tiempo Efectivo por turno (min)	435





Tiempo utilizado por unidad: Es el tiempo total de mano de obra utilizado para fabricar una unidad. Primero, se calcula la cantidad total de operarios por el tiempo efectivo de trabajo de cada uno para obtener el tiempo total en minutos. Luego, se divide este valor por la cantidad de unidades equivalentes. Se diferencia del Tiempo de Fabricación porque aquí se tiene en cuenta la cantidad de operarios utilizados para alcanzar el volumen real de producción, lo que impacta en la productividad. La fórmula de cálculo es la siguiente:

Tiempo utilizado por unidad = Dotación final * Tiempo efectivo / Unidades equivalentes

Unidad equivalente: Como su nombre lo indica, consiste en traducir un producto o modelo en términos de otro en función de un recurso establecido. En este análisis se utiliza el recurso de Horas Hombre para establecer equivalencias. Es decir que por los Tiempos de Fabricación de cada modelo en la línea Tapicería 1, un SURAN equivale a producir 0,78 AMAROK Doble Cabina en la línea de Tapicería¹⁰.

Volumen planificado: Cantidad de unidades planificadas a producir. Es el volumen de producción objetivo, el cual se utiliza para asignar la capacidad de los recursos requeridos para la producción (por ej: la mano de obra)

Volumen real: Cantidad de unidades reales producidas. Se diferencia del planificado, ya que el planificado se utiliza como objetivo de producción y de asignación de capacidades y el real es lo que realmente se produce.

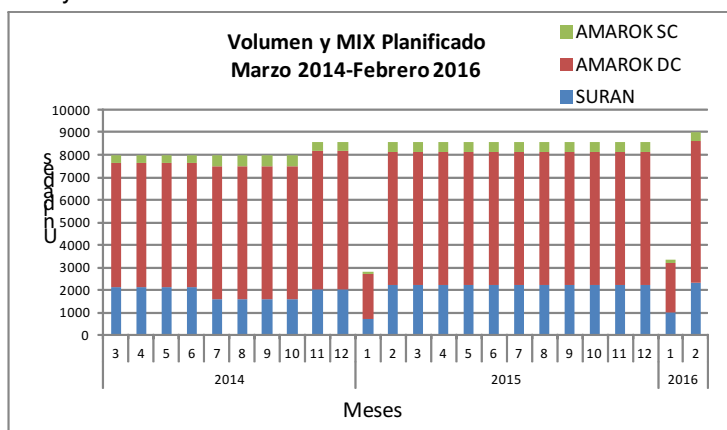
¹⁰ Página 23 - Tabla nro. 7 - Tapicería 1 - Tiempos totales de fabricación.

c) Volumen de producción mensual - MIX

El primer paso del análisis consiste en comparar durante el período comprendido entre Marzo 2014 y Febrero 2016 (últimos 2 años), el volumen y MIX de producción mensual, de los tres modelos que fueron tomados para el estudio (SURAN, AMAROK DC y AMAROK SC), para saber si existen diferencias entre lo planificado y lo real.

En el siguiente gráfico, se muestra el volumen y MIX **planificado**, el cual se puede observar que es estable, ya que no tiene variaciones significativas entre los distintos meses. La caída de volumen de los meses de Enero 2015 y 2016 se deben al cierre de planta anual por vacaciones y obras de parada de planta.

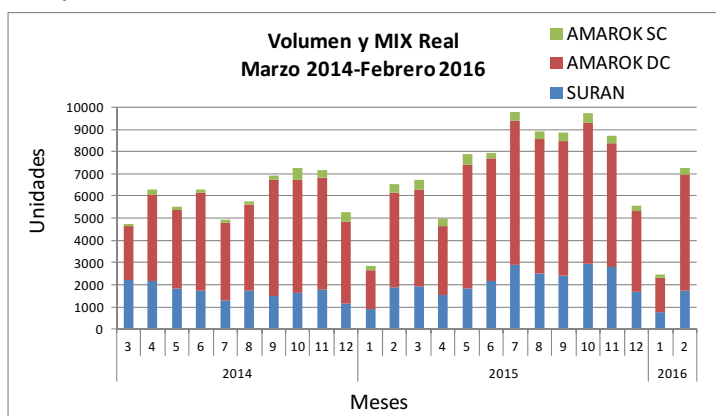
Gráfico 21. Volumen y MIX Planificado mensual - Marzo 2014-Febrero 2016



Fuente: Elaboración propia. Nota: Por razones de Confidencialidad, los datos reales han sido modificados.

En el siguiente gráfico se muestra el volumen y MIX **real**, el cual se puede observar que existen variaciones significativas entre los distintos meses con respecto al volumen y MIX **planificado**.

Gráfico 22. Volumen y MIX Real mensual - Marzo 2014-Febrero 2016



Fuente: Elaboración propia. Nota: Por razones de Confidencialidad, los datos reales han sido modificados.



A continuación, se comparan los principales indicadores estadísticos; la media, el desvío estándar y el coeficiente de correlación del MIX de los volúmenes planificados y reales de cada modelo, a fin de tener mayor referencia de la magnitud de estas variaciones entre los meses de Marzo 2014 y Febrero 2016. El MIX de producción se expresa en valores porcentuales del volumen total.

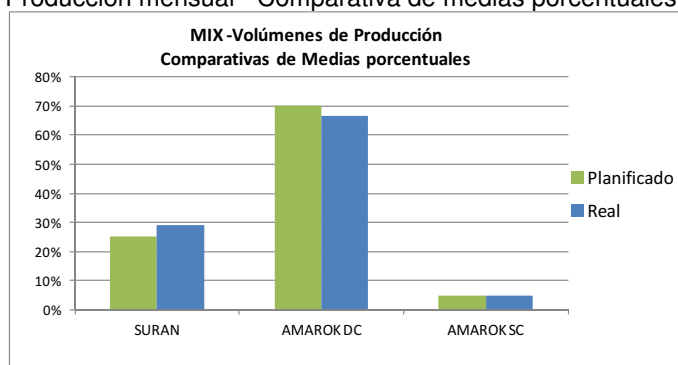
Tabla 8. MIX de producción mensuales - Comparativa Planificado vs Real

	Media		Desvío estándar		Coeficiente variación	
	Planificado	Real	Planificado	Real	Planificado	Real
SURAN	25%	29%	2%	5%	10%	18%
AMAROK DC	70%	67%	2%	5%	3%	7%
AMAROK SC	5%	5%	1%	2%	12%	36%

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la Media se puede observar que el modelo SURAN tuvo un 4 % de aumento en el volumen real con respecto al planificado, el modelo AMAROK DC una reducción de un 3 % y el modelo AMAROK SC no tuvo variaciones.

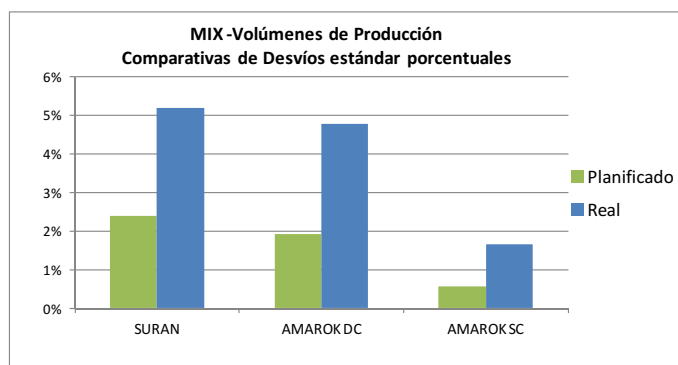
Gráfico 23. MIX de Producción mensual - Comparativa de medias porcentuales



Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la Desviación Estándar se puede observar en los tres modelos hubo un grado de volatilidad mayor en el volumen real que en el planificado.

Gráfico 24. MIX de Producción mensual - Comparativa de desvíos estándar porcentuales

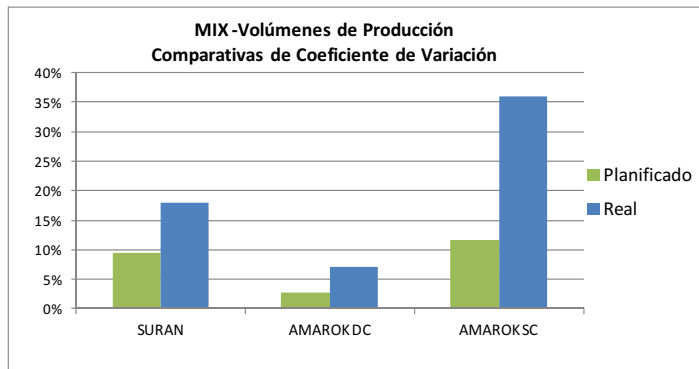


Fuente: Elaboración propia



Por último, se observa que el Coeficiente de variación fue mayor para los tres modelos en el volumen real con respecto al planificado, lo que indica un grado de dispersión mayor en el MIX real que en el MIX planificado.

Gráfico 25. MIX de Producción mensual - Comparativa de Coeficiente de variación



Fuente: Elaboración propia

Estas variaciones de volumen y MIX con respecto al volumen planificado se deben principalmente a que la planta de Montaje no está exenta de: tener problemas propios (retrabajos de producción, fallas de equipos), de absorber las variaciones de producción de las plantas de Pintura y Carrocería y de absorber las variaciones de producción de los distintos proveedores de partes y componentes. Cualquier desvío en los niveles de producción de la planta de Montaje, o de sus proveedores internos (plantas de Carrocerías-Pintura) o externos (proveedores de autopartes), altera el volumen y MIX de producción, debiéndose ajustar espontáneamente a la disponibilidad del mes.

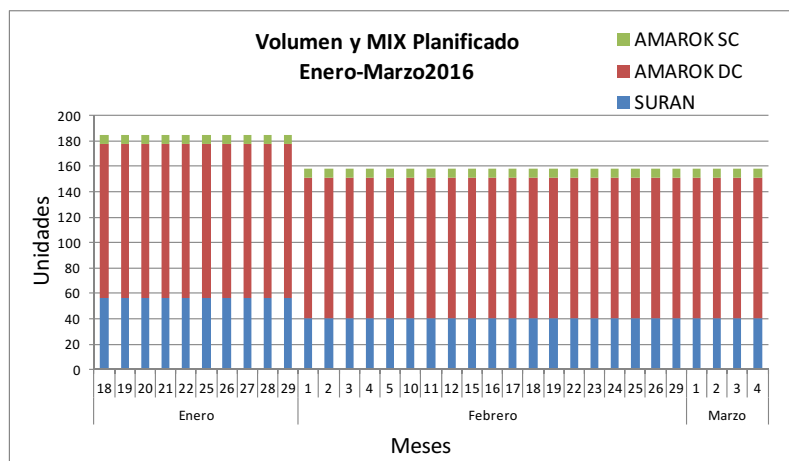
En los pasos siguientes se demostrará que todas estas variaciones impactan en la productividad de la línea de producción, ya que la capacidad del recurso mano de obra, se calcula para un volumen y un MIX **planificado** que no se cumple. Hasta ahora el análisis fue realizado por períodos mensuales, donde se puede suponer que existe una cierta capacidad de reacción en cada mes para ajustar la capacidad de la mano de obra de la línea ante las posibles variaciones de volumen y MIX de producción atenuando las posibles pérdidas de productividad por exceso de mano de obra o la imposibilidad de cumplir con los objetivos por falta de mano de obra. Por este motivo se realizará el análisis anterior dentro una ventana de tiempo menor. En vez de analizar el MIX **planificado** y **real** del volumen de producción por períodos mensuales, se analizará por períodos diarios, solo en un turno de trabajo.

d) Volumen de producción por turno - MIX

En este paso se analizará el volumen y MIX de producción planificado y real durante un período de 33 días de producción continuos comprendido entre los meses de Enero, Febrero y Marzo de 2016, solo en el turno mañana (este turno comprende desde las 6:00 a.m hasta las 14:00 p.m.)

En el siguiente gráfico, se muestra el volumen y MIX **planificado**, el cual se puede observar que es estable, ya que no tiene variaciones significativas entre los distintos días.

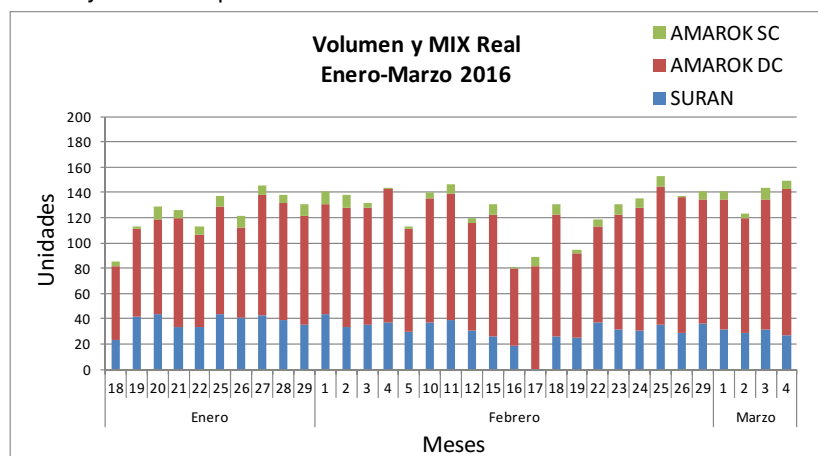
Gráfico 26. Volumen y MIX Planificado por turno - Enero-Marzo 2016



Fuente: Elaboración propia. Nota: Por razones de Confidencialidad, los datos reales han sido modificados.

En el siguiente gráfico se muestra el volumen y MIX **real**, el cual se puede observar que existen variaciones significativas entre los distintos días con respecto al MIX **planificado**.

Gráfico 27. Volumen y MIX Real por turno - Enero-Marzo 2016



Fuente: Elaboración propia. Nota: Por razones de Confidencialidad, los datos reales han sido modificados



A continuación, se comparan los principales indicadores estadísticos; la media, el desvío estándar y el coeficiente de correlación del MIX de los volúmenes planificados y reales de cada modelo, a fin de tener mayor referencia de la magnitud de estas variaciones entre los meses de Enero, Febrero y Marzo de 2016. El MIX de producción se expresa en valores porcentuales del volumen total.

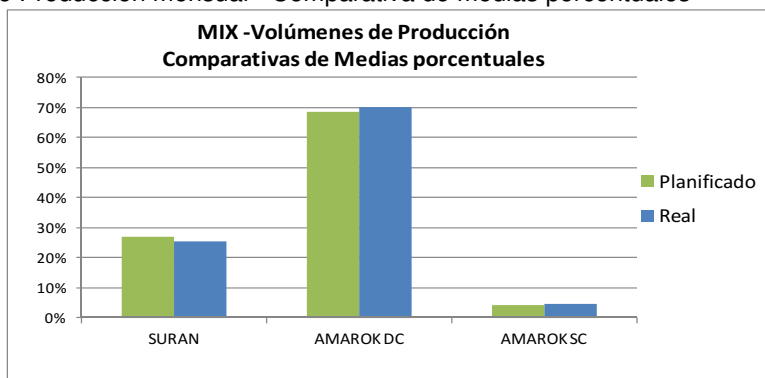
Tabla 9. MIX de producción por turno - Comparativa Planificado vs Real

	Media		Desvío estándar		Coeficiente variación	
	Planificado	Real	Planificado	Real	Planificado	Real
SURAN	27%	25%	2%	6%	8%	24%
AMAROK DC	69%	70%	2%	6%	3%	9%
AMAROK SC	4%	5%	0%	2%	7%	44%

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la Media, se observa que prácticamente no hubo variaciones entre el MIX del volumen planificado y real.

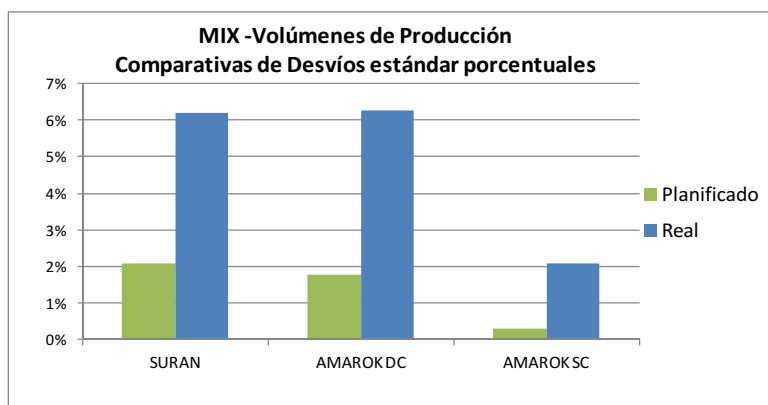
Gráfico 28. MIX de Producción mensual - Comparativa de medias porcentuales



Fuente: Elaboración propia

Pero al comparar los Desvíos estándar, es evidente la mayor volatilidad entre los volúmenes y MIX planificado y real, que se observan en el siguiente gráfico.

Gráfico 29. MIX de Producción mensual - Comparativa de desvíos estándar porcentuales

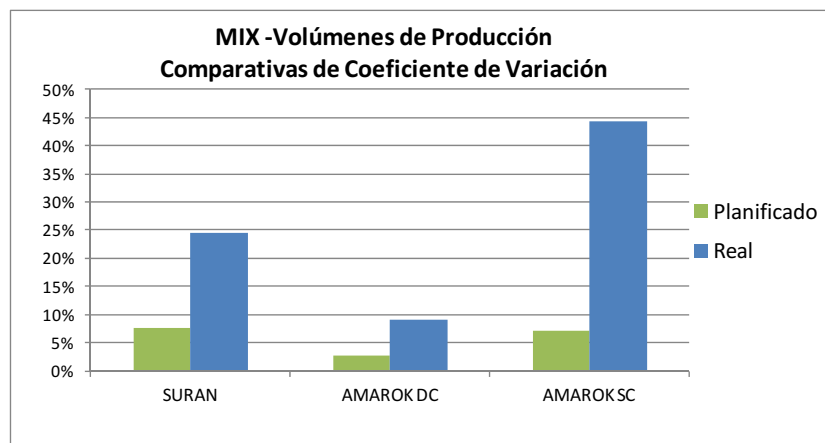


Fuente: Elaboración propia



Por último, al igual que en los volúmenes mensuales, los Coeficientes de variación son mayores en el MIX del volumen real que en el planificado, lo que indica un grado de dispersión mayor en el MIX del volumen real que en el planificado.

Gráfico 30. MIX de Producción mensual - Comparativa de Coeficiente de variación



Fuente: Elaboración propia

Al igual que para las variaciones de MIX mensuales analizadas anteriormente, cualquier desvío de los niveles de producción de los proveedores internos o externos de la planta de Montaje, altera el MIX de producción debiéndose ajustar espontáneamente a la disponibilidad del turno.

Esta información, nos da indicios de que pueden existir variaciones de productividad en la línea de producción Tapicería 1, debido a que la capacidad de mano de obra es establecida utilizando un volumen y MIX planificado que luego no se cumple en el volumen y MIX real. Este volumen real puede requerir mayor o menor capacidad de mano de obra, dependiendo del mayor o menor contenido de unidades con mayor o menor carga de trabajo¹¹. Pero en la realidad existen múltiples dificultades para ajustar la capacidad de mano de obra de una línea de producción de un turno a otro ante variaciones significativas de volumen y MIX entre turnos de trabajo (las cuales se pueden denominar variaciones espontáneas, ya que no están planificadas). Estas dificultades se detallarán en las conclusiones finales de este estudio.

Para analizar el impacto de las variaciones en el volumen y MIX de producción sobre la productividad en línea de Tapicería 1, se realizará un análisis de

¹¹ Página 23 - Tabla nro. 7 - Tapicería 1 - Tiempos totales de Fabricación



sensibilidad, para lo cual se proponen 6 escenarios diferentes. Primero se planteará el escenario planificado, el cual será utilizado como referencia de los cinco escenarios restantes, ya que la capacidad de mano de obra de la línea de producción se calcula con el Volumen y MIX planificado. Luego se plantearán cinco escenarios alternativos diferentes, donde en cada uno de ellos se varía el volumen y el MIX de producción con respecto al planificado. En todos ellos se calcularán y compararán con respecto al escenario planificado las siguientes tres variables: Dotación final, Tiempo total utilizado por unidad y Productividad.

e) Análisis de sensibilidad - Tapicería 1

i. Escenario Planificado

A fin de estandarizar los cálculos, el análisis será realizado dentro de un turno de producción. Si bien la fábrica puede trabajar 1, 2 ó 3 turnos dependiendo del volumen de vehículos demandados para fabricar, se considera útil para comprender el análisis, focalizar el análisis en sólo 1 turno de Producción. Para los cálculos, se consideran los siguientes parámetros iniciales:

Tabla 10. Análisis de sensibilidad - Parámetros iniciales

Variable	Descripción	Valor	Unidad medida
a	Volumen planificado por turno	166	un / turno
b	Tiempo efectivo por turno	435	min / turno
c	Saturación	88%	%
d	Ausentismo	6%	%

Fuente: Elaboración propia

Tal como se mostró anteriormente en la Tabla nro. 7¹², se obtienen los siguientes Tiempos de Fabricación para cada modelo en la línea de Tapicería 1

	Modelo		
	SURAN	AMAROK DC	AMAROK SC
Tiempo de Fabricación (min)	47,94	61,30	57,79

Esto significa que por las tareas que se desarrollan en el tramo de línea de Tapicería 1, son necesarios 47,94 minutos para armar un SURAN, 61,3 minutos para armar una AMAROK Doble Cabina y 57,79 minutos para armar

¹² Página 23 - Tabla nro. 7 - Tapicería 1 - Tiempos totales de Fabricación



una AMAROK Simple Cabina. La diferencia de tiempo se debe a las diferencias de carga de trabajo asignadas a cada modelo. Por ejemplo: en Tapicería 1, una AMAROK DC requiere más actividades de ensamble que un SURAN.

Estos son los tiempos requeridos de Mano de Obra para armar las unidades, pero en el armado pueden participar uno o varios operarios, lo que impactará en el Tiempo utilizado de mano de obra por unidad.

Con estos tiempos de fabricación, se aplica el concepto de Unidades Equivalentes que servirá para calcular con mayor certeza la Productividad. En esta ocasión se toma el modelo AMAROK Doble Cabina como la unidad equivalente de referencia por ser la que mayor volumen representa en el MIX planificado y real de fabricación. Luego, tomando en cuenta los tiempos totales de fabricación de SURAN y AMAROK Simple Cabina, calculamos las equivalencias proporcionales de estos modelos con respecto al modelo AMAROK Doble Cabina. Es de esta forma como se obtiene la relación de que un SURAN equivale a producir 0,78 AMAROK DC, y una AMAROK Simple Cabina equivale a producir 0.94 AMAROK DC en términos de mano de obra.

Tabla 11. Unidades equivalentes

	Modelo		
	SURAN	AMAROK DC	AMAROK SC
Tiempo de Fabricación (min)	47,94	61,30	57,79
Unidad Equivalente	0,78	1,00	0,94

Fuente: Elaboración propia

Luego se toma en cuenta el Volumen total planificado por turno y el MIX planificado promedio¹³. Adicionalmente se calculan también las Unidades Equivalentes por turno por cada modelo, que servirán para calcular el valor de la productividad planificada.

Tabla 12. Escenario Planificado - Volumen y MIX

	MIX - Volumen			TOTAL
	SURAN	AMAROK DC	AMAROK SC	
MIX %	27%	69%	4%	100%
Unidades	45	114	7	166
Unidades Equivalentes	35	114	7	156

Fuente: Elaboración propia

¹³ Enunciados en las preguntas de la página 27.



Nota: Las Unidades equivalentes de la Tabla 12 se calcularon de la siguiente forma:

$$45 \text{ SURAN} * 0,78 \text{ AMAROK DC} / \text{SURAN} = 35 \text{ AMAROK DC}$$

$$114 \text{ AMAROK DC} * 1 \text{ AMAROK DC} / \text{AMAROK DC} = 114 \text{ AMAROK DC}$$

$$7 \text{ AMAROK SC} * 0,94 \text{ AMAROK DC} / \text{SURAN} = 7 \text{ AMAROK DC}$$

En síntesis, las 45 SURAN equivalen a fabricar 35 AMAROK DC, las 114 AMAROK DC no se modifican debido a que la Unidad equivalente patrón es la AMAROK DC y las 7 AMAROK SC equivalen a fabricar aproximadamente 7 AMAROK DC.

Se puede observar que con este MIX de volumen planificado por turno, las 166 unidades totales equivale n en términos de mano de obra a fabricar 156 AMAROK Doble Cabina. A continuación se calcula la Dotación. Para ello se aplica la fórmula matemática:

$$\text{Dotación} = \text{Unidades equivalentes} * \text{Tiempo fabricación} / \text{Tiempo efectivo por turno}$$

$$\text{Dotación} = 156 \text{ u} * 61,3 \text{ min/u} / 435 \text{ min/op} = 21,98 \text{ operarios}$$

Nota: Se utiliza esta forma de cálculo con el fin de simplificar los pasos requeridos para el cálculo de la productividad. El método utilizado por Ingeniería Industrial consiste en obtener un tiempo total ponderado de los 3 modelos multiplicando cada tiempo total de cada modelo por su porcentaje del total del volumen. Luego se multiplica este tiempo por las unidades reales y se divide por el tiempo efectivo de cada operario para obtener la cantidad de dotación. Por ambos métodos se llega al mismo resultado.

$$\text{Tiempo ponderado} = 27\% * 47,94 + 69\% * 61,3 + 4\% * 57,79 = 57,53 \text{ min}$$

$$\text{Dotación} = 166 * 57,53 \text{ min/u} / 435 \text{ min/op} = 21,98 \text{ operarios}$$

Esta dotación de 21,98 operarios supone que todos ellos están trabajando al 100% de su tiempo efectivo de trabajo y que ninguno se ausentará a sus tareas durante todo el período de producción. Como se explicó anteriormente, los operarios no pueden estar saturados al 100% de su capacidad y además en la realidad existe un determinado nivel de ausentismo.

Es por este motivo que para calcular la Dotación Final, se tiene en cuenta el porcentaje de saturación que es del 88 % y el ausentismo que es del 6%.¹⁴

¹⁴ En la sección "Definición de variables" se explica como se calcula el **Ausentismo** (pág.28) y la **Saturación** (pág. 30)



VARIABLE	PLANIFICADO
Dotación	21,98
Saturación	3,00
Ausentismo	1,50
Dotación Final	26,47

Para simplificar los cálculos, no se incluyen otros suplementos de dotación como pueden ser la "sobrevelocidad" de línea o el "relevo hombre a hombre", ya que no contribuyen a la esencia de este estudio.

Con el mismo fin de simplificar los cálculos, no se se incluyen las tareas de Monitores y Reparadores debido a que son actividades de inspección y soporte de línea, ya que este estudio se basa en las tareas mínimas para fabricar un vehículo y no para inspeccionar, reparar o supervisar.

De esta forma se llega a la conclusión que para cumplir con el Volumen y MIX planificado por turno se necesitan 26,47 operarios en la línea de producción de Tapicería 1.

Nota: Se deja expresada la cantidad de operarios con decimales, ya que se busca obtener las diferencias de tiempos con la mayor precisión posible. Aunque cada persona represente un número absoluto, los decimales representan el tiempo requerido de esa persona. Por ejemplo, en este caso de 26,47 operarios se puede plantear como que son requeridos 27 operarios durante todo el turno o que existe una diferencia de 0.53 operarios (27-26,47) que representa un tiempo improductivo de 230,55 minutos por turno (0.53 operarios * 435 min / op = 230,55 min)

El siguiente paso consiste en calcular el Tiempo Total Utilizado para fabricar una Unidad Equivalente y la Productividad de la mano de obra de este esquema de trabajo. Para ello se aplican las fórmulas matemáticas:

Tiempo utilizado por unidad = Dotación final * Tiempo efectivo por turno / Unidades equivalentes

Productividad = 1 / Tiempo utilizado por unidad (horas)

Tiempo utilizado por unidad = 26,47 * 435 / 156 = 73,84 min

Productividad = 1 / (73,84 / 60)

VARIABLE	PLANIFICADO
Tiempo utilizado por unidad (min)	73,84
Productividad (unidades / HH)	0,81



De esta forma se obtiene un Tiempo Utilizado por Unidad de 73,84 minutos y a una Productividad de 0,81 unidades / Hora Hombre. Estos valores son los que corresponden para el volumen y el MIX planificados por turno.

ii. Escenarios Alternativos

A continuación se plantearán 5 escenarios alternativos distintos y se compararán los resultados con los obtenidos anteriormente para el escenario planificado. La metodología de cálculo será la misma que la utilizada en el escenario planificado. Los 5 escenarios que se plantearán son:

Escenario 1 - Volumen y MIX Real vs Planificado

Escenario 2 - Volumen y MIX Real I vs Planificado

Escenario 3 - Volumen y MIX Real II vs Planificado

Escenario 4 - Volumen y MIX Planificado I vs Planificado

Escenario 5 - Volumen y MIX Planificado II vs Planificado

En el escenario 1 se plantea una caída del volumen real con respecto al planificado. En el escenario 2 se mantiene la caída del volumen real del escenario 1 pero se plantean variaciones en el MIX aumentando la cantidad de vehículos con menor carga de trabajo (SURAN y AMAROK SC). En el escenario 3, al contrario del escenario 2, se disminuye en el MIX la cantidad de vehículos con menor carga de trabajo para aumentar los de mayor carga de trabajo (AMAROK DC). En el escenario 4 se plantea el mismo volumen que el planificado pero con variaciones en el MIX aumentando la cantidad de vehículos con menor carga de trabajo (SURAN y AMAROK SC). Finalmente, en el escenario 5, al contrario del escenario 4 se disminuye en el MIX la cantidad de vehículos con menor carga de trabajo para aumentar los de mayor carga de trabajo (AMAROK DC). En todos ellos se calculará nuevamente la Dotación, el Tiempo utilizado por unidad y la Productividad de la mano de obra tomando en cuenta los volúmenes y MIX reales y planificados y algunas posibles variaciones en su composición. En el siguiente cuadro se resumen las características principales de cada escenario.



Tabla 13. Características de cada escenario

Escenario	Volumen	MIX Porcentual % (SURAN - AMAROK DC - AMAROK SC)	Observaciones
Planificado	Planificado 166 u/turno	27 - 69 - 4	
1	Real 128 u/turno	25 - 70 - 5	
2	Real 128 u/turno	34 - 59 - 7	Aumento en el MIX de SURAN y AMAROK SC Disminución en el MIX de AMAROK DC
3	Real 128 u/turno	13 - 84 - 3	Disminución en el MIX de SURAN y AMAROK SC Aumento en el MIX de AMAROK DC
4	Planificado 166 u/turno	37 - 56 - 7	Aumento en el MIX de SURAN y AMAROK SC Disminución en el MIX de AMAROK DC
5	Planificado 166 u/turno	18 - 81 - 1	Disminución en el MIX de SURAN y AMAROK SC Aumento en el MIX de AMAROK DC

Fuente: Elaboración propia

Para todos los escenarios, se consideraron los parámetros iniciales descritos anteriormente¹⁵:

Variable	Descripción	Valor	Unidad medida
a	Volumen planificado por turno	166	un / turno
b	Tiempo efectivo por turno	435	min / turno
c	Saturación	88%	%
d	Ausentismo	6%	%

Además, los tiempos totales de fabricación y las equivalencias por unidad no varían en los cinco escenarios propuestos¹⁶:

	Modelo		
	SURAN	AMAROK DC	AMAROK SC
Tiempo de Fabricación (min)	47,94	61,30	57,79
Unidad Equivalente	0,78	1,00	0,94

Un factor clave para calcular el Tiempo utilizado por unidad y la Productividad en cada uno de los distintos escenarios, es que si bien los volúmenes y MIX de producción varían, la dotación que permanece trabajando en la línea de Tapicería 1 es la planificada de 26,47 operarios. Esto se debe a la imposibilidad de ajustar instantáneamente la dotación de un turno a otro de producción ante variaciones espontáneas de volumen y MIX.

¹⁵ Página 37 - Tabla nro. 10 - Análisis de sensibilidad - Parámetros iniciales

¹⁶ Página 38 - Tabla nro. 11 - Unidades equivalentes

1) Escenario 1 - Volumen y MIX Real vs Planificado

En este escenario, se utiliza para el cálculo, el volumen y MIX real por turno de 33 días de producción continuos entre los meses de Enero, Febrero y Marzo de 2016.

Tabla 14. Escenario 1 - Volumen y MIX

	MIX - Volumen			TOTAL
	SURAN	AMAROK DC	AMAROK SC	
MIX %	25%	70%	5%	100%
Unidades	32	89	6	128
Unidades Equivalentes	25	89	6	120

Fuente: Elaboración propia

Lo que se puede observar es que el volumen de producción total promedio real es de 38 unidades menor que el planificado ($166 - 128 = 38$ unidades). Además, los volúmenes de producción reales de cada uno de los tres modelos también fueron menores que el planificado. Por otro lado, el MIX del volumen de producción real fue similar que el planificado tanto en el total como en cada uno de los 3 modelos. En resumen, si bien el volumen real fabricado fue menor que el volumen planificado, mantuvo el mismo MIX entre modelos.

A continuación se calcula la Dotación requerida para este escenario.

VARIABLE	ESCENARIO 1
Dotación (op)	16,94
Saturación (op)	2,31
Ausentismo (op)	1,16
Dotación Final (op)	20,41

La Dotación Final calculada (con saturación y ausentismo) es de 20,41 operarios. Pero se debe tener en cuenta que la Dotación Final que se encuentra trabajando en la línea de Tapicería 1 es la dotación planificada de 26,47 operarios (calculada en la página 39), lo que genera pérdidas de recursos ya que en la línea de Tapicería 1 hay más operarios que los necesarios para el volumen y MIX de este escenario.

A continuación se calcula el Tiempo utilizado por unidad y la Productividad de Mano de Obra teniendo en cuenta que la Dotación Final que se encuentra trabajando en la línea de Tapicería 1 es la planificada de 26,47 operarios.



VARIABLE	ESCENARIO 1
Tiempo utilizado por unidad (min)	95,78
Productividad (unidades / HH)	0,63

Para saber cual es la magnitud de las variaciones de este escenario con respecto al volumen y MIX planificado se calculan las diferencias.

VARIABLE	ESCENARIO 1	PLANIFICADO	DIFERENCIAS	
			Absoluta	%
Dotación Final (op)	20,41	26,47	-6,06	-23%
Tiempo utilizado por unidad (min)	95,78	73,84	21,94	30%
Productividad (unidades / HH)	0,63	0,81	-0,18	-22%

Al comparar la Dotación Final requerida para este escenario con la Dotación Final planificada, obtenemos una diferencia de 6,06 operarios menos lo que representa una disminución de un 23%. Es decir que para el volumen de producción de este escenario, que es menor al planificado, hay 6,06 operarios de más en la línea de Tapicería 1 debido a que la Dotación Final que se encuentra trabajando fue calculada con el volumen planificado.

Por otro lado, en este escenario hay 21,94 Horas Hombre por unidad que están siendo desperdiciadas y que representan un 30% más de tiempo. Este aumento resulta de requerir menos cantidad de mano de obra para el volumen de este escenario, lo que a su vez impacta en una caída de la productividad de 0,18 unidades por Hora Hombre que representa una disminución del 22% con respecto al escenario Planificado.

Hasta aquí, solamente hemos demostrado que se generan pérdidas de productividad cuando la capacidad de mano de obra de una línea de producción se calcula en base a un volumen planificado y el volumen real resulta menor que el planificado. Son diversas las causas que generan estas pérdidas de producción. Las más significativas son: problemas internos de la planta de Montaje (retrabajos de producción, fallas de equipos, etc.), la falta de abastecimiento de unidades a la planta de Montaje por problemas en las plantas de Pintura, Carrocería o Estampado y el incumplimiento por parte de proveedores de autopartes tanto en volumen como en calidad.

En los escenarios 2 y 3, se utiliza también el volumen real pero se proponen variaciones en el MIX del volumen.

2) Escenario 2 - Volumen y MIX Real I vs Planificado

En este escenario, se utiliza para el cálculo, el promedio del volumen y el MIX de producción real por turno de 33 días entre los meses de Enero, Febrero y Marzo de 2016 (utilizados en el escenario nro 1), pero con las siguientes variaciones porcentuales del MIX en función de los desvíos estándar calculados para el volumen real ¹⁷.

MODELO	# Desvío estándar	Variación
SURAN	1,5	9%
AMAROK DC	-1,8	-11%
AMAROK SC	1	2%

Esto significa que para el MIX de este escenario, se propone un aumento de las unidades SURAN de 1,5 desvíos estándar, una disminución de unidades AMAROK DC de 1,8 desvíos estándar y un aumento de las unidades AMAROK SC de 1 desvío estándar.

Tabla 15. Escenario 2 - Volumen y MIX

	MIX - Volumen			TOTAL
	SURAN	AMAROK DC	AMAROK SC	
MIX %	34%	59%	7%	100%
Unidades	44	75	9	128
Unidades Equivalentes	34	75	8	117

Fuente: Elaboración propia

Para esta composición porcentual se consideró **augmentar** la cantidad de unidades que tienen menor carga de trabajo (SURAN y la AMAROK Simple Cabina) y **disminuir** la cantidad de unidades que tienen mayor carga de trabajo (AMAROK Doble Cabina).

A continuación se calcula la Dotación requerida para este escenario.

VARIABLE	ESCENARIO 2
Dotación	16,53
Saturación	2,25
Ausentismo	1,13
Dotación Final	19,91

La Dotación Final calculada (con saturación y ausentismo) es de 19,01 operarios. Pero se debe tener en cuenta que la Dotación Final que se encuentra trabajando en la línea de Tapicería 1 es la dotación planificada de

¹⁷ Página 39 - Tabla nro. 9 - Volumen y MIX de producción por turno - Comparativa Planificado vs. Real



26,47 operarios (calculada en la página 39), lo que genera pérdidas de recursos ya que en la línea de Tapicería 1 hay más operarios que los necesarios para el volumen y MIX de este escenario.

A continuación se calcula el Tiempo utilizado por unidad y la Productividad de Mano de Obra teniendo en cuenta que la Dotación Final que se encuentra trabajando en la línea de Tapicería 1 es la planificada de 26,47 operarios.

VARIABLE	ESCENARIO 2
Tiempo utilizado por unidad (min)	98,19
Productividad (unidades / HH)	0,61

Para saber cual es la magnitud de las variaciones de este escenario con respecto al volumen y MIX planificado se calculan las diferencias.

VARIABLE	ESCENARIO 2 PLANIFICADO		DIFERENCIAS	
			Absoluta	%
Dotación	19,91	26,47	-6,56	-25%
Tiempo utilizado por unidad (min)	98,19	73,84	24,35	33%
Productividad (unidades / HH)	0,61	0,81	-0,20	-25%

Al comparar la Dotación Final requerida para este escenario con la Dotación Final planificada, obtenemos una diferencia de 6,56 operarios menos lo que representa una disminución de un 25%. Es decir que para el volumen de producción de este escenario, hay 6,56 operarios de más en la línea de Tapicería 1 debido a que la Dotación Final que se encuentra trabajando fue calculada con el volumen planificado.

Por otro lado, en este escenario hay 24,35 Horas Hombre por unidad que están siendo desperdiciadas y que representan un 33% más de tiempo. Este aumento resulta de requerir menos cantidad de mano de obra para el volumen de este escenario, lo que a su vez impacta en una caída de la productividad de 0,20 unidades por Hora Hombre que representa una disminución de un 25% con respecto al escenario Planificado.

Lo que se puede observar en este escenario es que al aumentar en el MIX de producción la cantidad de vehículos con menor carga de trabajo (SURAN y AMAROK SC) se genera más ineficiencia.

3) Escenario 3 - Volumen y MIX Real II vs Planificado

En este escenario, se utiliza para el cálculo, el promedio del volumen y el MIX real por turno de 33 días de producción entre los meses de Enero, Febrero y Marzo de 2016 (utilizados en el escenario nro 1), pero con las siguientes variaciones porcentuales del MIX en función de los desvíos estándar calculados para el volumen real ¹⁸.

MODELO	# Desvío estándar	Variación
SURAN	-2,0	-12%
AMAROK DC	2,3	14%
AMAROK SC	-1	-2%

Esto significa que para el MIX de este escenario, se propone una disminución de las unidades SURAN de 2 desvíos estándar, una aumento de unidades AMAROK DC de 2,3 desvíos estándar y una disminución de las unidades AMAROK SC de 1 desvío estándar.

Tabla 16. Escenario 3 - Volumen y MIX

	MIX - Volumen			TOTAL
	SURAN	AMAROK DC	AMAROK SC	
MIX %	13%	84%	3%	100%
Unidades	17	108	3	128
Unidades Equivalentes	13	108	3	124

Fuente: Elaboración propia

Al contrario que en el escenario 2, para esta composición porcentual se consideró **disminuir** la cantidad de unidades que tienen menor carga de trabajo (SURAN y la AMAROK Simple Cabina) y **aumentar** la cantidad de unidades que tienen mayor carga de trabajo (AMAROK Doble Cabina).

A continuación se calcula la Dotación requerida para este escenario.

VARIABLE	ESCENARIO 3
Dotación	17,44
Saturación	2,38
Ausentismo	1,19
Dotación Final	21,01

La Dotación Final calculada (con saturación y ausentismo) es de 21,01 operarios. Pero se debe tener en cuenta que la Dotación Final que se encuentra trabajando en la línea de Tapicería 1 es la dotación planificada de 26,47 operarios (calculada en la página 39), lo que genera pérdidas de

¹⁸ Página 39 - Tabla nro. 9 - Volumen y MIX de producción por turno - Comparativa Planificado vs. Real



recursos ya que en la línea de Tapicería 1 hay más operarios que los necesarios para el volumen y MIX de este escenario.

A continuación se calcula el Tiempo utilizado por unidad y la Productividad de Mano de Obra teniendo en cuenta que la Dotación Final que se encuentra trabajando en la línea de Tapicería 1 es la planificada de 26,47 operarios.

VARIABLE	ESCENARIO 3
Tiempo utilizado por unidad (min)	93,02
Productividad (unidades / HH)	0,64

Para saber cual es la magnitud de las variaciones de este escenario con respecto al volumen y MIX planificado se calculan las diferencias.

VARIABLE	ESCENARIO 3	PLANIFICADO	DIFERENCIAS	
			Absoluta	%
Dotación	21,01	26,47	-5,46	-21%
Tiempo utilizado por unidad (min)	93,02	73,84	19,19	26%
Productividad (unidades / HH)	0,64	0,81	-0,17	-21%

Al comparar la Dotación Final requerida para este escenario con la Dotación Final planificada, obtenemos una diferencia de 5,46 operarios menos lo que representa una disminución de un 21%. Es decir que para el volumen de producción de este escenario, hay 5,46 operarios de más en la línea de Tapicería 1 debido a que la Dotación Final que se encuentra trabajando fue calculada con el volumen planificado.

Por otro lado, en este escenario hay 19,19 Horas Hombre por unidad que están siendo desperdiciadas y que representan un 26% más de tiempo. Este aumento resulta de requerir menos cantidad de mano de obra para el volumen de este escenario, lo que a su vez impacta en una caída de la productividad de 0,17 unidades por Hora Hombre que representa una disminución de un 21% con respecto al escenario Planificado.

Lo que se puede observar en este escenario es que al aumentar en el MIX de producción la cantidad de vehículos con mayor carga de trabajo (AMAROK DC) se genera más eficiencia.

En los próximos escenarios 4 y 5, se utiliza el volumen planificado pero se proponen variaciones en el MIX del volumen.

4) Escenario 4 - Volumen y MIX Planificado I vs Planificado

En este escenario, se utiliza para el cálculo, el promedio del volúmen y el MIX planificada por turno de 33 días de producción entre los meses de Enero, Febrero y Marzo de 2016 (utilizados en el escenario nro 1), pero con las siguientes variaciones porcentuales del MIX en función de los desvíos estándar calculados para el volumen real ¹⁹.

MODELO	# Desvío estándar	Variación
SURAN	1,6	10%
AMAROK DC	-2	-13%
AMAROK SC	1,5	3%

Esto significa que para el MIX de este escenario, se propone un aumento de las unidades SURAN de 1,6 desvíos estándar, una disminución de unidades AMAROK DC de 2 desvíos estándar y un aumento de las unidades AMAROK SC de 1,5 desvíos estándar.

Tabla 17. Escenario 4 - Volumen y MIX

	MIX - Volumen			TOTAL
	SURAN	AMAROK DC	AMAROK SC	
MIX %	37%	56%	7%	100%
Unidades	61	93	12	167
Unidades Equivalentes	48	93	12	153

Fuente: Elaboración propia

Para esta composición porcentual se consideró **aumentar** la cantidad de unidades que tienen menor carga de trabajo (SURAN y la AMAROK Simple Cabina) y **disminuir** la cantidad de unidades que tienen mayor carga de trabajo (AMAROK Doble Cabina).

A continuación se calcula la Dotación requerida para este escenario.

VARIABLE	ESCENARIO 4
Dotación	19,82
Saturación	2,70
Ausentismo	1,35
Dotación Final	23,87

La Dotación Final calculada (con saturación y ausentismo) es de 23,87 operarios. Pero se debe tener en cuenta que la Dotación Final que se

¹⁹ Página 39 - Tabla nro. 9 - Volumen y MIX de producción por turno - Comparativa Planificado vs. Real



encuentra trabajando en la línea de Tapicería 1 es la dotación planificada de 26,47 operarios (calculada en la página 39), lo que genera pérdidas de recursos ya que en la línea de Tapicería 1 hay más operarios que los necesarios para el volumen y MIX de este escenario.

A continuación se calcula el Tiempo utilizado por unidad y la Productividad de Mano de Obra teniendo en cuenta que la Dotación Final que se encuentra trabajando en la línea de Tapicería 1 es la planificada de 26,47 operarios.

VARIABLE	ESCENARIO 4
Tiempo utilizado por unidad (min)	75,33
Productividad (unidades / HH)	0,79

Para saber cual es la magnitud de las variaciones de este escenario con respecto al volumen y MIX planificado se calculan las diferencias.

VARIABLE	ESCENARIO 4	PLANIFICADO	DIFERENCIAS	
			Absoluta	%
Dotación	23,87	26,47	-2,60	-10%
Tiempo utilizado por unidad (min)	75,33	73,84	1,49	2%
Productividad (unidades / HH)	0,79	0,81	-0,02	-3%

Al comparar la Dotación Final requerida para este escenario con la Dotación Final planificada, obtenemos una diferencia de 2,6 operarios menos lo que representa una disminución de un 10%. Es decir que para el volumen de producción de este escenario, hay 2,6 operarios de más en la línea de Tapicería 1 debido a que la Dotación Final que se encuentra trabajando fue calculada con el volumen planificado.

Por otro lado, en este escenario hay 1,49 Horas Hombre por unidad que están siendo desperdiciadas y que representan un 2% más de tiempo. Este aumento resulta de requerir menos cantidad de mano de obra para el volumen de este escenario, lo que a su vez impacta en una caída de la productividad de 0,02 unidades por Hora Hombre que representa una disminución de un 3% con respecto al escenario Planificado.

Lo que se puede observar en este escenario es que al aumentar en el MIX de producción la cantidad de vehículos con menor carga de trabajo (SURAN y AMAROK SC) se genera más ineficiencia.

5) Escenario 5 - Volumen y MIX Planificado II vs Planificado

En este escenario, se utiliza para el cálculo, el promedio del volumen y el MIX planificada por turno de 33 días de producción entre los meses de Enero, Febrero y Marzo de 2016 (utilizados en el escenario nro 1), pero con las siguientes variaciones porcentuales del MIX en función de los desvíos estándar calculados para el volumen real ²⁰.

MODELO	# Desvío estándar	Variación
SURAN	-1,5	-9%
AMAROK DC	2	12%
AMAROK SC	-1,5	-3%

Esto significa que para el MIX de este escenario, se propone una disminución de las unidades SURAN de 1,5 desvíos estándar, una aumento de unidades AMAROK DC de 2 desvíos estándar y una disminución de las unidades AMAROK SC de 1,5 desvío estándar.

Tabla 18. Escenario 5 - Volumen y MIX

	MIX - Volumen			TOTAL
	SURAN	AMAROK DC	AMAROK SC	
MIX %	18%	81%	1%	100%
Unidades	30	134	2	165
Unidades Equivalentes	23	134	2	159

Fuente: Elaboración propia

Al contrario que en el escenario 4, para esta composición porcentual se consideró **disminuir** la cantidad de unidades que tienen menor carga de trabajo (SURAN y la AMAROK Simple Cabina) y **aumentar** la cantidad de unidades que tienen mayor carga de trabajo (AMAROK Doble Cabina).

A continuación se calcula la Dotación requerida para este escenario.

VARIABLE	ESCENARIO 5
Dotación	22,40
Saturación	3,05
Ausentismo	1,53
Dotación Final	26,98

La Dotación Final calculada (con saturación y ausentismo) es de 26,98 operarios. Pero se debe tener en cuenta que la Dotación Final que se

²⁰ Página 39 - Tabla nro. 9 - Volumen y MIX de producción por turno - Comparativa Planificado vs. Real



encuentra trabajando en la línea de Tapicería 1 es la dotación planificada de 26,47 operarios (calculada en la página 39), lo que genera falta de recursos ya que en la línea de Tapicería 1 hay menos operarios que los necesarios para el volumen y MIX de este escenario.

A continuación se calcula el Tiempo utilizado por unidad y la Productividad de Mano de Obra teniendo en cuenta que la Dotación Final que se encuentra trabajando en la línea de Tapicería 1 es la planificada de 26,47 operarios.

VARIABLE	ESCENARIO 5
Tiempo utilizado por unidad (min)	72,46
Productividad (unidades / HH)	0,83

Para saber cual es la magnitud de las variaciones de este escenario con respecto al volumen y MIX planificado se calculan las diferencias.

VARIABLE	ESCENARIO 5	PLANIFICADO	DIFERENCIAS	
			Absoluta	%
Dotación	26,98	26,47	0,50	2%
Tiempo utilizado por unidad (min)	72,46	73,84	-1,38	-2%
Productividad (unidades / HH)	0,83	0,81	0,02	2%

Al comparar la Dotación Final requerida para este escenario con la Dotación Final planificada, obtenemos una diferencia de 0,50 operarios mas lo que representa un aumento de un 2%. Es decir que para el volumen de producción de este escenario, hay 0,50 operarios de menos en la línea de Tapicería 1 debido a que la Dotación Final que se encuentra trabajando fue calculada con el volumen planificado.

Por otro lado, en este escenario hay 1,38 Horas Hombre por unidad que están siendo faltando y que representan un 2% menos de tiempo. Este aumento resulta de requerir mas cantidad de mano de obra para el volumen de este escenario, lo que a su vez impacta en un aumento de la productividad de 0,02 unidades por Hora Hombre que representa una aumento de un 2% con respecto al escenario Planificado.

Lo que se puede observar en este escenario es que al aumentar en el MIX de producción la cantidad de vehículos con mayor carga de trabajo (AMAROK DC) se genera más eficiencia.

iii. Resumen de resultados

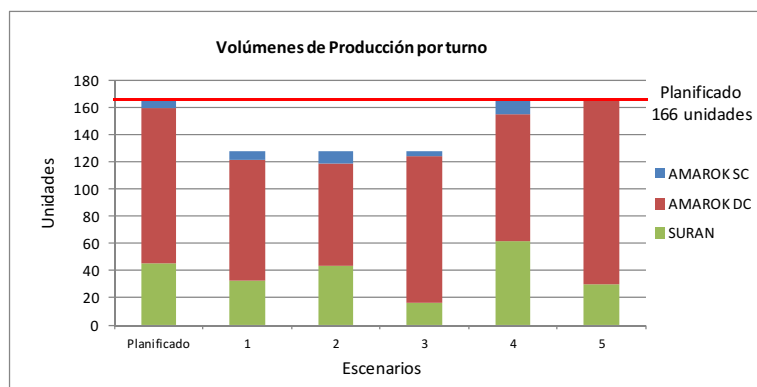
En la siguiente tabla y gráfico se observan comparativamente el volumen de unidades planificado y los volúmenes propuestos para cada uno de los cinco escenarios.

Tabla 19. Resumen escenarios - Volúmenes totales y por modelos.

Escenario	SURAN	AMAROK DC	AMAROK SC	TOTAL
Planificado	45	114	7	166
1	32	89	6	128
2	44	75	9	128
3	17	108	3	128
4	61	93	12	166
5	30	134	2	166

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 31. Resumen escenarios - Volúmenes totales y por modelos



Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente tabla y gráfico se observan comparativamente el MIX porcentual del volumen planificado y el MIX porcentual de los volúmenes propuestos para cada uno de los 5 escenarios.

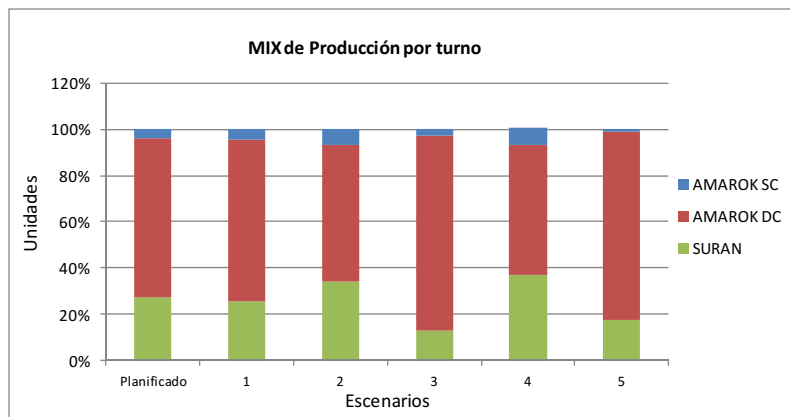
Tabla 20. Resumen escenarios - MIX porcentual por modelos.

Escenario	SURAN	AMAROK DC	AMAROK SC	TOTAL
Planificado	27%	69%	4%	100%
1	25%	70%	5%	100%
2	34%	59%	7%	100%
3	13%	84%	3%	100%
4	37%	56%	7%	100%
5	18%	81%	1%	100%

Fuente: Elaboración propia



Gráfico 32. Resumen escenarios - MIX porcentual por modelos



Fuente: Elaboración Propia

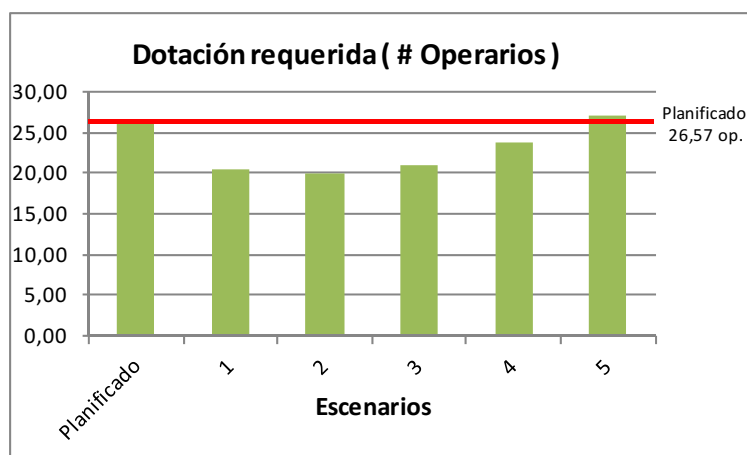
En la siguiente tabla y gráficos de resumen los valores de Dotación, Tiempo utilizado por unidad y Productividad.

Tabla 21. Resumen escenarios - Resultados

Escenario	Dotación requerida	Tiempo utilizado por unidad (min)	Productividad
Planificado	26,47	73,84	0,81
1	20,41	95,78	0,63
2	19,91	98,19	0,61
3	21,01	93,02	0,64
4	23,87	75,33	0,79
5	26,98	72,46	0,83

Fuente: Elaboración propia

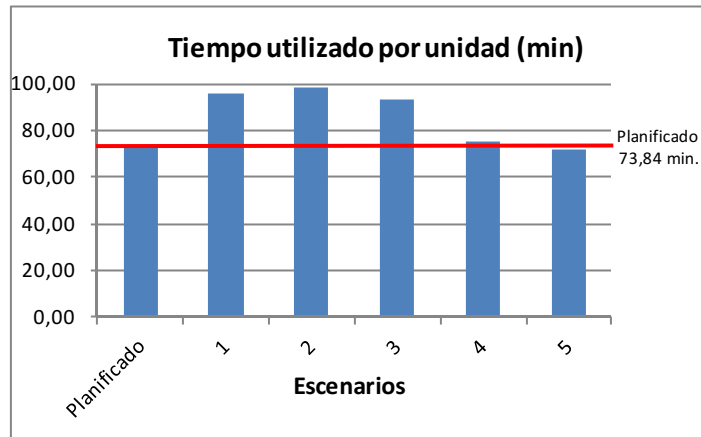
Gráfico 33. Resumen escenarios - Dotación requerida



Fuente: Elaboración Propia

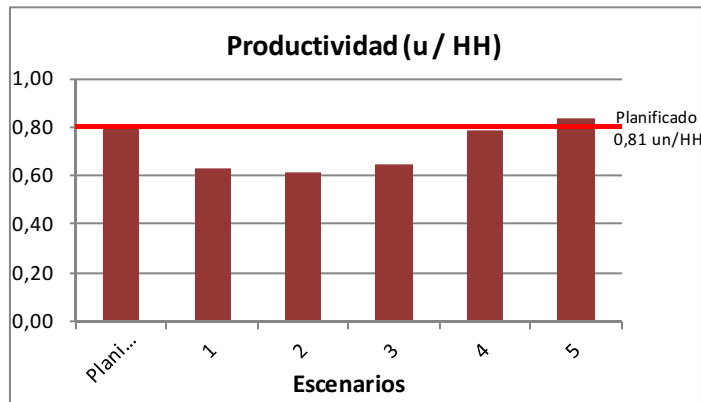


Gráfico 34. Resumen escenarios - Tiempo utilizado por unidad



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 33. Resumen escenarios - Productividad



Fuente: Elaboración Propia



4. CONCLUSIONES

Como conclusiones podemos citar las siguientes:

- Una caída del 23% del volumen total real de producción (128 unidades) con respecto al volumen planificado (166 unidades), genera una disminución de la eficiencia de un 22% (Escenario 1).
- Un aumento en el MIX del volumen **real** de producción de las unidades con **menor** carga de trabajo (Incremento de un 9 % de SURAN y de un 2% de AMAROK SC y disminución de un 11% de AMAROK DC), genera una disminución de la eficiencia de un 25% con respecto al Volumen y MIX Planificado (Escenario 2).
- Un aumento en el MIX del volumen **real** de producción de las unidades con **mayor** carga de trabajo (Incremento de un 14 % de AMAROK DC y disminución de un 12% de SURAN y de un 2% de AMAROK SC), genera una disminución de la eficiencia de un 21% con respecto al Volumen y MIX Planificado (Escenario 3).
- Un aumento en el MIX del volumen **planificado** de producción de las unidades con **menor** carga de trabajo (Incremento de un 9 % de SURAN y de un 2% de AMAROK SC y disminución de un 11% de AMAROK DC), genera una disminución de la eficiencia de un 3% con respecto al Volumen y MIX Planificado (Escenario 4).
- Un aumento en el MIX del volumen **planificado** de producción de las unidades con **mayor** carga de trabajo (Incremento de un 13 % de AMAROK DC y disminución de un 9% de SURAN y de un 3% de AMAROK SC), genera un aumento de la eficiencia de un 2% con respecto al Volumen y MIX Planificado (Escenario 5). En esta situación se debe tener en cuenta que se pueden generar paradas de producción por falta de capacidad.

Propuestas:

Como primer paso, se deben identificar y examinar las causas por las cuales el volumen y el MIX de producción que ingresa a la planta de Montaje tiene variaciones. Separar cuales son las causas generadas dentro de la terminal automotriz por problemas en las plantas de Estampado, Carrocería y Pintura o por fallas en la programación de la producción y cuales son las generadas fuera de la terminal automotriz por incumplimiento de entrega de autopartes por parte de proveedores tanto en el volumen como en la calidad exigida.

Como segundo paso, se deben establecer planes de contingencia dentro de la planta de Montaje, en la línea de Tapicería 1, hasta que las causas principales por las cuales se generan variaciones en el volumen y MIX de producción sean resueltas. Aquí podemos citar las siguientes alternativas:

1- Cuando estas variaciones de capacidad de mano de obra son menores a un 7,5 % como en los escenarios 4 y 5 (es decir que pueden sobrar o faltar hasta 2 operarios de una dotación planificada de 26,47 operarios) y además son puntuales en el tiempo (afectan solo a uno o dos turnos), el monitor de línea se debe encargar de redistribuir las tareas a fin de lograr cumplir con el plan de producción.

2- Por el contrario, cuando estas variaciones de capacidad de mano de obra son mayores a 7,5 % como en los escenarios 1, 2 y 3, y además son permanentes en el tiempo, se requiere recalcular la capacidad de mano de obra. Esta implementación puede demorar hasta 2 semanas. Aquí intervienen principalmente los siguientes departamentos:

- Ingeniería Industrial, para rebalancear la carga de trabajo.
- Ingeniería de Procesos, para definir la secuencia de los procesos
- Logística, para redistribuir los materiales en caso de ser necesario
- Producción y Sindicato, para validar el nuevo esquema de trabajo

En el caso que se deba aumentar la capacidad de mano de obra, se aumentaría la cantidad de operarios que tienen trabajo y no se generarían



problemas sociales y sindicales. El único inconveniente que existe es el costo y tiempo requerido para capacitar al personal en las tareas a desarrollar.

Pero en el caso que se deba disminuir la capacidad de mano de obra, no hay mucha más alternativa que reasignar, suspender o despedir operarios. Aquí aparecen distintos tipos de problemas sociales y sindicales. Esta situación es más compleja y es por este motivo que cuando en nivel de producción real disminuye con respecto al planificado, se mantiene la dotación planificada.

3 - Como opción intermedia entre las alternativas 1 y 2, se puede plantear un esquema mixto entre la distribución de tareas realizadas por el monitor de línea y el rebalanceo de la capacidad de mano de obra. Se puede tener una dotación fija de personal en la línea de producción y un conjunto de dotación polivalente que cuando la línea requiera mayor carga de trabajo presten asistencia y cuando requiera menor carga de trabajo realicen otras tareas dentro o fuera de la línea. Seguramente, los operarios que formen parte del conjunto de dotación polivalente, tendrán un nivel remunerativo mayor que los operarios que formen parte de la línea de producción debido a la multiplicidad y complejidad de tareas que deban realizar. Esto impacta en el costo de esta alternativa.



5. BIBLIOGRAFÍA

- Clarke, C. (2005). Automotive production systems and standardisation: From Ford to the case of Mercedes-Benz. New York: Springer-Verlag.
- Degan, Ronald J. - (2011) - Fordism and Taylorism are responsible for the early success and recent decline of the U.S. motor vehicle industry - Working paper nº 81/2011- International School of Management Paris.
- Freyssenet M.,(2006) “Reflective production: an alternative to mass production and lean production?”,Economic and Industrial Democracy, vol. 19, nº1, february 1998.Digital publication, freyssenet.com ,280 Ko.ISSN 7116-0941.
- Liker, Jeffrey K. - (2004) - The Toyota Way. Mc Graw Hill. New York.
- Pine, B. Joseph II (1993), Mass Customization. The New Frontier in Business Competition, Harvard Business School Press, Boston.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (2007). The machine that changed the world: The story of lean production - Toyota's secret weapon in the global car wars that is revolutionizing world industry. New York: Free Press. (Original work published 1990).



6. ANEXOS

a) Indice de gráficos

Gráfico 1. Volkswagen Argentina - Inicio y Fin de Producción de distintos modelos.....	13
Gráfico 2. Proceso de fabricación de vehículos en una terminal automotriz.....	14
Gráfico 3. Procesos de Estampado.....	15
Gráfico 4. Línea de Prensas.....	15
Gráfico 5. Procesos de Carrocerías.....	16
Gráfico 6. Imágenes de Procesos de Carrocerías.....	16
Gráfico 7. Procesos de Pintura.....	17
Gráfico 8. Imágenes de Procesos de Pintura.....	17
Gráfico 9. Procesos de Montaje.....	18
Gráfico 10. Imágenes de Procesos de Montaje.....	18
Gráfico 11. Layout esquemático de la planta de Montaje de Volkswagen Argentina.....	19
Gráfico 12. Vista lateral de modulo de producción Tapicería 1.....	20
Gráfico 13. Vista de frente de modulo de producción Tapicería 1.....	21
Gráfico 14. Tapicería 1 - Estaciones de trabajo del 1 al 8.....	22
Gráfico 15. Tapicería 1 - Estaciones de trabajo del 9 al 17.....	23
Gráfico 16. Nivelación de volumen y MIX - "Heijunka".....	24
Gráfico 17. Volumen y MIX de producción sin nivelar.....	25
Gráfico 18. Volumen y MIX de producción nivelado.....	25
Gráfico 19. Imágenes de vehículos SURAN y AMAROK.....	26
Gráfico 20. Volkswagen - Planta de Montaje - Patrón de producción.....	27
Gráfico 21. Volumen y MIX Planificado mensual - Marzo 2014-Febrero 2016.....	32
Gráfico 22. Volumen y MIX Real mensual - Marzo 2014-Febrero 2016.....	32
Gráfico 23. MIX de Producción mensual - Comparativa de medias porcentuales.....	33
Gráfico 24. MIX de Producción mensual - Comparativa de desvíos estándar porcentuales.....	33
Gráfico 25. MIX de Producción mensual - Comparativa de Coeficiente de variación.....	34
Gráfico 26. Volumen y MIX Planificado por turno - Enero-Marzo 2016.....	35
Gráfico 27. Volumen y MIX Real por turno - Enero-Marzo 2016.....	35
Gráfico 28. MIX de Producción mensual - Comparativa de medias porcentuales.....	36
Gráfico 29. MIX de Producción mensual - Comparativa de desvíos estándar porcentuales.....	36
Gráfico 30. MIX de Producción mensual - Comparativa de Coeficiente de variación.....	37
Gráfico 31. Resumen escenarios - Volúmenes totales y por modelos.....	54
Gráfico 32. Resumen escenarios - MIX porcentual por modelos.....	55
Gráfico 33. Resumen escenarios - Dotación requerida.....	55
Gráfico 34. Resumen escenarios - Tiempo utilizado por unidad.....	56
Gráfico 33. Resumen escenarios - Productividad.....	56



b) Indice de tablas

Tabla 1. Procesos de Estampado.....	15
Tabla 2. Procesos de Carrocerías.....	16
Tabla 3. Procesos de Pintura.....	17
Tabla 4. Procesos de Montaje.....	18
Tabla 5. Tapicería 1 - Estaciones de trabajo del 1 al 8 - Descripción de actividades.....	22
Tabla 6. Tapicería 1 - Estaciones de trabajo del 9 al 17 - Descripción de actividades.....	23
Tabla 7. Tapicería 1 - Tiempos totales de fabricación.....	23
Tabla 8. Volumen y MIX de producción mensuales - Comparativa Planificado vs Real.....	33
Tabla 9. Volumen y MIX de producción por turno - Comparativa Planificado vs Real.....	36
Tabla 10. Análisis de sensibilidad - Parámetros iniciales.....	38
Tabla 11. Unidades equivalentes.....	39
Tabla 12. Escenario Planificado - Volumen y MIX.....	39
Tabla 13. Características de cada escenario.....	43
Tabla 14. Escenario 1 - Volumen y MIX.....	44
Tabla 15. Escenario 2 - Volumen y MIX.....	46
Tabla 16. Escenario 3 - Volumen y MIX.....	48
Tabla 17. Escenario 4 - Volumen y MIX.....	50
Tabla 18. Escenario 5 - Volumen y MIX.....	52
Tabla 19. Resumen escenarios - Volúmenes totales y por modelos.....	54
Tabla 20. Resumen escenarios - MIX porcentual por modelos.....	54
Tabla 21. Resumen escenarios - Resultados.....	55