

Optimización del proceso línea de ensamble automotriz de la empresa GM Colmotores

Autor

Lider Andres Diaz Mendez

Director

German Granados Maldonado

Ingeniero Industrial

Programa de ingeniería industrial

Departamento de ingenierías mecánica, mecatrónica e industrial

Facultad de ingenierías y arquitectura



Universidad de pamplona

Pamplona, 17 de septiembre de 2019

Tabla de contenido

1. Resumen	7
2. Introducción.....	9
3. Resultados.....	12
3.1 Antecedentes	16
3.1.1 Porsche	16
3.1.2 Volkswagen.....	17
3.1.3 Sofasa renault.....	18
3.2 Naturaleza de la investigación	20
3.3 Tipo de investigación	20
3.4 Descripción de la empresa	21
3.5 Métodos de ejecución.....	22
3.5.1 Balanceo de líneas.....	23
3.5.1.1 Diagrama de precedencia.....	25
3.5.2 Lean manufacturing.....	26
3.5.3 Automatización.....	27
3.5 Recolección y análisis de datos.....	30
3.6 Flujograma productivo	31
3.7 Descripción del proceso productivo.....	32
3.8 Proceso	36

3.8.1 Diagrama de flujo.....	36
3.8.2 Diagrama de proceso.....	37
3.8.3 Diagrama de recorrido.....	38
3.9 Contextualización de resultados.....	39
3.9.1 Antes de aplicación de metodología.	39
3.9.2 Después de aplicada la metodología.	39
4. Conclusión.....	41
Bibliografía	42
5. Anexos	46

Lista de figuras

Figura 1. diagrama de precedencias	26
Figura 2. Flujograma productivo.....	31
Figura 3. Bastidores	32
Figura 4. Dirección, frenos y suspensión	33
Figura 5. Motor	34
Figura 6. Lubricante	34
Figura 7. Transmisión y caja de velocidades	35
Figura 9. Flujograma de ensamble	36
Figura 10. Flujograma de proceso.....	37
Figura 11. Diagrama de recorrido	38

Índice de tablas

Tabla 1. *Estaciones de trabajo y asignación de tareas*..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 2. *Tareas precedentes y tiempos* **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 3. *Maquinaria del proceso* **¡Error! Marcador no definido.**

Indicie de Anexos

Anexo A. Proceso de ensamble y revisión del motor	46
Anexo B. Proceso de pintura.....	46
Anexo C. Ensamble de partes mecánica.	47
Anexo D. Planta principal GM Colmotores en la ciudad de Bogotá D.C.....	47
Anexo E. Proceso de ensamble.	48
Anexo F. Planta GM Colmotores ubicada en Bogotá D.C.	48
Anexo G. Proceso de cataforesis.....	49
Anexo H. Proceso de pintura.	49

1. Resumen

La línea de ensamble automotriz es un proceso de manufactura en donde las partes, piezas, estructuras y componentes del automotor son añadidas según la estandarización del ensamble y diseño del mismo. Las líneas de ensamble son un proceso lógico y están diseñadas para organizar de manera secuencial el proceso de ensamble automotriz en el cual interactúan trabajadores, herramientas, maquinaria y partes del automotor. cada estación de trabajo contribuye al ensamble final y terminación del producto. un producto terminado puede ser ensamblado mucho más rápido y con menor esfuerzo al tener trabajadores que transporten partes a una pieza estacionaria para ensamblar.

Esta monografía se realizó con el fin de analizar la optimización de procesos de producción en la línea de ensamble automotriz de la empresa GM COLMOTORES, fundada en el año 1956 en la ciudad de Bogotá D.C. la cual presenta baja capacidad de producción conforme a la demanda actual del mercado, debido a la falta de automatización en las líneas de modelos mixtos, las cuales permiten ensamblar diferentes productos de una familia en una misma línea, facilitando la decisión sobre las secuencias de producción que se programan en la línea.

GM COLMOTORES propone implementar los métodos como balanceo de línea, lean manufacturing y procesos de optimización matemáticos, los cuales ajustan la producción a la demanda, cantidades solicitadas y tiempos de pedidos, utilizando una nueva línea de armado, ensamble y pintura, compuesta principalmente por el uso de robots en el proceso de ensamble la cual optimice el proceso y los tiempos del mismo.

Como resultados ante la aplicación de dichos métodos GM COLMOTORES obtuvo un incremento en su capacidad de producción y unidades fabricadas, lo que evidentemente muestra

que los métodos de optimización de procesos industriales son herramientas efectivas en la industria una vez identificado el problema.

Palabras clave:

línea de ensamble, balanceo de línea, proceso de manufactura, lean manufacturing, optimización de procesos, automatización

2. Introducción

Desde que la sociedad aumento sus niveles de consumo fue necesario implementar métodos de producción que satisfagan las necesidades de la población, teniendo en cuenta que el consumismo y la cultura capitalista crecían a un ritmo exageradamente acelerado, la industria se vio obligada a crear cadenas de producción y líneas de ensambles, las cuales cumplieron con la necesidad de responder ante la demanda de los mercados emergentes y altamente productivos.

La línea de producción nace como una forma de organización de la producción que delega a cada trabajador una función específica y especializada en máquinas también más desarrollada. De esta manera se implementa la producción masiva en menor tiempo y minimiza los costos de la misma.

Según (medios, 2014) las líneas de ensambles automotriz nacen mediante la implementación de cadenas de producción o producción en serie las cuales fabricaban grandes cantidades utilizando diseños estandarizados para que los procesos fueran todos iguales en los cuales habitualmente se emplean técnicas de cadenas de montaje. Una cadena o tren de montaje es un sistema en el que el producto es fabricado según un proceso que se desarrolla paso a paso, a medida que éste va avanzando constantemente entre un conjunto de obreros y máquinas. Este sistema, que Henry Ford incorporó por primera vez de forma masiva a la producción industrial, es uno de los conceptos de productividad más poderoso de la historia. Fue en gran medida responsable del surgimiento y la expansión del sistema industrializado y basado en el consumo existente en la actualidad.

Debido a la elevada demanda de consumo en el sector automotriz, la industria se ha visto obligada a aumentar sus niveles de producción y fabricación, para ellos hicieron inversiones

significativas en sus plantas ya que las líneas de ensamble no eran lo suficientemente eficaces para suplir la necesidad actual del mercado. Para la optimización de procesos productivos en la industria automotriz, específicamente en las líneas de ensamble, las empresas deben aplicar métodos de producción y manufactura que les permitan determinar la cantidad de unidades a producir según la demanda del mercado, reduciendo las pérdidas en cuanto a materia prima, costos de producción y tiempo de fabricación de la misma, es aquí donde la filosofía lean manufacturing juega un papel importante ya que esta determina la búsqueda continua de oportunidades de mejora debe formar parte de una estrategia organizacional, y como tal, la filosofía Lean Manufacturing contempla herramientas que pueden aplicarse tanto a procesos específicos en forma de técnicas sencillas, como al modelo estratégico mediante un sistema de administración ajustado. (Córdoba, 2006)

En la presente monografía se aplicó el modelo de investigación descriptiva ya que uno de los métodos cualitativos que se usan en investigaciones que tienen como objetivo la evaluación de algunas características o situación en particular. Dicha monografía tiene como objetivo analizar la optimización de procesos en la línea de ensamble de GM COLMOTORES, ubicada en la ciudad de Bogotá D.C. describiendo el comportamiento y etapas de fabricación, identificando las problemáticas existentes como baja capacidad de producción y balanceo en líneas de ensamble mixto. A su vez identificar las características de balanceo de líneas de producción aplicadas al proceso, lean manufacturing y automatización de la línea de ensamble mixta.

GM COLMOTORES es uno de los mayores fabricantes y ensambladores de automóviles con sede en Bogotá, Colombia. Actualmente es la empresa ensambladora más importante del país en cuanto a producción automotriz e importación de la misma, fabricando aproximadamente 400.000 automotores al año ya que cuenta con diversificación en sus procesos productivos y

líneas mixtas de ensamble automotriz lo cual le permite a GM COLMOTORES ensamblar buses, camiones y automóviles en una sola fabrica (medios, 2014). La demanda en la industria automotriz ha ido creciendo exponencialmente en los últimos años debido a que cada vez más personas quieren adquirir un vehículo, lo cual se convierte en una necesidad para satisfacer los problemas de movilidad de la población debido a que muchos sistemas de transporte público no abastecen ni cubren en su totalidad el territorio urbano de las ciudades o prestan un servicio deficiente. Por esta razón la demanda actual en el país ha crecido significativamente representando un aumento en la producción y ensamble automotriz de las empresas que pertenecen a dicha industria.

3. Resultados

El presente marco contiene aspectos referentes a los mecanismos utilizados para el análisis de nuestra problemática de investigación, debido a la naturaleza de la investigación documental, la metodología puede consistir en la comparación de distintas fuentes de información o la aplicación de un conjunto de fundamentos teóricos a la problemática estudiada. En este sentido el capítulo estará conformado por la naturaleza de la investigación, tipo de investigación, población y muestra, recolección y análisis de datos, técnicas de la ejecución. (Napa, s.f.)

Las líneas de montaje, elemento fundamental en muchos sistemas productivos, están compuestas por un conjunto finito de estaciones de trabajo y de tareas, que tienen asignado un tiempo de proceso, y un conjunto de relaciones de precedencias, que especifican el orden de proceso permitido de las tareas. Básicamente, el problema de equilibrado de líneas consiste en asignar las tareas a la secuencia ordenada de las estaciones, de tal manera que se satisfagan las relaciones de precedencia y se optimice una función objetivo, como por ejemplo minimizar el número de estaciones.

Sin embargo (S, Gmotorsreseat, 2011) precisa que los mercados actuales son globalizados y despiertan en los clientes diferentes tipos de gustos que se renuevan constantemente. Para responder a estos patrones de demanda modernos es indispensable que las empresas ofrezcan un amplio portafolio de productos que puedan ser elaborados en bajas cantidades y en cortos tiempos de suministro; por lo tanto, es necesario que sus sistemas productivos sean lo suficientemente flexibles como para producir una combinación de productos que fuese requerida por los clientes, pero al mismo tiempo deben tener alta eficiencia. En estos casos se pueden utilizar líneas de ensamble para aprovechar sus ventajas, pero es necesario considerar nuevas

técnicas de balance que permitan tener un mayor grado de flexibilidad. En este sentido la implementación de líneas de ensamble de modelos mixtos se presenta como una buena alternativa para afrontar esta problemática. El concepto de modelos mixtos hace referencia a una familia que se compone por un conjunto de productos que se diferencian entre sí solamente por características menores, pero cuyas funciones principales son básicamente las mismas.

Generalmente estos productos se ensamblan después de que el cliente defina sus requerimientos personales, y a pesar de que son diferentes, se desea que el proceso productivo sea similar para todos ellos; por lo tanto, es razonable pensar que cualquier combinación de estos se puede ensamblar en una misma línea, siempre y cuando los tiempos de alistamiento al pasar de un modelo a otro sean despreciables.

Cuando en una línea de ensamble los productos no son completamente homogéneos, el tiempo de proceso de una misma tarea puede variar para cada uno de estos; por lo tanto, el tiempo de ciclo en las estaciones dependerá en gran medida del modelo específico que esté siendo ensamblado en cada momento. Si una línea de estas ha sido balanceada con técnicas tradicionales se pueden evidenciar ciertos problemas, pues probablemente esta no se encuentre en capacidad de producir de manera eficiente cualquier secuencia de órdenes de trabajo; estos problemas surgen cuando una estación trabaja en varios modelos que requieren un alto tiempo de proceso, seguido uno de otro, lo que hace que el tiempo de ciclo pueda ser excedido, produciendo una sobrecarga de trabajo que debe ser compensada por alguna medida correctiva que generalmente genera costos adicionales o deterioros en la calidad del producto, el problema del balance es interdependiente con el problema de la programación de operaciones, conocido como scheduling; por lo tanto, las sobrecargas podrían evitarse si se encuentra una secuencia de trabajo en la cual los modelos que requieren altos tiempos en una estación se alternan con los que

requieren menos tiempo; sin embargo, si se balancean las cargas de trabajo dentro de cada estación para todos los modelos, el scheduling será un problema de menor importancia porque así cualquier secuencia podría tener una eficiencia aceptable en todas las estaciones.(eumed, s.f.)

El scheduling son técnicas matemáticas para la asignación de recursos limitados a las actividades que deben desarrollar en el proceso de producción. Esta asignación de recursos tiene que ser hecha en un sentido en el cual la compañía optimice sus recursos y minimice los costos de producción mientras cumple los objetivos propuestos para dicho proyecto. Los modelos de planeación y scheduling de la producción en las empresas manufactureras pueden ser caracterizados por una variedad de factores; el número de recursos y maquinas disponibles, sus características y configuraciones, el nivel de automatización del sistema, el tipo de sistema de manejo de materiales, etc.

En términos generales, los modelos utilizados para la Planeación y scheduling de la producción, incluyen dentro de sus cálculos variables principalmente relacionadas con los recursos que se tienen, maquinas, número de trabajadores, recursos, tipo de instalaciones y tipos de procesos. A su vez existen una serie de restricciones en todos los procesos de producción las cuales deben tenerse en cuenta para obtener uno planes de tareas similares a la realidad que permitan el control de la producción. (Kalpakjian, S. y Schmid, S. R. , 2002)

Según (Rivera, 2011) Si no se hace una buena planificación de los recursos según el proceso de manufactura en la línea de ensamble mixta, se tendrán inconvenientes como el desabastecimiento de materia prima la cual no permite que la producción sea constante, generando roturas, errores, retrasos y por ende no se cumplirá la meta de unidades a fabricar según la demanda del mercado.

Para solucionar la problemática que se presentó en la línea de ensamble en cuanto a la producción, la empresa decidió automatizar la planta automotriz agregando robots al proceso y de esta manera optimizando el mismo, también usaron herramientas de ingeniería como el balanceo en líneas de producción y lean manufacturing para minimizar la pérdida de tiempo entre actividades y estaciones de trabajo, controlar el inventario de materia prima y evitar desabastecimiento. De esta manera la capacidad de producción de la línea de ensamble será la óptima y cumplirá con las unidades demandadas a fabricar por el mercado.

3.1 Antecedentes

3.1.1 Porsche. Porsche AG, La famosa fabricante alemana de autos deportivos inició la implementación de Lean en 1991. En un periodo de cinco años Porsche ha doblado su productividad operativa, ha reducido un 90% de los defectos en partes provenientes de proveedores y ha mejorado su producción con calidad desde la primera pasada en más de 55%. Para 1997 había lanzado dos productos altamente manufacturables después de 3 años de desarrollo, habían recortado el espacio requerido para fabricar a la mitad, disminuido el tiempo de respuesta de materiales a producto terminado de seis semanas a tres días y habían disminuido el inventario de partes en un 90%. La digitalización ha supuesto una verdadera revolución en la industria del automóvil, ha pasado de producir 25.000 unidades anuales a más de 180.000, con una inversión total de 1.300 millones de euros no sólo por la significativa reducción de costes que consigue a lo largo de todo el proceso de planificación y construcción de un vehículo, sino también por la flexibilidad que aportan los nuevos sistemas para la personalizar todos y cada uno de los coches que salen de la factoría, sin necesidad de crear líneas de ensamblaje diferentes ni multiplicar las necesidades logísticas. la fábrica de Porsche en la localidad alemana de Leipzig se ha convertido en una de las más modernas del mundo en el sector del automóvil y, a día de hoy, se estima que el grado de digitalización alcanzado está ya en un 75%, aproximadamente. Los avances realizados en esta planta desde su inauguración en 2002 han sido notables, sin embargo, todavía hay un camino largo por recorrer hasta llegar al 100% de digitalización, un hito que se espera conseguir para 2025. Conscientes de lo que supone esta cuarta revolución industrial, los responsables de la compañía crearon hace unos meses dos subsidiarias para trabajar intensamente en este terreno, Porsche Digital GmbH y Porsche Digital Lab. Con ellas

pretenden investigar en los campos de los grandes volúmenes de datos, el aprendizaje automático, las tecnologías de la nube y lo que se conoce como industria 4.0, un concepto de fábrica inteligente llevado al extremo. (Hernandez, 2016)

3.1.2 Volkswagen. Teniendo en cuenta lo dicho por (Montiel, 2016), El grupo fabricante de coches Volkswagen ha integrado un brazo robótico industrial del fabricante danés Universal Robots en la producción en serie de su planta de producción de motores en Salzgitter (Alemania). El robot ligero UR5 se encuentra instalado en la sección de montaje de culatas de cilindro, donde se encarga de manipular delicadas bujías de incandescencia. Lo especial aquí es que se trata del primer robot colaborativo utilizado por Volkswagen en todo el mundo. Gracias a su modo de seguridad integrada, brazos robóticos de seis ejes es capaz de colaborar junto con las personas sin vallas protectoras. Contribuye así de forma significativa a optimizar unos procesos de trabajo seguros.

es una de las mayores plantas de fabricación de motores del mundo. Unos 6.000 empleados fabrican allí cerca de 7.000 motores de gasolina y diesel en más de 370 versiones cada día, en comparación a los 3.467 motores que fabricaban antes de la automatización del proceso. Los motores de 3 a 16 cilindros se instalan en los distintos modelos y marcas del grupo Volkswagen. El fabricante de coches ha instalado recientemente un brazo robótico industrial colaborativo del fabricante danés Universal Robots junto al personal de la sección de montaje de culatas de cilindro de la fábrica con el fin de insertar bujías de incandescencia en las culatas de cilindros.

Gracias a su modo de seguridad integrado (según la norma EN ISO 10218), el robot industrial puede trabajar próximo a las personas. los robots están equipados con una pinza colaborativa, diseñada por el integrador de sistemas Faude Automatisierungstechnik en exclusiva para

Volkswagen y que cumple los requisitos de la norma de seguridad ISO/TS 15066, la especificación estándar para los robots colaborativos. Los robots se han podido integrar así en la línea de producción sin necesidad de una jaula protectora adicional

(interempresa, 2013)

3.1.3 Sofasa renault. Según (Renault Automatizacion , 2014) la compañía está en continua renovación y una de sus últimas “adquisiciones” es el sistema de abastecimiento de ruedas. La instalación, que ha supuesto un control absoluto de la gestión de estas unidades, consta de una estantería dinámica, un robot de entrada y otro de salida y un sistema de transporte hasta el punto exacto de la cadena donde se están montando los neumáticos en los vehículos. El SGA (Sistema de Gestión del Almacén) se adelanta a lo que está ocurriendo en ese momento en la fábrica porque conoce los modelos que están en curso, calcula las necesidades y ordena el suministro de aquellas referencias que tienen un menor volumen en stock. cuando en el mundo logístico se empezó a oír hablar de la optimización de la cadena de suministro, los empresarios de la automoción ya llevaban años aplicando novedosas estrategias y tecnologías de última generación a fin de que los proveedores entregaran su producto a pie de las líneas de montaje o con el objetivo de reducir al mínimo el stock de materias primas y de componentes. Por supuesto, actuando siempre bajo la premisa de evitar una parada del proceso de fabricación debido a las nefastas repercusiones económicas que tal situación puede provocar. na vez hecho el pedido en firme, se le identifica con un código a partir del cual empezará a funcionar todo el engranaje. Antes de iniciar la fabricación se habrán activado todas las órdenes de reposición de componentes a la factoría de modo que se vayan incorporando automáticamente a la línea según avance el proceso. Como ejemplo, cuando llega el momento de montar las ruedas al vehículo, el

almacén de neumáticos enviará aquellos elegidos por el cliente, que seguramente serán distintos de los del coche anterior.

La mejora que se llevó a cabo fue la construcción de un almacén automatizado de ruedas que alimenta la fábrica mecánicamente, sin intervención manual. Entre las muchas ventajas obtenidas con esta nueva instalación destaca el perfecto control actual de las unidades con las que se trabaja y la sincronización de movimientos, el conocimiento del inventario siempre en tiempo real o la eliminación de la carga unitaria de los neumáticos por parte de los operarios, eliminando esfuerzos innecesarios. (Renault Automatizacion , 2014)

Al ser un sistema dinámico, la estantería está formada por una estructura de sustentación compuesta por bastidores y largueros, los cuales soportan los caminos de rodillos. Debido a la inclinación, la carga va avanzando por su propio cambiando continuamente su posición. El almacén exterior se sigue conservando para ir depositando las entregas diarias de los proveedores. Un operario, igual que antes, acata las órdenes del sistema y con una carretilla elevadora recoge las paletas de dos en dos (una sobre otra) del stock en bloque hasta depositarlas en el nuevo despaletizador. Antes de que éste entre en funcionamiento, también retira la protección plástica y lee con la pistola el código de barras de las paletas de modo que el software comprueba que las unidades que solicitó son las que se van a introducir en el almacén. Este trabajo de alimentación es constante; en toda la factoría se trabaja en tres turnos, prácticamente las 24 horas del día. El software del nuevo almacén se adelanta a lo que está ocurriendo en ese momento en la fábrica porque conoce los vehículos que están en curso, calcula las necesidades y ordena el suministro de aquellas referencias que tienen un menor volumen en stock. De otra forma la mercancía caería al suelo. Lógicamente, la misma estantería dinámica permite trabajar con el sistema FIFO (First In-First Out) porque la primera rueda que entra es la primera que sale.

El almacén exterior se sigue conservando para ir depositando las entregas diarias de los proveedores. Un operario, igual que antes, acata las órdenes del sistema y con una carretilla elevadora recoge las paletas de dos en dos (una sobre otra) del stock en bloque hasta depositarlas en el nuevo despaletizador. Antes de que éste entre en funcionamiento, también retira la protección plástica y lee con la pistola el código de barras de las paletas de modo que el software comprueba que las unidades que solicitó son las que se van a introducir en el almacén. Este trabajo de alimentación es constante; en toda la factoría se trabaja en tres turnos, prácticamente las 24 horas del día. El software del nuevo almacén se adelanta a lo que está ocurriendo en ese momento en la fábrica porque conoce los vehículos que están en curso, calcula las necesidades y ordena el suministro de aquellas referencias que tienen un menor volumen en stock. (Gonzales, 2012)

3.2 Naturaleza de la investigación

La naturaleza de la investigación a desarrollar se encuentra bajo un enfoque cualitativo debido a que recolecta información que se basa en observaciones, antecedentes y documentos referentes al tema, los cuales sirven para diferenciar los procesos de optimización que se usan en la industria automotriz y sus distintos sectores, de esta manera identificaron las metodologías aplicadas y evidenciaron resultados congruentes con dichas filosofías, las cuales buscan sustentar y dar explicación a la problemática planteada en GM COLMOTORES.

3.3 Tipo de investigación

Este tipo de investigación está enmarcada bajo estudio descriptivo y teórico ya que consiste en analizar lo más relevante en la optimización del proceso industrial en la empresa GM

COLMOTORES, por medio de estas analizarán los factores relevantes con los cuales se logró optimizar el proceso en la línea de ensamble mixta.

De todas formas, la investigación descriptiva no consiste únicamente en acumular y procesar datos. El investigador debe definir su análisis y los procesos que involucrará el mismo.

A grandes rasgos, las principales etapas a seguir en una investigación descriptiva son: examinar las características del tema a investigar, definirlo y formular hipótesis, seleccionar la técnica para la recolección de datos y las fuentes a consultar. (Uversia, s.f.)

3.4 Descripción de la empresa

GM Colmotores es uno de los mayores fabricantes y ensambladores de automóviles con sede en Bogotá, capital de Colombia. Establecida en 1956, empezó manufacturando bajo licencia coches de la firma británica Austin. En 1965, Chrysler Corporation tomó cerca del 60% de la participación accionaria en la compañía, e iniciaría la fabricación de vehículos de la marca Chrysler bajo licencia hasta el año de 1979. En 1979, General Motors tomaría el control total de la compañía, comprando el 77.4% de los paquetes accionarios. La creación de GM Colmotores emerge de la visión del empresario colombiano Germán Montoya. La creación de la compañía se cristalizaría el 27 de julio de 1956, cuando se fundó la Fabrica Colombiana de Automotores S.A. (Colmotores). Los artículos de incorporación así como los de la reforma a ramos legales necesarios por parte del gobierno de la época serían alcanzados meses después, y el 25 de agosto del mismo año, y con un capital inicial de cinco millones de pesos de ese entonces, se contribuyó en muchos de los departamentos y en algunas de las regiones indispensables para el despegue dela empresa, particularmente en Antioquia, Cundinamarca, Caldas y en la Costa pacífica colombiana. (medios, 2014)

GM Colmotores es la primera ensambladora colombiana en producir un millón de unidades, y éste histórico acontecimiento se convierte en la excusa perfecta para celebrar con millones de clientes y amigos los beneficios de tener un Chevrolet y de esta forma entregarles diversos beneficios en los precios de sus vehículos, precios especiales en repuestos y servicio y la única oportunidad de ganarse la unidad un millón. (CRIA, s.f.)

Pero además del orgullo que significa ensamblar un millón de vehículos, Chevrolet le dio vida a una iniciativa única en dónde los millones de amigos de la marca unidos, generarán acciones positivas para mejorar las vías y la sociedad en general, convirtiéndose en actores de cambio a bordo de un Chevrolet.

Igualmente, ha contribuido de manera significativa al desarrollo social y económico del país mediante una alta generación de empleo calificado, apoyo técnico y financiero al crecimiento de la industria de autopartes y considerable aporte al fisco nacional por concepto de impuestos y contribuciones. El impacto en las comunidades es también su compromiso por lo que a través de la Fundación ha dado continuidad a los proyectos mencionados en su primer Informe de Sostenibilidad logrando beneficiar un gran número de personas de la comunidad con proyectos enfocados entre otros en educación, generación de empleo y movilidad sostenible.

(RevistaUdistrital, s.f.).

3.5 Métodos de ejecución

Los métodos de ejecución utilizados para el análisis de la optimización en el proceso industrial están enfocados hacia la línea de ensamble automotriz de GM COLMOTORES, en la cual se aplican metodologías como el balanceo de líneas de producción, minimizando los tiempos de trabajo entre estaciones y optimizando el proceso. Por consecuente se aplicó la

filosofía lean manufacturing la cual controla la materia prima en inventario y les permite hacer una planeación óptima de las unidades demandas, diagrama de precedencias en los cuales se analizan los tiempos entre tareas para identificar las demoras y cuellos de botellas que se presentan en el proceso. Con la interacción de dichas metodologías la línea de ensamble fue automatizada con una serie de brazos robóticos en cada etapa del proceso, se implementó un sistema computarizado y de control el cual minimiza los porcentajes de error en cada estación de trabajo, logrando optimizar el proceso minimizando los tiempos de ejecución y ensamble.

3.5.1 Balanceo de líneas. El balanceo en una línea de producción busca equilibrar la misma repartiendo las tareas a realizar entre una serie de estaciones de trabajo, cada estación de trabajo dispone de un tiempo determinado para realizar sus tareas el cual le llaman " tiempo de ciclo", de esta forma el ritmo de trabajo es uniforme y conoceremos con exactitud el número de unidades que se pueden producir al día. (Alvarán, 2012)

Esta tabla describe el nombre de cada estación de trabajo y la asignación como tarea de cada una de estas

Tabla 1. *Estaciones de trabajo y asignación de tarea*

Estación de trabajo	Tarea
Ensamble de chasis	A
Ensamble chasis-carrocería	B
Electro deposición	C
Sellado	D
Aplicación de capaz de pintura	E
Ensamble de sistema motriz y escape	F
Ensamble de suspensión	G
Ensamble de cableado y asientos	H
Tapicería	I
Ensamble de tablero y sistemas electrónicos	J
Ensamble de puertas y vidrios	K
Ensamble de llantas	L
Revisión de sistemas	M

Fuente: elaboración propia

En esta tabla se muestra las tareas en la línea de ensamble de forma secuencial, los tiempos de duración entre actividades y las tareas que preceden cada actividad.

Tabla 2. *Precedencias y tiempos de realización*

Tarea	Tiempo de realización (s)	Tareas precedentes
A	16	-
B	17	-
C	22	-
D	12	C
E	34	C
F	30	D
G	24	E
H	16	F
I	26	G
J	26	I
K	12	H
L	8	JK
M	10	L
Tiempo total: 253 segundos		

Fuente: elaboración propia

❖ Tiempo de ciclo

$C = \text{tiempo de producción diaria} / \text{producción diaria (unidades)}$

$12 * 60 * 60 / 170 = 254.117$ por lo cual el tiempo de ciclo está dentro de los parámetros de producción si se quiere producir 170 unidades diarias en jornadas de 12 horas.

3.5.1.1 Diagrama de precedencia. Este diagrama de precedencias indica la programación y forma secuencial de todas las actividades involucradas en la línea de ensamble, los tiempos de duración de cada actividad y la precedencia de la misma antes de ser ejecutada.

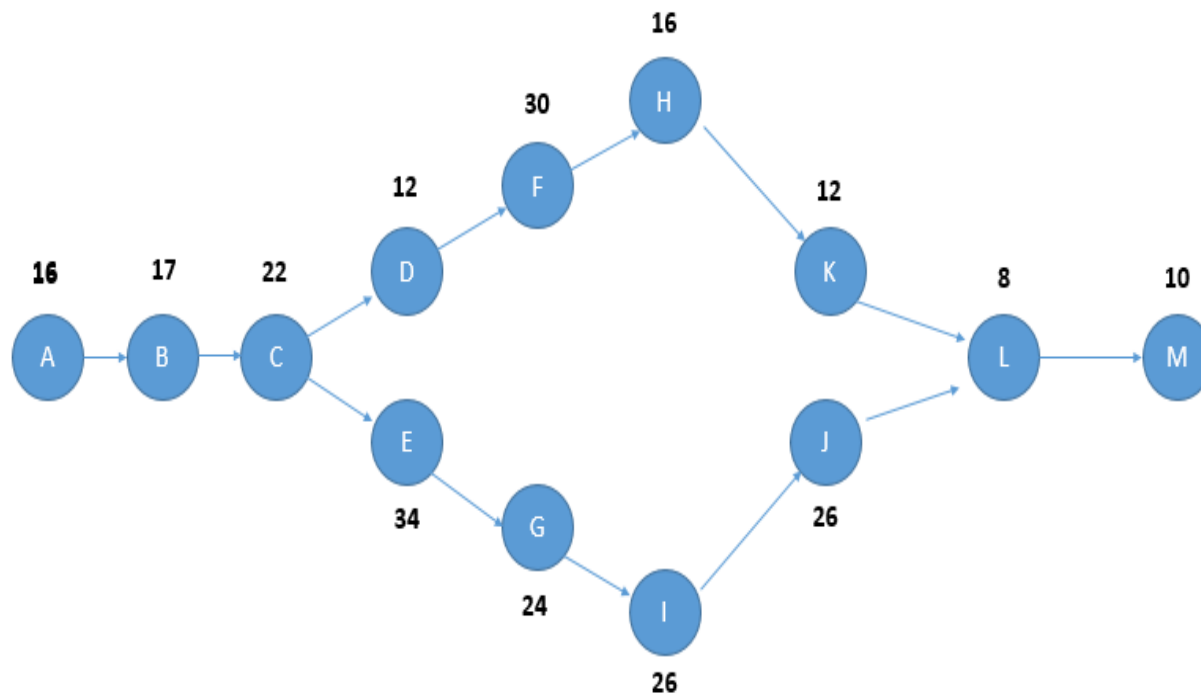


Figura 1. Diagrama de precedencias

Fuente: elaboración propia

3.5.2 Lean manufacturing. Según (Urrego, s.f.) General Motors Colmotores se encuentra realizando cambios e inicia la mejora de sus procesos financieros, en este caso hicieron intervención en tres procesos verificados, provisiones, cierre de cuentas por pagar y el cierre contable mensual, utilizando una de las herramientas especiales para este tipo de procesos “mejora continua o Kaizen”. La revisión de cada proceso supone largas jornadas en donde se analiza al detalle el estado actual, que movimientos y actividades se desarrollan y si son o no generadoras de valor, para ajustar inicialmente en el papel cada una de ellas y luego implementarlas en el trabajo del día a día. Luego de revisar los tres procesos mencionados, como ejemplos puntuales tenemos los siguientes:

En el caso del cierre de provisiones mensuales, cada área responsable enviaba toda la información previa al registro contable, actualizando las tasas de las diferentes monedas utilizadas. Este reporte era revisado en hojas electrónicas por GM Colmotores, dando su visto bueno para el registro contable. Luego se verificaba que los registros fueran iguales al archivo recibido de la India. Se optimiza entonces la labor, registrando inmediatamente y efectuando una sola revisión que implicó un ahorro de cerca de seis horas, pues ahora se desarrolla en 30 minutos. Se logra que el archivo parametrizado, se pueda cargar directamente en la contabilidad sin procesos de verificación previa, garantizando exactitud por la no manipulación de los registros y valores.

Otra de las mejoras que se pretende implementar para el proceso específico de cierre contable mensual es disminuir el tiempo de este proceso de 17 a 7 días calendario, mejora que requiere de la revisión e implementación de muchos cambios que involucran aspectos tecnológicos, de pensamiento (mente abierta), recursos humanos, tiempos y movimientos, cambios que en ocasiones no son tan fáciles de hacer y/o aceptar por los miembros de un equipo, ya que argumentan que los procesos siempre se han desarrollado de la misma manera, o que fueron entregados así por sus antecesores, o que las tareas del día a día los absorben y no les dan tiempo para revisar y mejorar sus procesos. (Urrego, s.f.)

3.5.3 Automatización. Según (García, 2012) los nuevos robots colombianos de GM COLMOTORES están conformados por brazos individuales con controles computarizados y actualmente se encarga del montaje del techo del automóvil, la parte principal del armado de la cabina, la cual denominan “el grueso del montaje”. El nuevo sistema computarizado que integra robots de GM Colmotores también ha significado grandes beneficios en la productividad, además del beneficio en producción, generando un impacto en la gestión del conocimiento. A su

vez busca motivar al equipo a través de la capacitación y el desarrollo, genera innovación y esto se traduce en ventajas competitivas para la empresa.

3.5.3.1 Descripción de maquinaria

Esta tabla muestra la maquinaria utilizada para la automatización del proceso en la línea de ensamble.

Tabla 3. *Maquinaria del proceso automatizado.*

Maquinaria	Descripción	Ilustración
Puntadores	Es un brazo robótico que se encarga de marcar y soldar los puntos de unión.	
Remachadores	Se usa para unir dos piezas de manera permanente y precisa	
Robots para pintura	Robot encargado de aplicar las capas de pintura y otros líquidos sobre la carrocería	
Sensor laser	Se utiliza para colocar piezas y partes con exactitud	
Brazos robóticos	Se usa para efectuar cualquier tipo de tareas, ya que es multifuncional	

Ensambladora

Este brazo robótico se utiliza para unir partes y pieza del vehículo semi-ensamblado



Fuente: elaboración propia

3.5 Recolección y análisis de datos

Para recolectar los datos dependen en una gran proporción en el tipo de investigación que se vaya a llevar a cabo, en el caso de las investigaciones cualitativa podrían usarse las observaciones y documentación que describa la característica del problema. En este caso mediante la recolección de datos cualitativos podrán determinar los errores implícitos en el proceso de manufactura de GM COLMOTORES, específicamente en la línea de ensamble. Es preciso mencionar que la técnica será el procedimiento básico que se aplica para obtener datos e información. Y a su vez, el instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato, que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información obtenida mediante la técnica implementada.

3.6 Flujo grama productivo

El siguiente flujo grama productivo describe las etapas de producción en línea de ensamble mediante el sistema CKD, el cual es un sistema logístico mediante el cual se consolidan en un almacén todas las piezas necesarias para armar un automóvil, y se envían según los programas de fabricación estandarizados para el ensamble del automotor

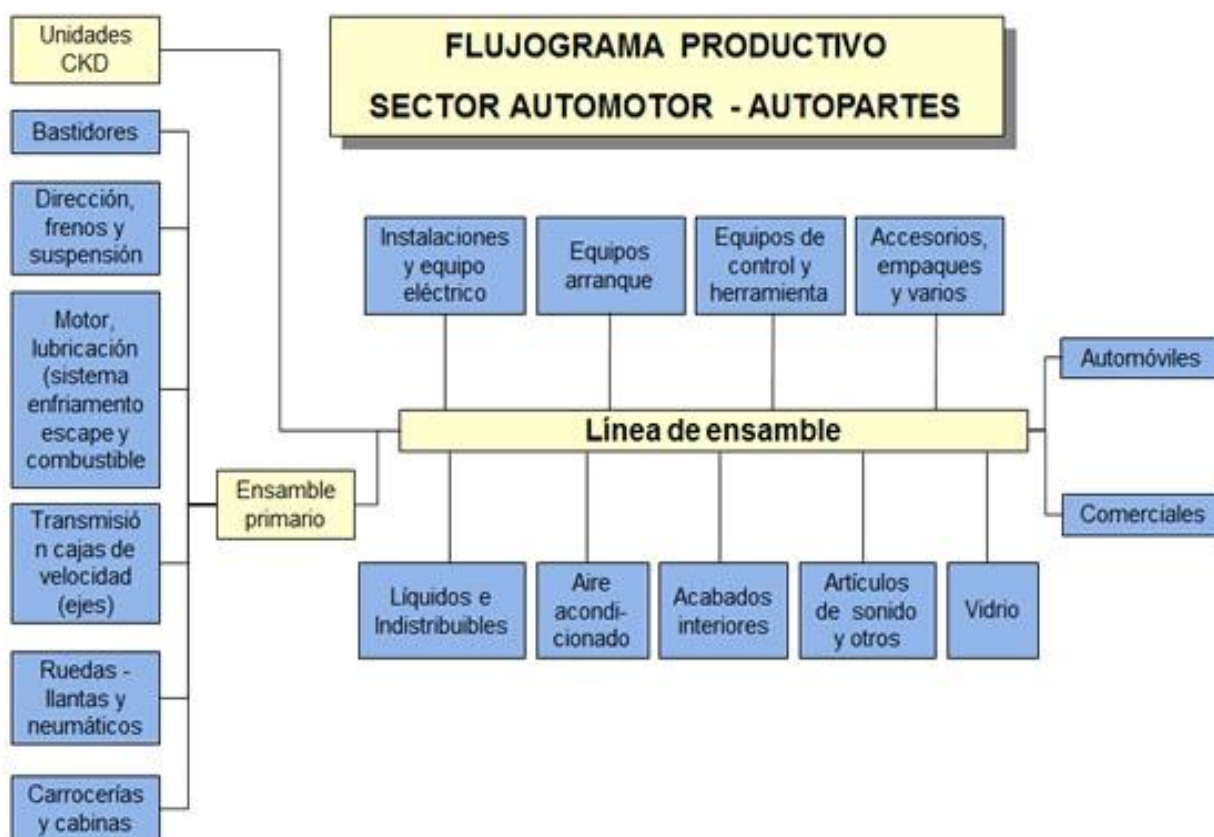


Figura 2. Flujo grama productivo

fuentes: Andi

3.7 Descripción del proceso productivo

Unidades ckd: es un sistema logístico mediante el cual se consolidan en un almacén todas las piezas necesarias para armar un automóvil, y se envían según los programas de fabricación, a fábricas en otros lugares del mundo donde se ensamblan en la cadena de montaje.

Bastidores: Un bastidor o cuadro, es una estructura compuesta por largueros (vigas longitudinales) y travesaños (vigas transversales) que de una forma u otra se deben fijar todos los elementos y grupos mecánicos que conforman un automóvil como lo podría ser el motor, grupos de transmisiones y ejes de carrocerías.



Figura 3. bastidores

(fcoches, s.f.)

Dirección, frenos y suspensión: El sistema de dirección es un conjunto de mecanismos cuya finalidad consiste en orientar las ruedas delanteras para que el conductor, sin esfuerzo, pueda guiar el vehículo.

el freno es un dispositivo utilizado para detener o disminuir la velocidad de algún vehículo, generalmente, un eje, Eje de transmisión o tambor. Los frenos son transformadores de energía, por lo cual pueden ser entendidos como una máquina

se conoce como suspensión automotriz, a las formas de utilizar las fuerzas mecánicas de torsión, con la pretensión, de amortiguar y suavizar el desplazamiento, de un vehículo, sobre irregularidades de la superficie de un terreno.

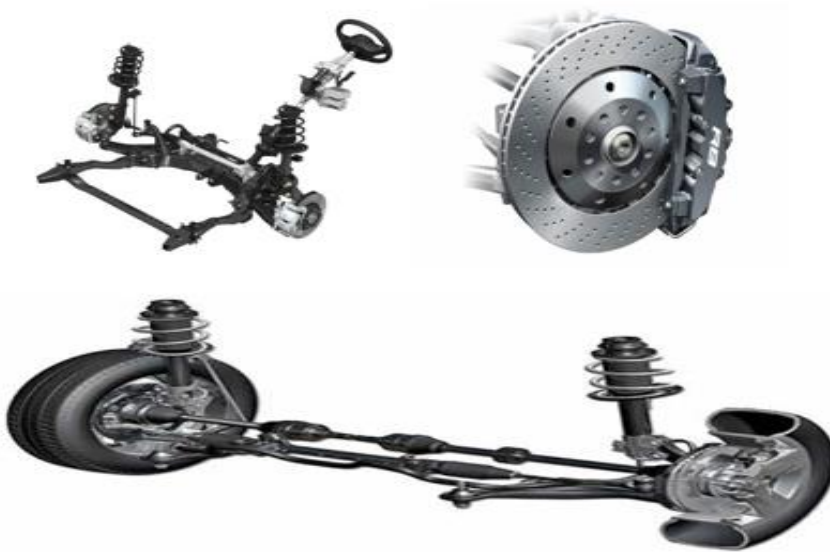


Figura 4. Dirección, frenos y suspensión
(indautomotriz, s.f.)

Motor: Un motor es la parte sistemática de una máquina capaz de hacer funcionar el sistema, transformando algún tipo de energía (eléctrica, de combustibles fósiles, etc.), en energía mecánica capaz de realizar un trabajo. En los automóviles este efecto es una fuerza que produce el movimiento.



Figura 5. Motor

(Qroda, s.f.)

Lubricación: Sistemas de lubricación. Son los distintos métodos de distribuir el aceite por las piezas del motor. Consiste en hacer llegar una película de aceite lubricante a cada una de las superficies de las piezas que están en movimiento entre sí, para evitar fundamentalmente desgaste excesivos y prematuros disminuyendo así la vida útil del motor de combustión interna.

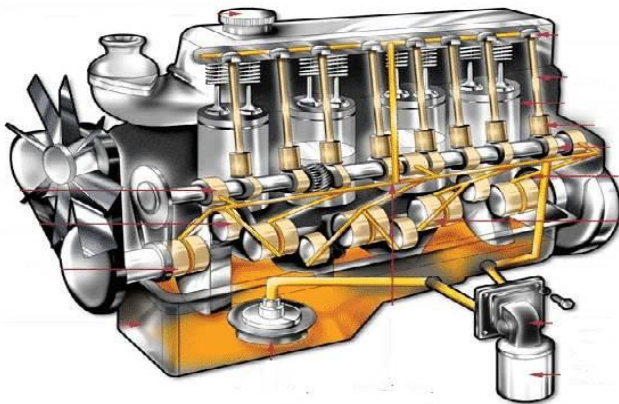


Figura 6. Lubricante

(portalAutomotriz, s.f.)

Trasmisión y caja de velocidades: un mecanismo encargado de transmitir potencia entre dos o más elementos dentro de una máquina. Son parte fundamental de los elementos u órganos de una máquina, muchas veces clasificado como uno de los dos subgrupos fundamentales de estos elementos de transmisión y elementos de sujeción.



Figura 7. Transmisión y caja de velocidades

(Qroda, s.f.)

Carrocerías y cabinas: La carrocería, latonería, o chapería, de un automóvil es aquella parte del vehículo en la que reposan los pasajeros o la carga. En los vehículos auto portantes, la carrocería sujeta además los elementos mecánicos del vehículo.

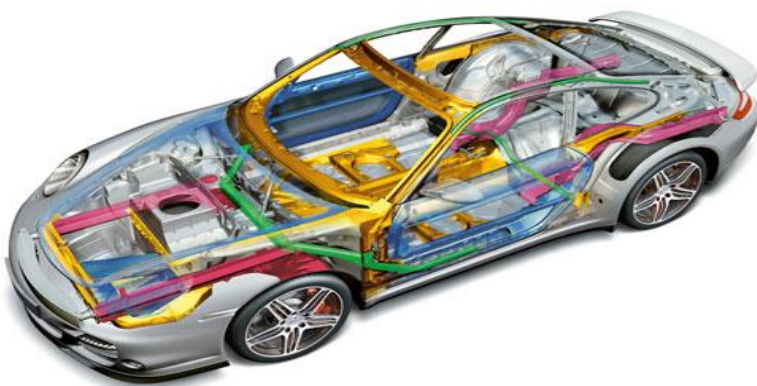


Figura 8. Carrocería y cabinas.

(Qroda, s.f.)

3.8 Proceso

3.8.1 Diagrama de flujo. Este diagrama de flujo muestra el proceso completo en el sector automotriz, en el cual se identifican los procesos fundamentales de línea de ensamble, las revisiones y variables que permiten que el proceso sea optimizo y cumpla con los parámetros de calidad

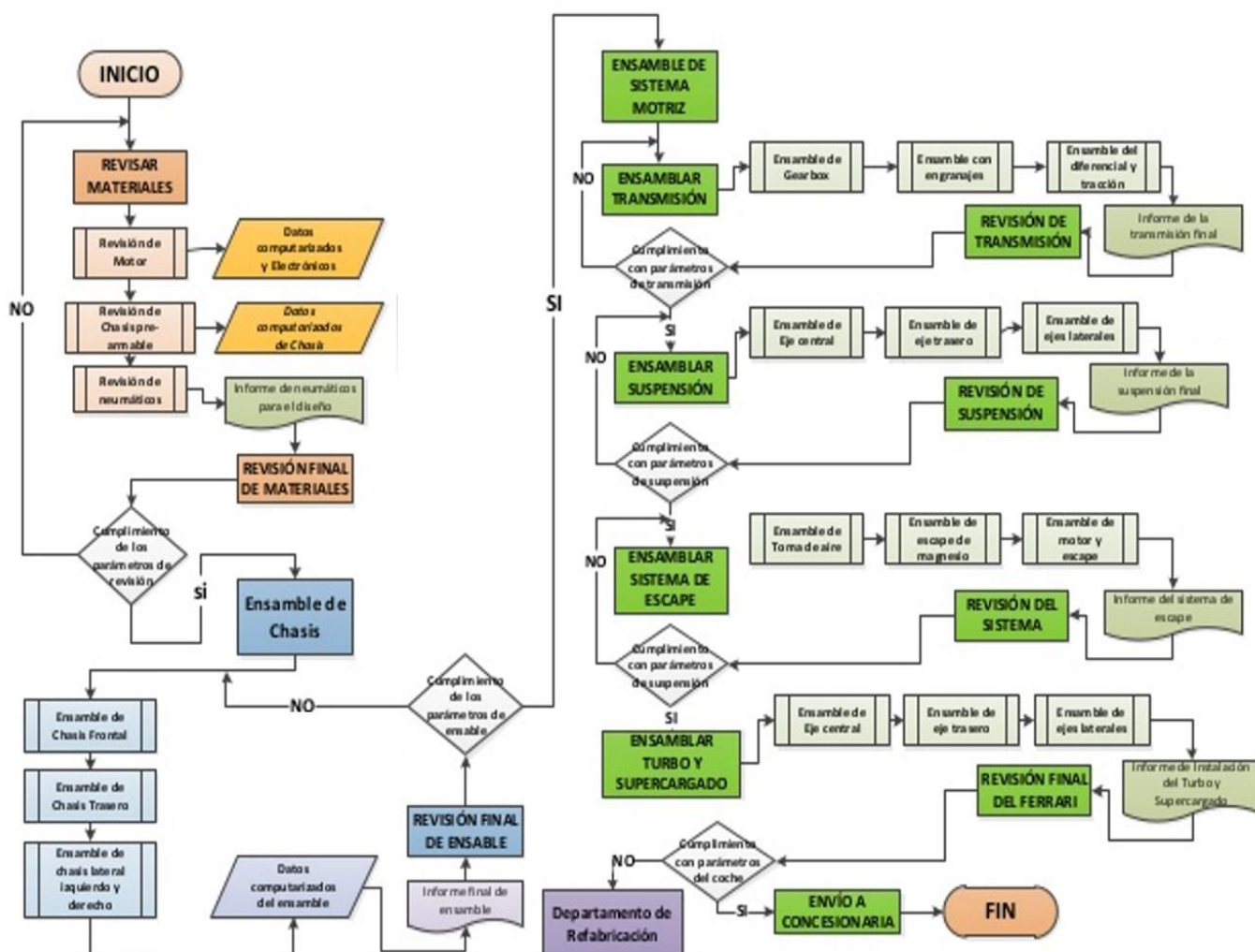


Figura 8. Flujograma de ensamble

Fuente: elaboración propia

3.8.2 Diagrama de proceso. Es este diagrama de procesos se muestra la secuencia lógica mediante la cual se fabrica un vehículo en una línea de ensamble mixta, mostrando la descripción grafica de cada etapa

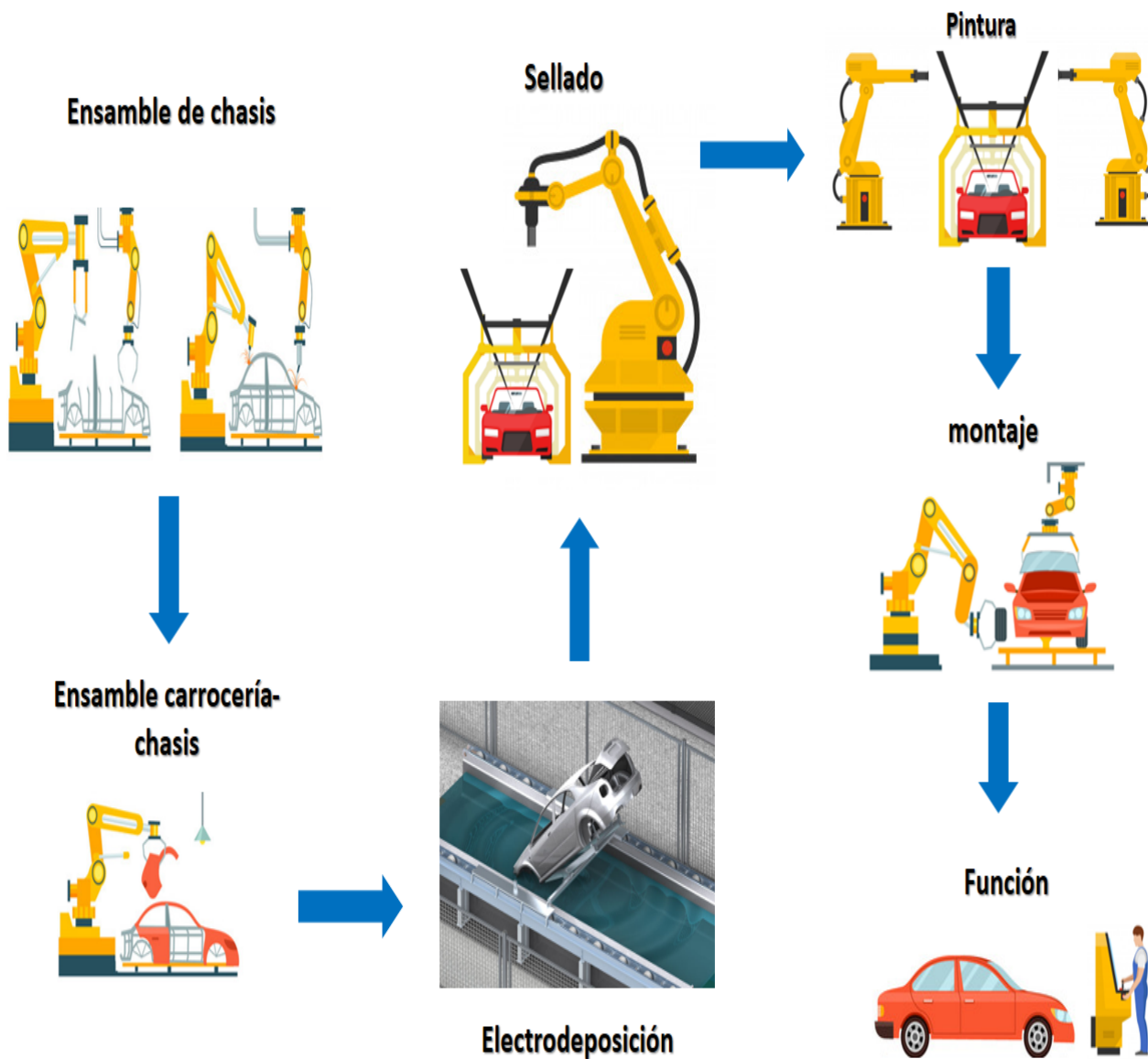


Figura 9. Flujograma de proceso

Fuente: elaboración propia

3.8.3 Diagrama de recorrido. En este diagrama o modelo se muestran las actividades determinadas que se realizan en el proceso de ensamble, iniciando por el almacenamiento de la materia prima como bastidores para su posterior ensamble y finalizando con almacenamiento del producto terminado, es decir, un automóvil completamente ensamblado y funcional

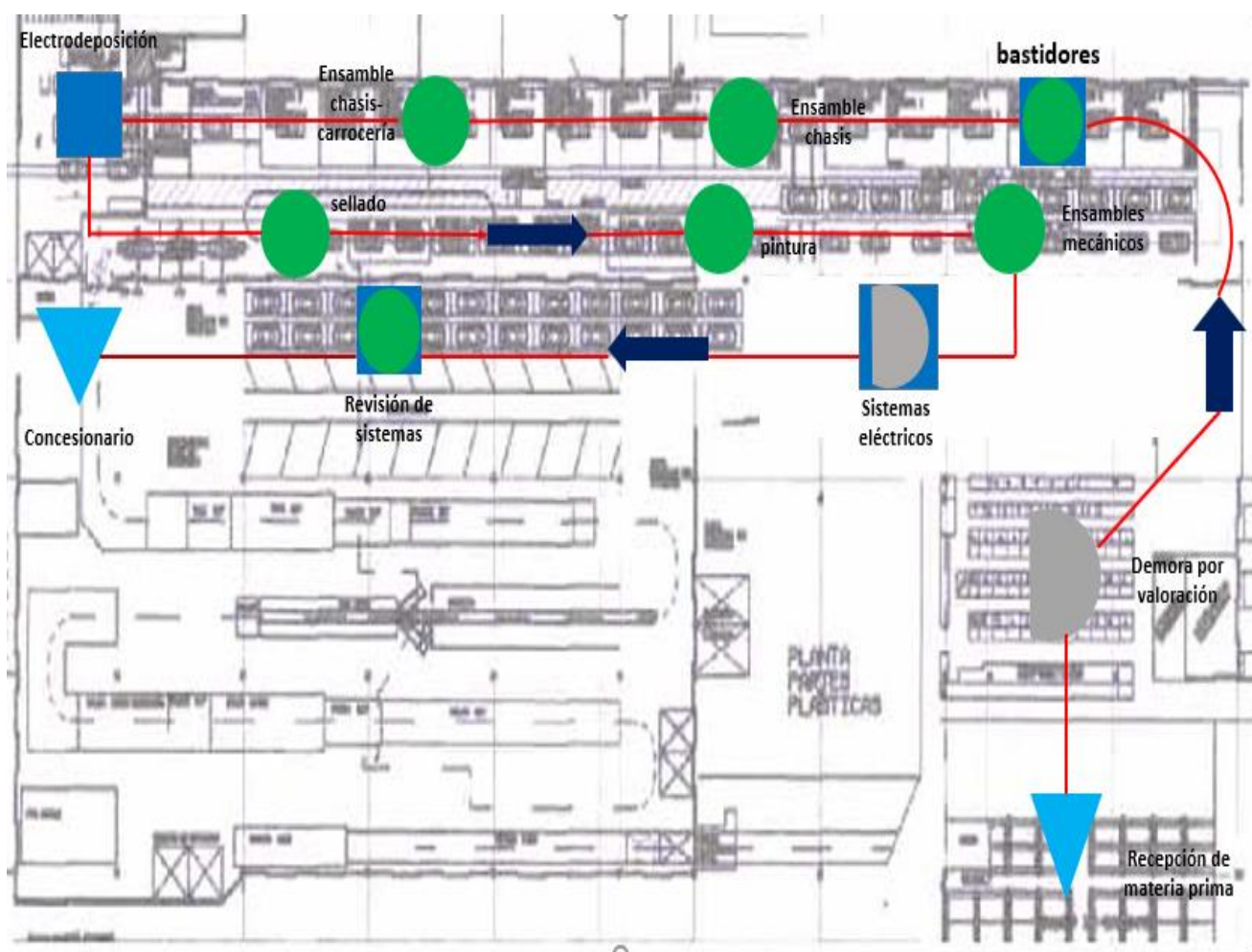


Figura 10. Diagrama de recorrido

Fuente: elaboración propia

3.9 Contextualización de resultados

3.9.1 Antes de aplicación de metodología. Según (portafolioGM, 2008) el bajón de las ventas, tanto al mercado doméstico como al internacional, y el crecimiento del inventario llevaron a la ensambladora GM COLMOTORES a detener su producción en el año 2008 debido a que la capacidad de la ensambladora no fue suficiente para cubrir la demanda de dicho periodo, esto conllevó a la reducción en ventas del 32% en ese año y al despido de 1352 personas en diferentes sectores de la compañía. Las causas principales de dicha problemática se basaron en los cambios de herramientas y maquinaria que eran utilizados al momento de ensamblar distintos modelos de vehículos, ya que cada uno de estos tenían especificaciones distintas y requerían un tipo de proceso diferente dentro de la línea de ensamble y montaje. Por otra parte, las dificultades que enfrenta la Industria, se identifican las necesidades de adecuar la política automotriz a la nueva realidad nacional, regional y mundial del mercado, complementando que deben fortalecerse la calidad de la materia prima local para el desarrollo de componentes, esta política es fundamental para dar cumplimiento a los estándares de calidad y así poner en circulación los vehículos. GM COLMOTORES tenía capacidad de producción y ensamble para cerca de 98 vehículos diarios, lo que equivale a 34.000 vehículos aproximadamente ensamblados anualmente, generando ingresos por alrededor \$148.774 millones en 2010 por concepto de exportaciones.

3.9.2 Después de aplicada la metodología. GM Colmotores ha realizado una significativa inversión en los procesos de ensamble de vehículos en el país, la industria nacional se fortalece para mejorar su competencia en el sector. La ensambladora de vehículos y fabricante GM

Colmotores realizó significativas inversiones en automatización e innovación para los procesos de ensamble que tienen estos medios de transporte. El nuevo proyecto ha permitido fortalecer la capacidad industrial de GM Colmotores, obtener mayor eficiencia y ofrecer productos altamente competitivos para ser un referente en el mercado de ensamble automotriz. La línea de ensamble se ha capacitado con un nuevo robot lo cual ha significado grandes beneficios en la productividad, además del beneficio en aumento de la capacidad de producción de la planta.

La automatización de la línea y uso de sistemas computarizados integrados ha logrado que se pase de una línea de ensamble estandarizada a una línea de ensamble mixta, permitiendo que los procesos en montaje sean homogéneos y flexibles, a su vez reducen los tiempos entre estaciones de trabajo ya que el sistema identifica y elimina posibles fallas en los procesos para no generar retrasos o pérdidas en la fabricación de los semi-ensamblados. Mediante el manejo de inventario GM Colmotores logró determinar con precisión la materia prima que requieren sus procesos de ensamble, así como la cantidad de autopartes que a ensamblar en cada estación de trabajo.

(Automatización De procesos GM Colmotores, 2016)

Según (Medios, 2014) la automatización en la línea de ensamble y montaje de GM Colmotores trajo grandes beneficios para la empresa y aumento significativamente la competitividad de la misma en el mercado, logrando destacar la compañía como la empresa ensambladora más importante del país. Mediante la optimización de procesos GM Colmotores logró ampliar su capacidad de producción en un 300% llegando a ensamblar 170 unidades diarias de diferentes tipos de automóviles, lo que significó para GM Colmotores ingresos de \$400.000 millones en concepto de exportaciones y más de \$1.3 billones en el mercado local.

4. Conclusión

Adoptando la filosofía y sistema lean manufacturing para el control de inventario, reducción de tiempos, flexibilidad en procesos y mejora continua, GM Colmotores logró solucionar la problemática de cantidad de unidades a producir según la demanda del mercado en el cual compete, ya que su producción era constante y desmedida, generándole pérdidas en cuanto a materia prima, costos de producción y tiempos de fabricación, entre otros. El Sistema Lean manufacturing permitió administrar de manera óptima cada etapa del proceso, logrando una interacción entre las etapas de ensamble haciéndolas eficientes y productivas para el proceso de manufactura automotriz.

Mediante la automatización y balanceo en la línea de ensamble automotriz, GM Colmotores logró ampliar su capacidad de producción, lo cual aumentó la competitividad de la empresa en el mercado local e internacional, a su vez lograron establecer ciclos de producción continuas o que permite producir de forma ininterrumpida con una disponibilidad 24 horas. La automatización permitió ejecutar los procesos con un nivel de precisión mucho más elevado que en un proceso manual, lo cual aumento el nivel de calidad óptima en el proceso de ensamble, dada la eficiencia y precisión del proceso automatizado se redujeron significativamente los tiempos de producción.

Se logró implementar una línea de ensamble mixta permitiendo adaptar el proceso a las características y requerimientos específicos de cada vehículo, como también la manipulación y control de cada autoparte como parte integral del proceso.

Bibliografía

Alvarán, E. (2012). Obtenido de

<http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/6677>

audionline. (s.f.). Obtenido de <https://www.audioonline.com.mx/>

autobox. (s.f.). Obtenido de <http://blog.autointhebox.com/what-you-dont-know-about-your-automotive-air-conditioning-system.html>

Automatizacion De procesos GM Colmotores. (13 de abril de 2016). Obtenido de

<http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ingeniomagno/article/view/1163/1127>

Autosprimera. (julio de 2013). Obtenido de [https://autosdeprimera.com/Noticias-](https://autosdeprimera.com/Noticias-Nacionales/zoficol-nueva-planta-estampado-chevrolet-colombia)

[Nacionales/zoficol-nueva-planta-estampado-chevrolet-colombia](https://autosdeprimera.com/Noticias-Nacionales/zoficol-nueva-planta-estampado-chevrolet-colombia)

claxaccesorios. (s.f.). Obtenido de <https://claxon.org/accesorios-automovil>

Córdoba, E. (2006). *Manufactura y automatización*. Obtenido de

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092006000300014

CRIA. (s.f.). Obtenido de <https://repository.urosario.edu.co/handle/10336/10288>

eumed. (s.f.). Obtenido de <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/06/ensamble-balanceo-productividad.html>

fcoches. (s.f.). Obtenido de <https://m.forocoches.com/foro/showthread.php?t=6405203>

García, D. M. (2012). Obtenido de <https://media.gm.com/media/co/es/chevrolet/home>

Gonzales, F. (2012). *IMPLEMENTACION Y AUTOMATIZACION DEL SISTEMA EN*

RENAULT SOFASA. Obtenido de

[.eafit.edu.co/xmlui/bitstream/handle/10784/4299/Felipe_VelezGonzalez_2012](http://eafit.edu.co/xmlui/bitstream/handle/10784/4299/Felipe_VelezGonzalez_2012).

Hernandez, J. (noviembre de 2016). *Automatizacion4.0*. Obtenido de [economia-](http://economia-digital/companias/2016/11/08/5811ddd3468aeb8c328b45d2.html)

[digital/companias/2016/11/08/5811ddd3468aeb8c328b45d2.html](http://economia-digital/companias/2016/11/08/5811ddd3468aeb8c328b45d2.html)

ibm. (s.f.). Obtenido de

https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/ssw_aix_72/osmanagement/bootproc.html

indautomotriz. (s.f.). Obtenido de [https://sites.google.com/site/ielimcortezjesusantonio/4-](https://sites.google.com/site/ielimcortezjesusantonio/4-aplicaciones-de-microcontroladores/4-2-segunda-aplicacion)

[aplicaciones-de-microcontroladores/4-2-segunda-aplicacion](https://sites.google.com/site/ielimcortezjesusantonio/4-aplicaciones-de-microcontroladores/4-2-segunda-aplicacion)

interempresa. (06 de septiembre de 2013). *InterAutomatizacion.* Obtenido de

terempresas.net/Robotica/Articulos/112930-Volkswagen-apuesta-robots-Universal-Robots-contribuir-procesos-trabajo-ergonomicos.html

Kalpakjian, S. y Schmid, S. R. . (2002). Obtenido de

<http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ingeniomagno>

medios, G. C. (4 de septiembre de 2014). *GMcolmotoresmedios.* Obtenido de

<http://media.gm.com/media/co/es/chevrolet/home.detail.html/content/Pages/news/co/es/2014/sept/0904-equipo.html>

Montiel, Y. (2016). *PROCESO DE TRABAJO Y NUEVAS TECNOLOGIAS EN VOLKSWAGEN*

DE MEXICO. coleccion miguel othòn.

Napa. (s.f.). Obtenido de <http://normasapa.net/marco-metodologico-tesis/>

nitro. (s.f.). Obtenido de <https://www.nitro.pe/mecanico-nitro/que-es-el-motor-de-arranque.html>

portafolioGM. (4 de julio de 2008). Obtenido de

<https://www.portafolio.co/economia/finanzas/colmotores-freno-produccion-carros-365260>

portalAutomotriz. (s.f.). Obtenido de

<https://www.portalautomotriz.com/noticias/proveedores/los-5-liquidos-imprescindibles-que-debes-revisar-en-tu-auto-antes-de-salir-a>

Qroda. (s.f.). Obtenido de <https://quattrorodas.abril.com.br/noticias/o-incrivel-motor-aspirado-da-mazda-mais-eficiente-que-um-hibrido/>

RedMas. (agosto de 2016). Obtenido de <http://www.redmas.com.co/economia/presidente-gmotors-consejo-311985/>

Renault Automatizacion . (28 de marzo de 2014). Obtenido de reanual.es/articulos-de-logistica/renault-palencia-abastecimiento-automatico

RevisaTurbo. (2015). Obtenido de <http://www.revistaturbo.com/noticias/colmotores-recibe-una-inversion-de-22000-millones-por-general-motors-356>

RevistaUdistrital. (s.f.). Obtenido de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tekhne/article/view/8866>

Rivera. (2011). Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/307509541_Automatizacion_de_los_procesos_en_GM_Colmotores

RMotor. (noviembre de 2018). Obtenido de <https://www.motor.com.co/actualidad/industria/gm-colmotores-inauguro-primera-planta-fabricacion-estampado-vehiculos/14965>

RPM. (2015). Obtenido de <http://rpmrevista.com/portal/2015/09/10/gm-colmotores-y-el-sena-consolidan-el-programa-semilleros-de-aprendizaje-con-66-nuevos-estudiantes/>

S, R. (2011). Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/307509541_Automatizacion_de_los_procesos_de_soldadura_final_para_vehiculos_de_pasajeros_en_GM_Colmotores

S, R. (2011). Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/307509541_Automatizacion_de_los_procesos_de_soldadura_final_para_vehiculos_de_pasajeros_en_GM_Colmotores

S, R. (2011). *Gmotorsreseat*. Obtenido de

https://www.researchgate.net/publication/307509541_Automatizacion_de_los_procesos_de_soldadura_final_para_vehiculos_de_pasajeros_en_GM_Colmotores

universal. (2013). Obtenido de <https://www.eluniversal.com.co/suplementos/turbo/colmotores-un-paso-la-fabricacion-138664-AQEU227755>

Urrego, G. (s.f.). Obtenido de

http://www.comunidadcontable.com/BancoConocimiento/C/contrapartida_896/contrapartida_896.asp?print=1

Uversia. (s.f.). Obtenido de

<https://noticias.universia.cr/educacion/noticia/2017/09/04/1155475/tipos-investigacion-descriptiva-exploratoria-explicativa.html>

5. Anexos

Anexo A. Proceso de ensamble y revisión del motor

En este proceso se realiza la inspección del motor y sus componentes, así como el sistema de manejo y cambios.



(RedMas, 2016)

Anexo B. Proceso de pintura

Este proceso es realizado por brazos robóticos los cuales se encargan de aplicar las distintas capas de pinturas a la carrocería del vehículo



(RPM, 2015)

Anexo C. Ensamble de partes mecánicas.

En esta estación de trabajo se realiza el montaje de las distintas piezas mecánicas que son fundamentales para el funcionamiento del vehículo.



(nitro, s.f.)

Anexo D. Planta principal GM Colmotores en la ciudad de Bogotá D.C.

Planta principal de montaje y ensamble, después de ser automatizada y computarizada



(RMotor, 2018)

Anexo E. Proceso de ensamble.

Mediante brazos robóticos puntadores y de soldadura, se realiza el ensamble de piezas y carrocería del vehículo en la línea de montaje.



(Qroda, s.f.)

Anexo F. Planta GM Colmotores ubicada en Bogotá D.C.

Vista aérea de planta automatizada en línea de montaje y ensamble automatiz de GM Colmotores



(RevisaTurbo, 2015)

Anexo G. Proceso de cataforesis

Proceso en el cual se sumerge la carrocería y cabina del automotor para aplicarle cargas eléctricas por medio de cátodos, evitando corrosión y fracturas de sus partes.



(Autosprimera, 2013)

Anexo H. Proceso de pintura.

Estación de pintura manual, en la cual los operarios aplican capas de pintura en sectores donde los brazos robóticos no pudieron llegar.



(universal, 2013)