



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PRÁCTICA PROFESIONAL

LEAR CORPORATION – GREEN VALLEY

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

PRESENTADO POR:

21641194 LUIS DIEGO FLORES TROCHEZ

21241154 JOSÉ DAVID PERDOMO MARADIAGA

ASESOR: ING. ALBERTO MAX CARRASCO BARDALES

CAMPUS: SAN PEDRO SULA;

OCTUBRE, 2020

RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento tiene como objetivo la presentación de todas las actividades realizadas durante Práctica Profesional para la obtención del título de Ingeniería en Mecatrónica en UNITEC SPS. Para dicha práctica, se realizó la labor de un Ingeniero de Producto en Lear Corporation: Planta Green Valley.

La práctica consto de una modalidad cronológica, por lo que en su desarrollo se llevó un registro de actividades de 10 semanas, en las cuales se desarrollaron las competencias profesionales necesarias para la producción de arneses eléctricos con altos estándares de calidad.

Las primeras tareas realizadas consistieron en la interpretación de planos de construcción y habilidades de dibujo técnico, la realización de reportes de desmontaje y repartición de diseños de arneses eléctricos a cada practicante. Posteriormente, se estudiaron los mayores contribuyentes de errores para analizar las posibles soluciones y acercamientos a tomar para esta problemática. Se logró realizar una hoja de corte con éxito, pudiendo cortar circuitos con hojas de corte realizadas por los practicantes. De igual forma, fue posible validar los arneses terminados para garantizar una fabricación con altos niveles de calidad. Durante este periodo, los practicantes pudieron experimentar el cambio de fase de los programas, en donde los arneses cambian a un estado de "producción normal" o un estado preliminar más avanzado.

Palabras Clave: Arnés Eléctrico, Producción, Calidad, Manufactura, Ingeniero de producto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Resumen Ejecutivo.....	5
Índice de Contenido	6
índice de Ilustraciones.....	8
Lista de Siglas y Glosario	8
I. Introducción	10
II. Generalidades de la Empresa.....	11
1.1 Descripción de la Empresa	11
1.2 Descripción del Departamento o Unidad	12
1.3 Objetivo del Puesto.....	12
1.3.1 Objetivo General	12
1.3.2 Objetivos Específicos.....	12
III. Marco Teórico.....	13
3.1 Antecedentes del transporte	13
3.1.1 La revolución del transporte.....	15
3.2 Dibujo Técnico.....	18
3.2.1 Partes de un Dibujo Técnico.	19
3.2.2 Vistas y Proyecciones	20
3.3.3 Cortes y Secciones.....	21
3.3 Eléctrica y Electrónica	22
3.4.1 Electrónica automotriz.....	26
3.4.1.1 Arnés Eléctrico.....	26
3.5 Manufactura	29
3.5.1 Líneas de Producción	31
3.5.2 Manufactura de arneses	33
3.5.2.2 WLL, HC y BOM.	34
3.5.2.3 Corte de circuitos y prensado de terminales	34
3.5.2.4 Procesos especiales	35
3.5.2.5 Ensamble.....	36
3.5.2.6 Encintado	36
3.5.3 innovación en la manufactura vehicular.....	36
3.6 Calidad.....	37
3.6.1 Calidad en Ingeniería y Producto	39

3.6.2 Mejora Continua	40
3.6.3 Las 5s.....	40
3.6.3 Tolerancias	42
IV. Desarrollo.....	43
4.1 Semana 1: Inducción a Lear Green Valley.....	43
4.2 Semana 2: Introducción a Ingeniería de Producto	44
4.3 Semana 3: Teardowns y Asignaciones	46
4.4 Semana 4: Mayores Contribuyentes.....	47
4.5 Semana 5: Hojas de Corte	49
4.6 Semana 6: Validaciones de Arnese.....	51
4.7 Semana 7: Cambios de Fase.....	53
4.8 Semana 8: Labour Report y BOM.....	55
4.9 Semana 9: Implementación inmediata / alertas.....	57
4.10 AML, PPAP y cambios programados	59
4.11 Cronograma de Actividades	61
V. Conclusiones.....	62
VI. Recomendaciones	64
VII. Bibliografía	65

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Logo Lear Corporation	11
Ilustración 2. Pintura egipcia de un carruaje de la época	13
Ilustración 3. Modelo a escala del tractor a vapor de Joseph Cugnot.	14
Ilustración 4. Línea de ensamble en movimiento de Ford	16
Ilustración 5: Dibujo Técnico realizado a través de software CAD	19
Ilustración 6: Tipos de Proyecciones	20
Ilustración 7: Tipos de Proyecciones axonométricas	21
Ilustración 8: Corte en Dibujo Técnico	22
Ilustración 9: Eniac, una de las primeras computadoras	24
Ilustración 10. Regulador de velocidad mecánico-centrifugo.	25
Ilustración 11. Diagrama de interacciones en Capital Harness de un arnés.	27
Ilustración 12: Síntesis del Proceso de Completo de Manufactura	31
Ilustración 13: Configuración General de una Línea de Producción	32
Ilustración 14. Proceso para un arnés terminado	33
Ilustración 15. Comparación de un proceso manual y semiautomático.	37
Ilustración 16: Logo de ISO	38
Ilustración 17: Las 5 S	41
Ilustración 18: Tablero de Construcción	43
Ilustración 19: Plano de Construcción de Arnés Eléctrico	45
Ilustración 20: Teardown de Arnés	47
Ilustración 21: Reporte de Líneas Contribuyentes en Defectos	48
Ilustración 22: Portada de Hoja de Corte	50
Ilustración 23: Dimensionado de un Arnés para Validación	51
Ilustración 24: Reporte de Validaciones.	52
Ilustración 25: Validación de arnés	53
Ilustración 26: Análisis de DCR	54
Ilustración 27: Presentación de Cambios	55
Ilustración 28: Formato de Modificación de BOM	56
Ilustración 29: Formato Labour Report	57
Ilustración 30. Alerta recibida por parte del cliente	58
Ilustración 31. Entrenamiento de cambio por alerta a personal de manufactura	59
Ilustración 32. Formato de AML	60
Ilustración 33: Cronograma de Actividades Semana 1-5	61
Ilustración 34: Cronograma de Actividades Semana 6-10	62

LISTA DE SIGLAS Y GLOSARIO

DCN: Notificación de Cambio de Diseño

DCR: Solicitud de Cambio de Diseño

BOM: Listado de Materiales

BCN: Notificación de Cambio de Listado de Materiales

GPN: Numero de Parte Global

Labour Report: Reporte de Tiempo de Mano de Obra

WLL: Carta de Longitud de Cableado

TLL: Carta de Longitud de Tubería

AML: Reporte avanzado de materiales

HC: Hoja de Corte

CPN: Numero de parte del cliente

SEM: Administrador inteligente de ejecución.

PPAP: Proceso de aprobación de numero de parte

PPQR: Solicitud de cantidad de numero de parte

I. INTRODUCCIÓN

La reputación de una empresa o industria puede verse reflejada en muchos de los aspectos de ésta. Una empresa puede tener buena imagen a través de su atención al cliente, por su proyección social, entre otros factores. Sin embargo, ninguno de los factores mencionados anteriormente podrá proporcionar la reputación que un producto de alta calidad puede brindar a una empresa. Una industria puede entregar su producto en corto tiempo, o en grandes cantidades, pero en el mundo de la industria automovilística, donde la seguridad de los conductores está en juego, la calidad es primero.

Un buen producto debe ser aquel que pueda pasar rigurosos filtros de calidad y obtener un estándar alto en todos sus aspectos. En la actualidad, muchas empresas aplican diferentes técnicas para que sus líneas de producción puedan mantener un alto estándar de calidad. Sin embargo, para poder brindar un producto de calidad, se debe iniciar con el pie derecho todo el proceso de producción.

En la práctica profesional realizada en Lear Corporation, Planta Green Valley, durante el periodo entre el doce de octubre y el dieciocho de diciembre del año 2020, se realizarán todas las actividades que desempeña un ingeniero de producto. La empresa Lear Green Valley se enfoca en la producción de arneses eléctricos para automóviles, siendo Ford su principal cliente en la actualidad. Las actividades realizadas por un ingeniero de producto en esta empresa se enfocan en la interpretación adecuada de planos de ensamblaje de arneses, así como mantener una relación estrecha con el cliente para manejar toda la información relevante de cada minúsculo detalle de los arneses y líneas de producción asignados.

En el presente informe se presentarán las generalidades de la empresa y se describirá con detalle los objetivos del puesto. Seguidamente se expondrá un marco teórico que sentarán las bases para del conocimiento técnico necesario para comprender el documento, y se desglosarán las actividades realizadas durante todo el periodo de práctica profesional. Finalmente, se realizarán conclusiones, recomendaciones y se enlistarán todas las fuentes utilizadas para la elaboración de este documento.

II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

En este capítulo se mencionará información general de la empresa en la que se realizará la Práctica Profesional para la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica. La empresa en la que los presentes ingenieros in fieri estarán aplicando sus conocimientos de ingeniería es Lear Corporation, en el área de Ingeniería de Producto.

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA



Ilustración 1: Logo Lear Corporation

Fuente: (Lear Corporation | Automotive Seating & E-Systems, s/f)

Lear Corporation es una empresa transnacional enfocada en la manufactura de diversos componentes para ensamble de un automóvil. En la planta Lear Green Valley, ubicada en el municipio de Naco, Santa Barbara, se fabrican arneses eléctricos para marcas de vehículos reconocidas a nivel mundial, como Ford y General Motors.

Lear Corporation fue fundada en Estados Unidos a principios del siglo XX, bajo el nombre American Metal Products, en Detroit, Michigan. American Metal Products se dedicó a la manufactura de componentes soldados y/o estampados para la industria aeronáutica y automotriz. Lear Corporation obtiene su nombre del famoso inventor autodidacta William Lear, quien nació en Quincy, Illinois.

Actualmente, Lear Corporation se encuentra en 39 países alrededor del mundo y cuenta con más de 160 mil empleados; es la compañía líder en la manufactura de tecnología E-System y Asientos de automóviles.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO O UNIDAD

El departamento de ingeniería, específicamente Ingeniería de Producto, de Lear Green Valley vela por la correcta interpretación, adaptación y validación de planos de ensamblaje de arneses electrónicos para los clientes de la empresa. Al igual que todos los departamentos de Lear Corporation, el equipo de Ingeniería de Producto maneja altos estándares de calidad y conocimientos de mejora continua para el cumplimiento de sus labores.

1.3 OBJETIVO DEL PUESTO

El Ingeniero de Producto en Lear Green Valley es el primer filtro entre las especificaciones del diseño del cliente y la producción real de arneses eléctricos para automóviles. Un ingeniero de producto tiene la responsabilidad de realizar la inspección completa de todos los planos de ensamble que se utilizan para la manufactura de arneses en Lear Corporation.

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar y validar todos los planos de ensamblaje de circuitos y procesos especiales de subensambles para la manufactura completa de arneses eléctricos de automóviles.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Interpretar correctamente todos los planos de construcción de arneses eléctricos, comprendiendo su estructura, componentes y otros factores mostrando atención a detalles.
- Evaluar DCR proporcionados por los clientes para la actualización de planos de ensamblaje para presentar análisis de componentes y ensambles presentes en un arnés, en todos sus niveles y en cada actualización, a los demás equipos de la planta de producción, como Ingeniería de Métodos, Calidad y Manufactura.
- Realizar hojas de corte y ayudas visuales de procesos especiales de manufactura para diversas áreas de las líneas de producción.
- Realizar reportes de validación y Teardowns para garantizar el cumplimiento de procesos de calidad en los productos finales.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 ANTECEDENTES DEL TRANSPORTE

Desde la época prehistórica, el humano ha tenido que adaptarse al entorno para poder vencer todos los desafíos que amenazaban su supervivencia. Desde la construcción de herramientas, hasta el manejo de la agricultura, ha tenido que poner a su disposición un amplio espectro de posibilidades para lograr conquistar el entorno y sobreponerse al resto de las especies. El transporte de materiales era necesario para dominar el entorno, y primitivamente esto se hacía jalando con la fuerza humana objetos colocados sobre ramas. Este proceso sería simplificado posteriormente mediante la invención de la rueda. La rueda reducía la fuerza requerida para mover un objeto y en combinación con utilización de la fuerza y velocidad de caballos simplificaba en gran manera el transporte de materiales y personas. Los primeros prototipos de carruajes pueden ser trazados hasta el siglo IV a.C mediante pinturas encontradas vasijas egipcias (Derry & Williams, 1977).



Ilustración 2. Pintura egipcia de un carruaje de la época.

Fuente: (Derry & Williams, 1977).

De la mano de los avances tecnológicos, el esfuerzo humano era simplificado cada vez más a través de la creación de herramientas de trabajo. El ser humano siempre ha tenido la necesidad de producir herramientas y materiales en masa, es decir siempre ha existido la necesidad de la manufactura. En un principio la manufactura era un proceso difícil y repetitivo, que se hacía con la destreza humana. La manufactura tuvo un significativo avance en 1699, cuando el inventor Thomas Savery publicó por primera vez su prototipo de un motor a vapor. Este motor estaba orientado a facilitar el trabajo de la minería, actividad en auge durante esta época. Dicho artefacto estaba destinado a extraer el agua de las minas, aunque el mismo tenía un riesgo bastante alto

de explosión. Si bien este motor no era destinado específicamente a un proceso de manufactura, sería el primer registro y el punto de partida para motores a vapor más eficientes. (Savery, 1827).

La necesidad de métodos de movilización más rápidos y con menos esfuerzo era cada vez mayor, y con las bases de un motor a vapor propuesto por Savery, la modificación de este para transporte era inminente. En el año 1769, el inventor francés Nicolas-Joseph Cugnot diseñó un tractor gigante potenciado por un motor a vapor. Este prototipo primitivo de automóvil seguía el mismo principio del motor a vapor de Savery, utilizaba el vapor producido de agua hirviendo mediante la quema de carbón. Este diseño probó ser poco efectivo ya que desperdiciaba mucho calor y se requerían cantidades enormes de carbón para lograr recorrer inclusive distancias cortas y a una velocidad excesivamente baja (Colt, 2008). Este tractor potenciado con un motor a vapor no fue considerado un éxito a pesar de ser el primer registro de un vehículo a vapor, pero anunciaba una nueva época para el transporte terrestre.

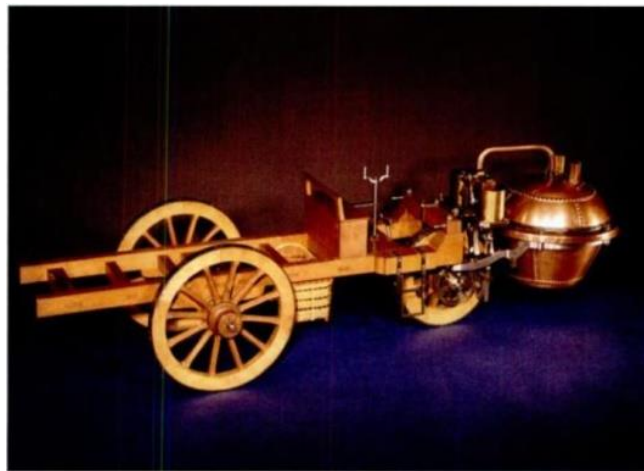


Ilustración 3. Modelo a escala del tractor a vapor de Joseph Cugnot.

Fuente: (Colt, 2008)

Años más tarde, aparecería el primer registro de una locomotora a vapor funcional en el año 1804, diseñado por el Ingeniero Richard Trevithick. Este sistema ferroviario era utilizado por la compañía Coalbrookdale y era utilizado para transportar carbón de minas a través de un sistema de rieles. Si bien era un sistema ferroviario funcional, el mismo no podía alcanzar velocidades muy altas y era ineficiente en el manejo de energía. (Marshall, 2014).

3.1.1 LA REVOLUCIÓN DEL TRANSPORTE

En el año 1808, el motor a vapor tendría un importante avance de la mano de la firma de Boulton & Watt con la invención del motor a vapor rotativo. Este motor rotativo se supone ser el responsable del inicio de la revolución industrial, puesto que potencio la capacidad de manufactura (Hills, 1993). La revolución industrial significo el comienzo de una nueva era para el transporte terrestre y marítimo, el comercio se potencio y se construyeron más carreteras y vías de ferrocarril, lo que abrió nuevas posibilidades para el transporte.

Si bien se podría esperar que después de la aparición de la locomotora a vapor y con un antecedente de un tractor a vapor, se implementara el mismo principio para un vehículo, fueron los automóviles eléctricos los primeros en hacer su aparición. En 1828, se inventaría el primer automóvil eléctrico a escala por el húngaro Anyos Jedlik. Posteriormente, en 1835 Thomas Davenport, el inventor del primer motor de corriente directa estadounidense usaría uno de sus motores para incorporarlo en un vehículo construyendo así un segundo prototipo de vehículo eléctrico. Sería hasta el año 1840 en el que se tendría finalmente un automóvil eléctrico con baterías recargables(Chan, 2012). Los automóviles eléctricos no tuvieron el éxito esperado puesto que la autonomía era muy corta y sería reemplazado por un homologado más conocido: el motor a combustión interna.

En el año 1885 aparecerían los primeros vehículos de combustión interna, moviendo el transporte motorizado de las vías ferroviarias hacia las carreteras comunes. El primer prototipo era un vehículo con un motor de dos tiempos diseñado por Karl Benz, aunque este transporte se movía solo ligeramente más rápido que el caminar de una persona. El mismo año, el inventor Gottlieb Daimler incorporo un motor a 4 tiempos diseñado por su colega Wilhelm Maybach a una bicicleta, construyendo así el primero registro de una motocicleta. El diseño de Maybach era mucho mejor que el de Benz, pudiendo alcanzar velocidades de giro de hasta 800RPM. Sin embargo, Daimler decidió utilizar tubos incandescentes para comenzar la ignición, mientras que el diseño de Benz incorporaba una ignición eléctrica (Parissien, 2014). A partir de este punto la industria automotriz crecería exponencialmente. El primer registro de un auto producido en masa y en una línea de manufactura es acreditado al curved-dash Oldsmobile. Implementado por Ransom E. Olds, es el primer registro histórico de una línea de producción estacionaria,

produciendo vehículos a bajo costo y siendo de los primeros carros en ser comercializados (Berger, 2001). La industria automovilística tendría un enorme salto en el año 1908 de la mano de Henry Ford y el lanzamiento del vehículo Ford Model T. Si bien no fue el primer vehículo en ser producido en una línea de manufactura, si fueron los primeros en implementar una línea de ensamblaje en movimiento. Esta línea de ensamblaje terminaba un vehículo cada 15 minutos, logrando manufacturar 15 millones de unidades desde 1908 hasta mayo de 1927. El Ford Model T rápidamente obtuvo popularidad convirtiéndose en el automóvil más usado para la época, e inclusive se afirma que el volante izquierdo fue introducido originalmente por Ford en este modelo (Alizon *et al.*, 2009). Posteriormente diversas marcas se sumarian a la incorporación de líneas de ensamblaje y la producción masiva de automóviles de combustión interna.

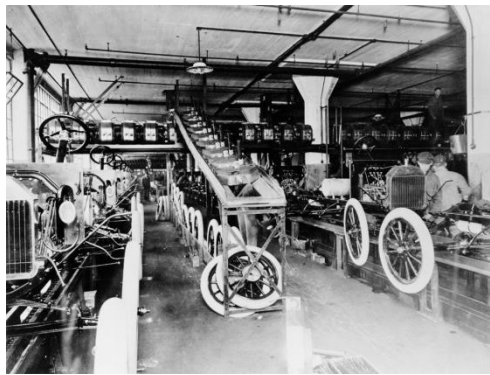


Ilustración 4. Línea de ensamble en movimiento de Ford

Fuente: (Ford Media Center, 2013)

La industria automotriz estadounidense tuvo una importante desaceleración durante la primera guerra mundial. Este rubro fue forzado a reducir la producción a la mitad para dedicarse a la producción de material armamentístico. Cuando finalizo la guerra, anticipando una demanda alta las compañías inundaron el mercado de nuevos vehículos, sin embargo esto provoco una sobredemanda y causo una recesión en el área de manufactura automotriz (Dreyer, 2009). En el periodo de 1929 a 1932, la industria automotriz sentiría el fuerte impacto de la gran depresión de Estados Unidos, teniendo una baja en la venta de autos nuevos de un 75%. Se estima que el valor combinado de pérdida de todas las compañías fue de \$191 millones (aproximadamente \$2.9 billones con la inflación actual). Para salir de esta situación, los fabricantes optaron por fabricar automóviles más asequibles para poder llegar a un mercado más amplio (Rhodes, 2010).

Durante la segunda guerra mundial, la industria automotriz estadounidense fue puesta nuevamente bajo el manejo del gobierno, para ser redirigida la producción a materiales de guerras. La planta más grande de Ford fue reacondicionada para la construcción de aviones bombarderos, mientras que la planta más grande de Chrysler se dedicó a la construcción de tanques de guerra. Durante este periodo, hizo su aparición una marca que hasta el día de hoy es ampliamente reconocida: Jeep. El diseño modular de este vehículo lo hacía un aliado excelente para lugares remotos, pudiendo armar y desarmar el vehículo en cuestión de minutos. Se convirtió en el icono del ejército estadounidense y se considera jugó un papel muy importante en el desempeño de este. El vehículo era casi igual de famoso en el país como en las líneas de batalla, miles de personas hacían eventos benéficos para donarle dinero al gobierno y poder producir más Jeeps (Foster, 2014). La incursión de estos vehículos en el frente de batalla despertó cierto sentimiento de patriotismo por los carros producidos en estados unidos a su población, y se considera que la época postguerra fue la época dorada para los fabricantes. Durante la época venidera, se construirían los vehículos más famosos de la cultura popular. Se estima que durante el primer año postguerra, la producción de vehículos y equipamiento tendría un aumento de un 75%, y se producirían un total de 8.8 millones de unidades al año, incluyendo 1.6 millones de unidad que serían destinadas para la exportación (Huddle, 1945).

En la época venidera el futuro era bastante brillante para los fabricantes de automóviles estadounidenses. Durante la segunda mitad del siglo XX, las ventas de automóviles nuevos habían aumentado de 6 millones en 1950 a 17 millones en el año 2000. Este aumento progresivo y sostenido en las ventas de vehículos nuevos hizo que los fabricantes requirieran la venta de grandes volúmenes para mantenimiento de sus costosas líneas de manufactura. Para el cuarto trimestre el 2007, Estado Unidos entraría en la peor recesión económica de los últimos 75 años. Este declive fue especialmente severo para las tres compañías más grandes de Estados Unidos: Ford, Chrysler y General Motors. El número total de ventas combinados de estos tres fabricantes disminuyó de 8.4 millones en 2007, a 6.4 millones en 2008 y a solo 4.6 millones en 2009 (Klier & Rubenstein, 2013). El impacto de esta recesión fue tan grande que Chrysler y General Motors fueron empujados hacia la banca rota durante este periodo, perdiéndose así 276,000 empleos

entre fabricantes de autos y fabricantes de materiales. Se estima que esta cifra corresponde a un devastador 36% de los empleos generados por este rubro (Chu & Yingzi, 2013).

3.2 DIBUJO TÉCNICO

Para partir de un concepto de dibujo técnico o dibujo de ingeniería, es necesario reconocer que las ilustraciones en general son una parte importante de la historia de la humanidad. Las imágenes, ya sean trazadas o generadas con tecnología moderna, son el desarrollo de muchos siglos de la representación de conceptos e ideas de manera gráfica. Las figuras utilizadas para describir la forma, apariencia y proporciones de los objetos pueden ser trazadas hasta la Era de Piedra. Se podría incluso argumentar que la representación gráfica es una forma universal de comunicarse. Existe evidencia de los hombres prehistóricos utilizando las paredes de cuevas para plasmar no solo las actividades que realizaban, sino también los artefactos y herramientas que ellos podían utilizar. Sin embargo, una figura utilizada para describir un objeto en la actualidad contiene mucho más detalle.

Muchos siglos después se han desarrollado técnicas avanzadas para poder representar los objetos con la mayor precisión posible, sin importar su complejidad. Hay muchos individuos que fueron parte importante del desarrollo de dibujo técnico. Algunas de las personas que ayudaron a trazar el desarrollo del dibujo de ingeniería, gracias a sus aportes a la representación bidimensional de mecanismos, son Leonardo Davinci y Gaspar Monge. (Sampaio, 2018)

Según (Khabia & Khabia, 2012): "Dibujo de ingeniería es el lenguaje de ingenieros con el que ellos describen precisamente la forma y tamaño de un objeto sin importar su complejidad. Conocimientos de Dibujo de Ingeniería son requeridos para construcción de represas, edificios, maquinas, placas, etc.". También (Nápoles Padrón *et al.*, 2018) afirma que: "El dibujo técnico, como asignatura, ocupa un papel importante en los planes de estudios de las carreras técnicas, porque contiene un tipo de lenguaje imprescindible para los procesos comunicativos en la dinámica de la labor profesional."

De esta manera comprendemos que el dibujo técnico es la manera en la que se pueden representar de manera gráfica y precisa un objeto en particular. Es notorio entonces que el uso de dibujo técnico es útil para cualquier disciplina de la ingeniería, por lo tanto, el dibujo técnico

puede ser considerado como una herramienta para los ingenieros. Así como puede utilizarse para representar una sola pieza, el dibujo técnico puede utilizarse para representar diversos procesos. Puede variar desde ser un bosquejo para utilizar tecnología moderna como programas de dibujo asistido por computadora (CAD por sus siglas en inglés) como se ve en la siguiente figura.

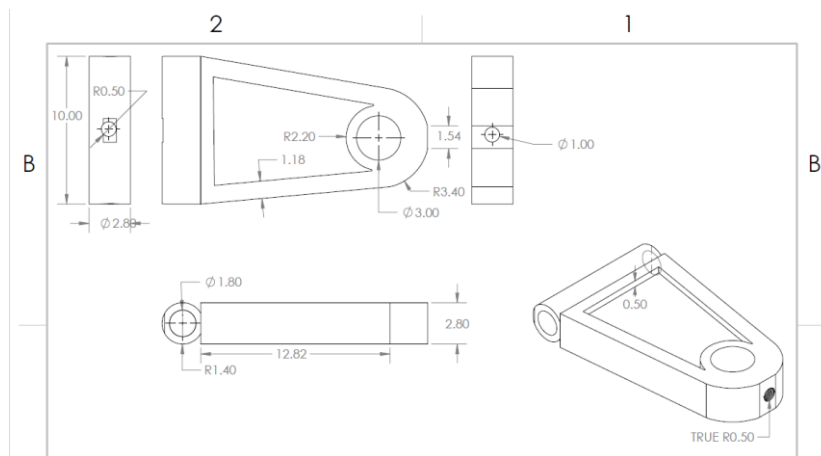


Ilustración 5: Dibujo Técnico realizado a través de software CAD.

Fuente: Elaboración Propia

3.2.1 PARTES DE UN DIBUJO TÉCNICO.

Para que un dibujo técnico cumpla su función de ser lo más preciso posible en la representación exacta de un objeto, necesita tener la mayor cantidad de información descriptiva necesaria. Realmente, si se busca que una pieza pueda ser entendida por cualquier persona con acceso al dibujo realizado, se debe dejar la menor cantidad de información a libre interpretación del lector.

Una parte muy importante de un plano de dibujo es detallar la escala. La escala se refiere a la razón o proporción de cierta imagen en el plano con respecto a la forma física real del objeto representado. Un ejemplo de la importancia de una escala puede ser para detallar las medidas de la fabricación o ensamblaje de un automóvil, Ciertamente la dimensión real de un automóvil no se puede denotar en una hoja de papel estándar. Al igual que la escala, es de gran importancia marcar específicamente con que unidades se está trabajando en un dibujo técnico. Generalmente se recomienda trabajar con las unidades de estándar internacional.

3.2.2 VISTAS Y PROYECCIONES

Para poder representar una figura de todos los puntos posibles, es necesario considerar todos los perfiles desde los cuales se puede obtener una vista. Existen diferentes tipos de proyecciones que ayudan de diferentes formas a visualizar una pieza tridimensional en un plano bidimensional. Algunas de estas proyecciones son la multivista y la axonométrica. Mientras que en una proyección multivista el objeto se encuentra paralelo al plano, en una axonométrica el objeto es inclinado con respecto al plano de visión, de modo que una vista lateral y la frontal se muestran simultáneamente. Esta inclinación puede ser de muchos ángulos diferentes, por lo cual, existe una gran variedad de presentaciones de una vista axonométrica. En la ilustración 6 se pueden notar la forma en que estas proyecciones pueden plasmarse en un plano.

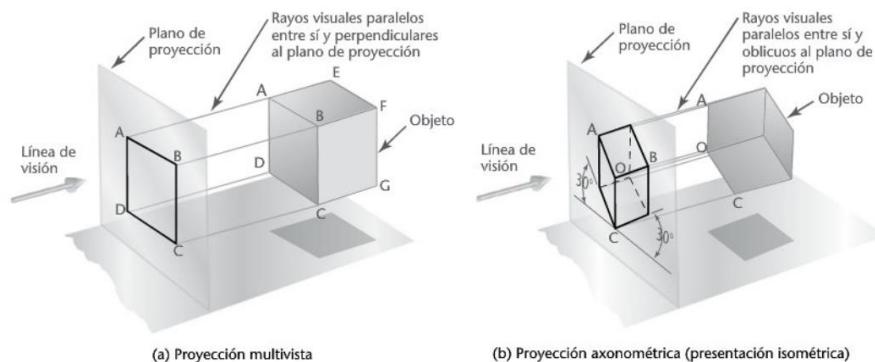


Ilustración 6: Tipos de Proyecciones.

Fuente: (Giesecke et al., 2018)

Entre las proyecciones multivista podemos mencionar las vistas laterales, superiores e inferiores que puede tener un objeto. Entre las proyecciones axonométricas, existen tres tipos de proyecciones que son las más utilizadas para representar objetos. Estas son las famosas proyecciones isométricas, dimétricas y trimétricas. Estas proyecciones varían entre sí dependiendo de la comparación entre la proporción de los ángulos disponibles en el punto de vista. La siguiente figura muestra la diferencia entre cada una de estas vistas.

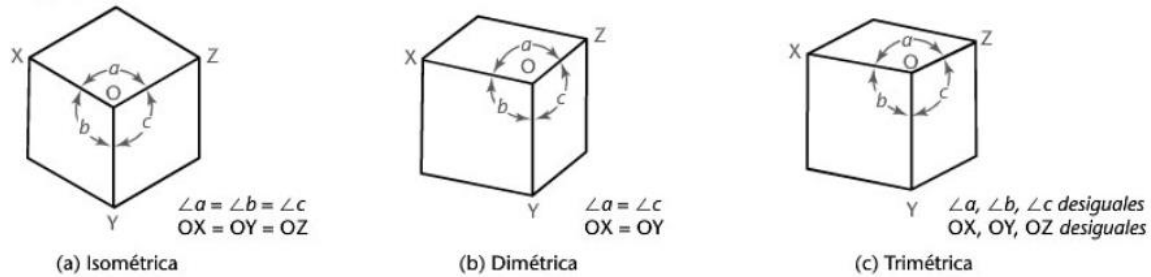


Ilustración 7: Tipos de Proyecciones axonométricas.

Fuente (Giesecke et al., 2018)

3.3.3 CORTES Y SECCIONES

Los planos de corte brindan información útil en un dibujo técnico. Este tipo de ayuda visual proporciona una vista al interior de un objeto. Esto puede ser de gran utilidad si la pieza considerada cuenta con huecos o procesos especiales en su interior. Por ejemplo, si se está fabricando una pieza completamente sólida y en su vista superior muestra orificios de taladro, la vista lateral no podrá proporcionar información acerca de la profundidad de las perforaciones, a menos que se denote la transparencia del objeto con líneas discontinuas. Sin embargo, un plano de corte puede detallar que se crea un seccionado o un corte en un determinado punto de la pieza.

Según Ramos Barbero y García Maté (2020), un corte o sección en un plano de dibujo técnico se emplea porque este aporta claridad al dibujo, en casos reduce la cantidad de vistas necesarias y también facilita la interpretación de los interiores de la pieza.

Esta oportunidad en un plano suele ser de gran importancia ya que proporciona la información adicional a la pieza en cuestión sin la necesidad de un número extenso de vistas adicionales de plano. La siguiente imagen muestra un ejemplo claro de como un corte puede ser útil en el dibujo técnico.

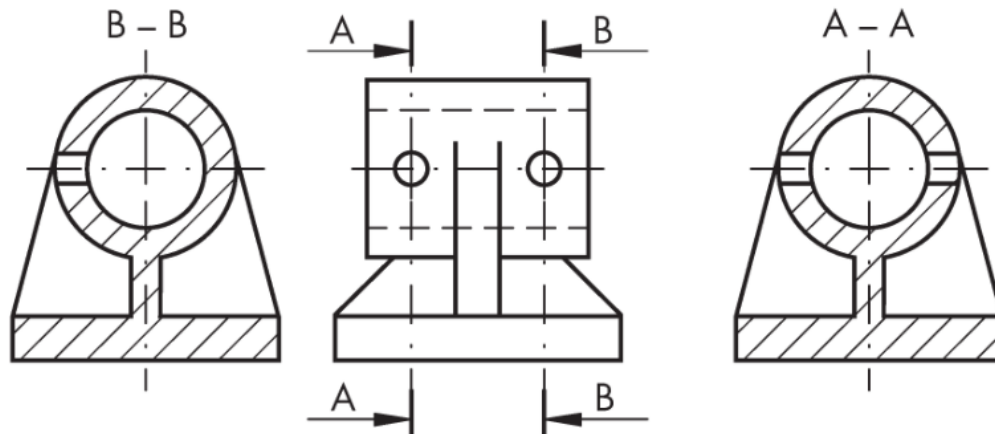


Ilustración 8: Corte en Dibujo Técnico.

Fuente: (Ramos Barbero & García Maté, 2020)

Como se puede notar en la figura anterior, un corte detallado en el plano puede proporcionar información que no está explícita en el dibujo. Por ejemplo, a través del corte en el punto A, podemos observar que la perforación vista desde la parte frontal del dibujo es continua en toda la pieza. Por otro lado, el corte en la sección B muestra que la perforación similar a la realizada en el punto A no es continua en toda la pieza.

3.3 ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

La electricidad es conocida como un fenómeno natural. Es una forma de energía producida por el movimiento de electrones de un punto a otro a través de un elemento conductor. La electricidad por lo tanto no es un concepto moderno, solamente en los últimos siglos se logró controlar y aprovechar para beneficio de la humanidad.

(Boylestad *et al.*, 2004) afirma:

“Se ha jugado con el fenómeno de la electricidad estática desde la antigüedad. Los griegos denominaron a la sustancia de resina fósil utilizada comúnmente para demostrar los efectos de la electricidad estática como *electrón*, sin embargo, no se realizó un estudio formal de la materia hasta que William Gilbert investigó el fenómeno en 1600. En los años siguientes, individuos como Otto von Guericke [...] y Stephen Gray [...] continuaron la investigación de carga electrostática. Charles Dufay demostró que las cargas se atraen o

repelen, esto lo llevo a pensar que existen dos tipos de carga (teoría que se acepta mediante nuestra definición de cargas positivas y negativas). [...] Hacia finales del siglo XIX ya se habían establecido un número importante de ecuaciones, leyes y relaciones fundamentales, y varios campos de estudio que incluyen electrónica, generación de energía y los aparatos de cálculo, comenzaron a desarrollarse en serio” (p.5)

A medida que se fue desarrollando el entendimiento y manipulación de la electricidad, se denotaron algunos conceptos que permiten el aprendizaje de la conducta de esta energía. Algunos de estos conceptos son cargas, voltajes, potencias, impedancias y todas las fórmulas y relaciones entre ellos.

Así como se mencionó anteriormente, la carga se puede decir que se presenta en dos tipos: positiva y negativa. Estas cargas entre ellas se atraen, pero entre dos de las mismas se repelen. La carga eléctrica se conoce como la interacción entre cuerpos cargados eléctricamente positivos y otros eléctricamente negativos.

La carga se mueve con mayor facilidad en ciertos cuerpos en comparación a otros, estos son conductores. Otros materiales, sin embargo, inhiben el paso de la corriente eléctrica, son conocidos como aislantes (Young *et al.*, 2013). También existen ciertos materiales que permiten el paso de corriente eléctrica en circunstancias específicas. Estos materiales son conocidos como semiconductores y son un pilar importante de la electrónica moderna.

Según (Boylestad & Nashelsky, 2018): “los semiconductores son una clase especial de materiales cuya conductividad esta entre la de un buen conductor y un aislante [...] los tres semiconductores más frecuentemente utilizados en la construcción de dispositivos electrónicos son Ge, Si y GaAs.”

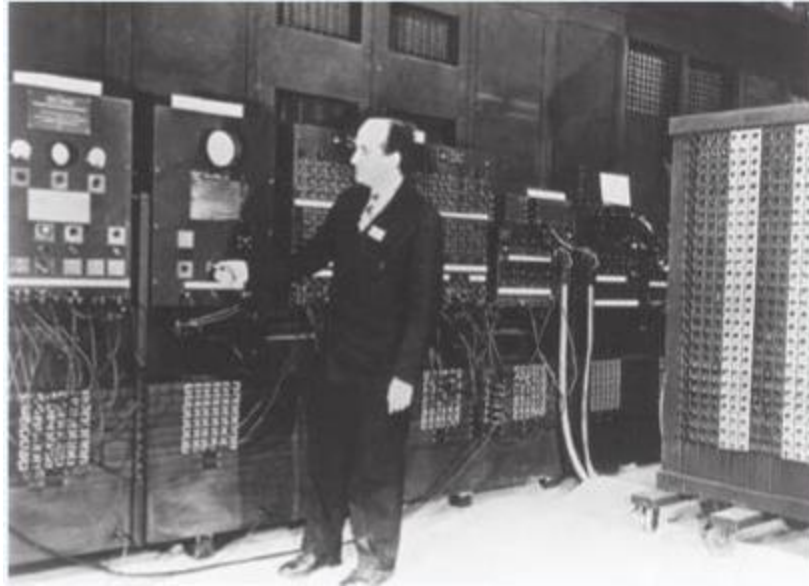


Ilustración 9: Eniac, una de las primeras computadoras

Fuente: (Tokheim, 2011)

El descubrimiento de los diodos semiconductores en la primera mitad del siglo XX abrió las puertas a la era moderna de la electrónica, en la que los avances relacionados a la velocidad de operación y el tamaño compacto de dispositivos electrónicos son excepcionales.

Se puede definir a la electrónica como la tecnología que procesa señales eléctricas a través de dispositivos de control para posteriormente entregar una señal de salida basado en la decisión lógica tomada por el dispositivo (Erickson & Maksimovic, 2001). Un sistema electrónico de control puede ser considerado completo si posee tres porciones específicas: entrada, lógica y salida. La etapa de entrada consiste en toda señal eléctrica que intenta comunicar información, como ser un botón accionado por un operador en una línea de producción. Esta señal de entrada es enviada a la sección de control, la cual toma decisiones basándose en las señales de entrada. La sección de control está compuesta usualmente por relevadores magnéticos, transistores discretos, entre otros. Una vez la sección de control ha tomado una decisión, envía el comando específico a la salida, por ejemplo: un indicador de alerta (Maloney, 2006).

Si bien se ha definido un sistema de control electrónico básico, la realidad es mucho más compleja que una señal de entrada y una señal de salida. Un sistema de control tiene como finalidad primordial controlar eficientemente un sistema de manera automática, evitando la interferencia

humana en la mayor proporción posible para obtener un sistema independiente. Estos sistemas de control son el pilar de la manufactura actual, garantizando la operabilidad de la maquinaria industrial con el menor margen de error posible.

Para este fin, se utilizan dos configuraciones de sistemas de control: un sistema de control de lazo abierto, y un sistema de lazo cerrado. Un sistema de control de lazo abierto es un sistema que no consta con una retroalimentación, es decir, la salida es independiente de la entrada. Por el contrario, un sistema de lazo cerrado es un conjunto que consta de una retroalimentación, es decir, el sistema mantiene una relación intrínseca entre la salida y la entrada, utilizando la diferencia de ambas como medio de control (Ogata, 2003).

Un sistema de control de lazo cerrado es el sistema más utilizado para el área de manufactura puesto que permite monitorear todo el proceso y ajustar el mismo acorde a la situación actual. Los primeros registros de sistemas de lazo cerrado datan del año 1788, de la mano de James Watt. Watt diseñó un regulador de velocidad centrífugo, que era comúnmente utilizado en locomotoras de la época, este sistema abría el paso del combustible al motor cuando la fuerza centrífuga del motor bajaba.

Si bien un sistema de control puede ser completamente mecánico, la electrónica ha perfeccionado estos mecanismos y de la mano de los semiconductores, alcanza tiempos de respuesta mucho más rápidos en comparación a sus homólogos mecánicos.

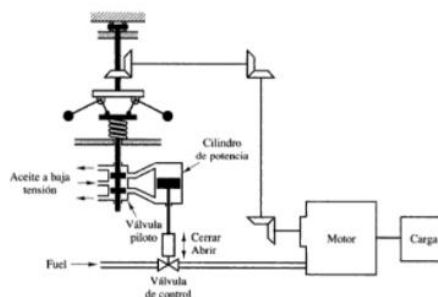


Ilustración 10. Regulador de velocidad mecánico-centrífugo.

Fuente: (Ogata, 2003)

3.4.1 ELECTRÓNICA AUTOMOTRIZ

Los sistemas electrónicos han tenido una lenta implementación en la industria automotriz, esto es primordialmente por la relación costo-beneficio. Estos sistemas fueron implementados por primera vez durante los 1950s, sin embargo, estos sistemas no fueron bien recibidos y fueron discontinuados posteriormente. En 1970 reaparecerían luego de las regulaciones del gobierno de Estados Unidos a las emisiones, lo que obligaba a los fabricantes a encontrar maneras más eficientes de controlar sus motores (Mansour *et al.*, 2003).

3.4.1.1 ARNÉS ELÉCTRICO

En la actualidad, los vehículos tienen una estrecha relación con los sistemas electrónicos. Estos sistemas están compuestos por una serie de sensores distribuidos a lo largo del vehículo, que son controlados por una computadora central, encargada de monitorear la combustión y el funcionamiento general del vehículo. Todas estas señales de entrada y salida son distribuidas por el cableado eléctrico del vehículo al que se le denomina "arnés", el cual recorre la totalidad del vehículo comunicando la computadora central con sus periféricas.

Un arnés eléctrico es diseñado de manera virtual a través de programas especializados para este fin. Un ejemplo de este sistema es el Capital Harness System. Este tipo de sistema emula la computadora central de un vehículo y simula el funcionamiento de los circuitos escogidos por el diseñador. Una vez se ha aprobado con éxito las simulaciones, el arnés pasa a su etapa de diseño físico (Kim *et al.*, 2011).

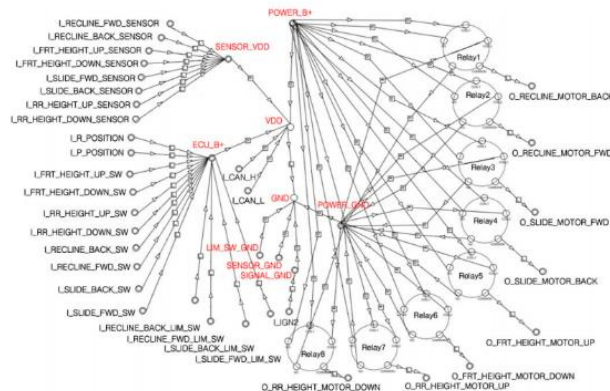


Ilustración 11. Diagrama de interacciones en Capital Harness de un arnés.

Fuente: (Kim *et al.*, 2011)

El diseño, la cantidad de componentes, circuitos, tipo de cables y muchas más variaciones de los arneses eléctricos dependerá de la aplicación de este. Todos los arneses se dividen en “familias” siendo cada una de estas una aplicación distinta. Una familia puede controlar la combustión interna de un modelo específico de un automóvil, mientras que una familia completamente distinta puede controlar el tablero de instrumentos. Las familias de arneses no son distintos modelos, se refiere a distintas aplicaciones y rangos de opciones.

A continuación, se detallarán los componentes que conforman un arnés eléctrico y que precauciones se deben de manejar a la hora de la construcción para garantizar un producto con un alto nivel de calidad.

Cables: (Sanz Serrano & Toldano Gasca, 2009) define a un cable como: “conjunto formado por uno o varios conductores cableados, adecuadamente aislados” (p.174). Los cables son la parte más extensa y visible de un arnés eléctrico. Este componente debe ser escogido específicamente para la aplicación deseada (corriente que conducirá, temperatura de operación, entre otros).

El recubrimiento o forro de los cables garantiza el funcionamiento y la protección adecuada del sistema eléctrico a determinadas temperaturas. El tipo de forro más común es el PVC, este material está diseñado para soportar temperaturas de operación de 70 grados Celsius, y se caracteriza por su bajo costo. Es usado mayormente para aplicaciones sencillas y de corrientes bajas. El cable PVC es tan utilizado que se estima que el 3% del desecho mundial de PVC proviene de cables de la industria automotriz (Brebú *et al.*, 2000).

El recubrimiento XLPE es un forro de cable manufacturado de polietileno reticulado. Este cable soporta temperaturas de operación de hasta 90 grados Celsius y es utilizado para aplicaciones de alta temperatura. Este tipo de cable se puede encontrar usualmente en los arneses dentro del motor o en argollas que requieren sumersión en un baño de estaño.

El calibre por escoger dependerá de la cantidad de corriente y voltaje que el cable deseado transportará. Los calibres mayores se utilizan para las aplicaciones relacionadas la batería y suministros de voltaje. El cobre es el material utilizado para la totalidad de los cables para las

aplicaciones automovilísticas, esto es por su bajo costo, sus propiedades eléctricas y mecánicas(Condumex, 2009).

Conectores: Un conector eléctrico es un dispositivo diseñado para unir dos o más circuitos eléctricos. Existen dos clasificaciones para los conectores, permanentes o separables. Para la industria automotriz el tipo más común son los conectores separables, los que pueden ser ensamblados y desensamblados en cualquier momento. La utilidad final de este dispositivo es garantizar una transmisión de señal fidedigna en cualquier entorno de aplicación (Murty & Sujan, 2016).

Los conectores eléctricos de igual manera pueden ser divididos en conectores hembra y conectores macho. El conector hembra posee terminales huecas en las que el macho es ensamblado y se ajusta firmemente. Es usual encontrar ambos géneros de conectores en tipos de conectores "en línea". Este tipo de conector usualmente conecta un arnés a otro a través de una combinación de conectores macho/hembra y es usado para transmitir señales eléctricas entre familias de arneses.

Es bastante común encontrar conectores casi idénticos en un arnés vehicular, por lo que para evitar conexiones erróneas los fabricantes incorporan los "pasos de conector". Estos pasos imposibilitan la conexión de un conector en un lugar equivocado, sin embargo, esto debe ser manejado con mucho cuidado por los fabricantes, puesto que el uso de un paso incorrecto imposibilitaría el ensamble del conector en el vehículo.

Terminales: Se puede definir a una terminal eléctrica como la parte final de un circuito. Dicho componente es utilizado para acoplar conectores, y son ensambladas en las cavidades internas de los mismos. Las terminales son un elemento de suma importancia en el correcto funcionamiento de un arnés eléctrico, puesto que son las encargadas de hacer el contacto entre los circuitos. Las terminales suelen estar recubiertas por estaño, plata u oro para minimizar los efectos de la corrosión.

Es sabido que los ambientes hostiles a los que son sometidos los conectores y terminales los vuelve propensos a sufrir daños por corrosión. El estaño es el material más susceptible a la corrosión causando fallas intermitentes en los contactos eléctricos y comprometiendo la fiabilidad

de la conexión. Estos fallos se denominan intermitentes porque son casi imposible de reconstruir en ambientes controlados puesto que la terminal tiene propiedades regenerativas y puede recuperarse por sí misma hasta 200 veces (Swingler & McBride, 2002).

La susceptibilidad del estaño a la corrosión obliga a los fabricantes a utilizar terminales de plata y oro para aplicaciones vitales. Es común encontrar terminales con baño de oro en conectores de bolsas de aire.

Sellos: Los sellos son utilizados entre las terminales y conectores. Estos sellos están hechos de caucho y tienen la finalidad de bloquear el paso de humedad hacia las terminales. Esta es una solución conveniente para las aplicaciones en lugares húmedos para evitar los daños por corrosión.

Clips y soportes: La cantidad de circuitos y el peso de los componentes de un arnés lo hace sumamente voluminoso y pesado, es por esta razón que los fabricantes recurren al uso de clips y soportes para fijar los arneses en un lugar y reducir cualquier error causado por la vibración o el movimiento brusco del arnés. De igual manera, es posible cambiar la orientación de un ramal con un soporte con ángulo.

Insulaciones: Las Insulaciones son una parte muy importante de los arneses eléctricos automotrices, estos se encargan de aislar y proteger el cableado del entorno para evitar pinchaduras y posibles daños. El tipo de insulación utilizado mayormente es el tape convencional de PVC, sin embargo, el más notable es la insulación de vinil, que da esa textura característica al producto final. Todos las insulaciones contenidas en un arnés eléctrico deben ser ignífugas. El tape ignífugo ideal debe cumplir ciertas condiciones: Una resistencia alta al fuego y a propagarlo, una tasa de combustión baja, una tasa de generación de humo baja, poca capacidad de combustión y toxicidad del humo en caso de combustión, una apariencia adecuada para el uso específico (Lewin *et al.*, 1975).

3.5 MANUFACTURA

Etimológicamente, la palabra "manufactura" se deriva de los términos en latín de *manus* que quiere decir "mano" y *factus*, que quiere decir "la acción de hacer". Por lo tanto, se entiende por

manufactura como la acción de realizar algo a mano. En la actualidad la manufactura es mucho más que esto.

(Kalpakjian *et al.*, 2014) indica:

“Manufactura, en un sentido completo, es el proceso de convertir materias primas en productos. También comprende las actividades en que el propio producto fabricado se utiliza para elaborar otros productos. Los ejemplos podrían incluir a las grandes prensas que forman las hojas metálicas usadas en accesorios y carrocerías para automóviles, la maquinaria para fabricar sujetadores, como tornillos y tuercas, y las máquinas de coser ropa. El nivel de manufactura de una nación se relaciona directamente con su salud económica; por lo general, cuanto mayor es la actividad manufacturera de un país, mayor será el estándar de vida de su gente. ”

Esto indica que la manufactura en la actualidad es mucho más que solamente la acción de realizar algo con las manos, sino que es todo un proceso que involucra disciplinas de ingeniería, diseño, organización, estandarizado y mucho más.

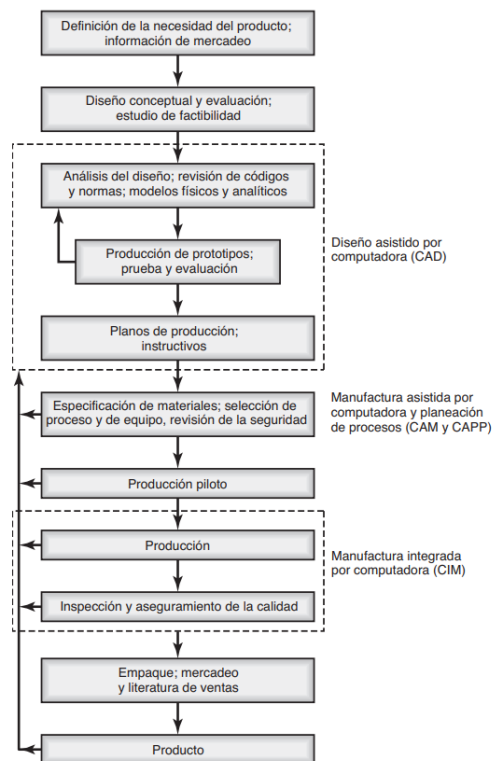


Ilustración 12: Síntesis del Proceso de Completo de Manufactura

Fuente: (Kalpakjian *et al.*, 2014)

Hubo un importante auge de manufactura partiendo de la revolución industrial. Durante esta época se implementó la manufactura en masa, es decir, se implementaban líneas de producción para producir cantidades muy grandes de productos. La época dorada de la producción en masa y de los fabricantes americanos, líderes mundiales en este tipo de producción terminó a finales de 1980, donde la industria requería métodos más efectivos de manufactura que redujeran costos y aumentaran ganancias, y fue esta la fecha de transición hacia una manufactura más eficiente (Duguay *et al.*, 1997)

En la actualidad, la mayoría de los fabricantes utilizan el método de "lean manufacturing" por su nombre en inglés, que es un método de manufactura que reduce los costos al mínimo mientras maximiza la cantidad de producto manufacturado. Esta estrategia de manufactura requiere un profundo análisis de los materiales a utilizar, y los tiempos de procesos, para garantizar que no existe desperdicio de materia prima y el producto terminado se termina justo a tiempo, sin incurrir en pérdidas por productos almacenados (Socconini, 2019).

3.5.1 LÍNEAS DE PRODUCCIÓN

En el caso de la fabricación en serie de un producto, seguramente es difícil que un individuo por sí mismo logre cumplir con altas demandas de producción. Para estos casos en los que un producto debe ser ensamblado en grandes cantidades, se emplea una línea de producción. Las líneas de producción son una gran herramienta organizacional y de efectividad para cualquier rubro que busque la manufactura en serie de un producto.

Según (Groover, 2007):

"Una línea de producción consiste en una serie de estaciones de trabajo ordenadas para que el producto pase de una estación a la siguiente y en cada ubicación se realice una parte del trabajo total. La velocidad de producción de la línea se determina por medio de su estación más lenta. Las estaciones de trabajo con ritmos más rápidos que el de la estación más lenta estarán limitadas por este cuello de botella. La transferencia del producto a lo largo de la línea por lo general se realiza mediante un dispositivo de

transferencia mecánica o sistema de transporte, aunque algunas líneas manuales simplemente pasan entre las estaciones el producto a mano. Las líneas de producción se asocian con la producción masiva. Si las cantidades del producto son muy grandes y el trabajo se va a dividir en tareas separadas que pueden asignarse a estaciones de trabajo individuales, entonces una línea de producción es el sistema de manufactura más apropiado.”

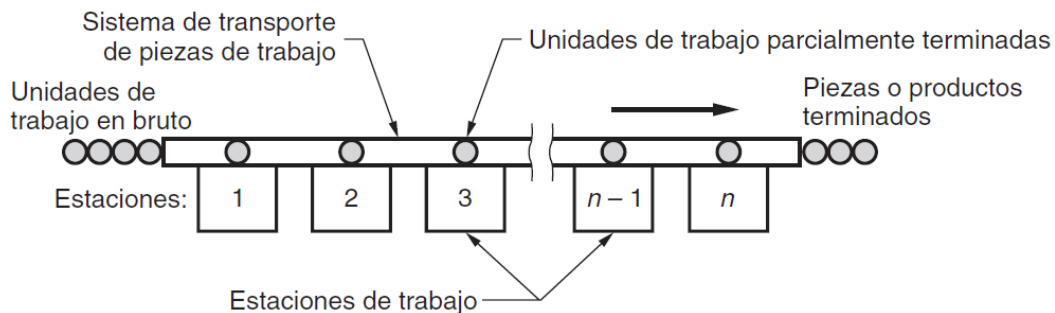


Ilustración 13: Configuración General de una Línea de Producción

Fuente: (Groover, 2007)

Como se mencionó anteriormente, Henry Ford implementó la primera línea de producción en movimiento, la misma que sería adoptada posteriormente por todos los fabricantes. Si bien el método de manufactura de Ford era en masa, implementó líneas de producción en paralelo, que es el primer registro de balanceo en una línea de producción para maximizar su eficiencia, y garantizar su adaptabilidad a cambios imprevistos en volúmenes de ventas (Wilson, 2013).

La implementación de una línea de producción requiere un estudio de los tiempos de manufactura para lograr tener una distribución de tareas homogénea. A esta acción se le denomina balanceo. El balanceo consiste en un estudio individual de cada etapa del proceso, reconfiguraciones y reajustes para evitar sobrecargar una etapa del proceso y disminuir su productividad. Los balanceos de línea son especialmente importantes para los nuevos métodos de manufactura, pues requieren lograr la mayor eficiencia posible para incurrir la menor cantidad de desperdicio (Becker & Scholl, 2006).

Una vez una línea ha sido balanceada correctamente, es importante la incorporación y seguimiento de métricas de tiempos de manufactura. Se estima que una línea de producción que no incorpore los estándares de tiempos de manufactura funciona un 60% de las veces, mientras que las líneas que siguen estos lineamientos funcionan un 85%. Este diferencial de porcentaje supone un aumento de productividad de un 42% (Meyers, 2000).

3.5.2 MANUFACTURA DE ARNESES

El proceso de manufactura de un arnés lleva múltiples etapas y procesos especiales para satisfacer las necesidades del cliente. Es un proceso multidisciplinario que se ejecuta en perfecta sincronía para obtener un producto final de calidad. Visto de una manera general se podría definir a este proceso en las siguientes etapas: Diseño, Ingeniería de producto, Ingeniería de manufactura, planeación de producto y manufactura del producto finalizado. Es una bastante común pensar que al tener un diseño CAD de un arnés eléctrico, bastara en colocar los circuitos en un tablero de ensamble para obtener un producto terminado. Este pensar es realmente alejado a la realidad y le quita importancia a la complejidad de la manufactura (Smith, 2015). A continuación, se detallará el proceso específico a seguir para obtener un producto terminado.

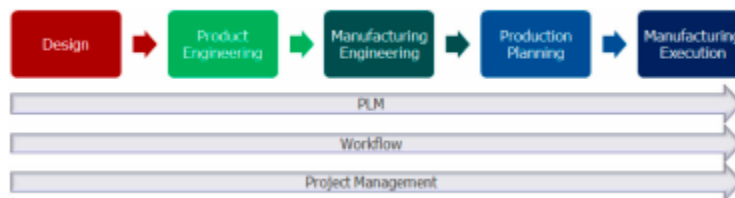


Ilustración 14. Proceso para un arnés terminado

Fuente: (Smith, 2015)

3.5.2.1 Recepción de planos CAD

La recepción de los planos es la etapa inicial para la fabricación de un arnés eléctrico. Este plano es proporcionado por el área de ingeniería del cliente, y es entregado a el área de ingeniería de producto. Durante esta etapa, el ingeniero de producto realiza las validaciones y estudios correspondientes al plano para garantizar que la fabricación de este es factible. Se estudia la aplicabilidad de las terminales con los conectores, y los calibres de cables deseados por el cliente.

La etapa de recepción y estudio de planos es una de las etapas que requiere más atención al detalle. El tiempo limitado y la abrumadora cantidad de información pueden provocar errores imprevistos en la interpretación de estos, causando cuantiosas pérdidas. Se han implementado programas de computadora para ayudar a minimizar el error humano, sin embargo este proceso aún requiere la completa atención de un ingeniero(Billsdon & Wallington, 1998)

3.5.2.2 WLL, HC y BOM.

Una vez se ha comprobado que el plano del arnés y sus componentes está correcto, el departamento de ingeniería de métodos se encarga de calcular la WLL. Si bien los planos ya contienen las longitudes de cada circuito, estas longitudes no toman en cuenta las dificultades del ruteo de los cables o la inflexibilidad de estos.

La problemática del ruteo de circuitos recae en el hecho de que hay un número infinito de posibles configuraciones, y para estos cálculos se deben tomar la naturaleza de los circuitos y sus interacciones con el resto (cables trenzados, empalmes) puesto que esto afectará significativamente su longitud. Este proceso es de especial importancia pues no se puede tener un valor de costo de materiales y producto terminado sin tener un dato preciso de las longitudes correctas(Conru, 1994).

Una vez se tiene la WLL, se procede a realizar el BOM. Este documento posee la lista completa de materiales a utilizar para la fabricación del arnés. De igual manera se procede a realizar la hoja de corte, la que contiene las longitudes de los circuitos a cortar. Todos estos documentos son cargados en sistema para que el resto de los departamentos puedan tener acceso a los mismos y comenzar a manufacturar.

3.5.2.3 CORTE DE CIRCUITOS Y PRENSADO DE TERMINALES

A partir de este punto, el arnés comienza su proceso de manufactura. Se procede a realizar el corte de los circuitos en base a la información proporcionada previamente. Esta fase funciona como un segundo filtro puesto, que se revisan una vez más las especificaciones de los cables y las terminales a utilizar. Si la información es correcta, el departamento de corte procede a cortar los circuitos con el tipo de cable especificado por ingeniería de producto, y las longitudes obtenidas por ingeniería de métodos.

Una vez se obtiene la longitud de circuito deseada, el siguiente paso consiste en unir las terminales mediante un proceso de prensado. La calidad de una terminal prensada dependerá del material base de la terminal, el calibre del cable, la herramienta a utilizar entre otros. Todos estos factores influirán positiva o negativamente en las propiedades eléctricas y mecánicas de la terminal (Villeneuve & Kulkarni, 1996). Para satisfacer un estándar alto de calidad, Lear Corporation se basa en el estándar USCAR21. Este estándar dicta el tipo de terminal (número de terminal y material) que aplica para cada calibre.

3.5.2.4 PROCESOS ESPECIALES

La mayoría de los arneses llevan procesos especiales. Se le denomina proceso especial, a todo aquel que llevan más de un material especial, como ser multi-prensados, empalmes, arañas y blindados. A continuación, se detalla la descripción de estos procesos:

Multi-prensados: Son usualmente utilizados para la conexión a tierra de los circuitos y consiste en varios cables prensados en una sola argolla. Las argollas llevan un baño de estaño y camisas de calor para aumentar su resistencia al medio ambiente.

Empalmes: Los empalmes consisten en las uniones de dos o más cables que llevan una señal común. Usualmente se encuentran en las conexiones a tierra, conectando todos los negativos de los componentes de un vehículo. Los empalmes son un proceso que requiere un elevado grado de habilidad. Un empalme realizado incorrectamente ocasionaría el desprendimiento de uno de los conductores causando efectos indeseados en el funcionamiento del arnés. De igual manera deben ser completamente sellados y aislados del agua. El agua causa intermitencias en la señal eléctrica transmitida a través de estos, y daña la insulación general de los conductores. Un empalme que no esté sellado correctamente, presentara un fallo generalizado en cuestión de días (Stringer & Kojovic, 2000).

Arañas: Este proceso especial consiste en un grupo de pares de cables trenzados, unidos entre sí por empalmes. Usualmente compuesto por 4 o más pares trenzados, conectados en parejas de 2 a través de empalmes. Las arañas llevan su nombre por la complejidad de las interconexiones que llevan los circuitos involucrados. Estos suelen ser unidos por camisas de calor y otros recubrimientos.

Blindados: Los procesos de blindados se utilizan para proteger los cables de los ruidos e interferencias externas. Usualmente están compuestos por un cable para drenar las interferencias no deseadas, y tapes de aluminios para minimizar las interferencias.

3.5.2.5 ENSAMBLE

Una vez se tienen los circuitos a utilizar y los procesos especiales, es necesario ensamblar los mismos en los conectores. Este proceso es bastante delicado, puesto que si un ensamblaje es realizado incorrectamente quedará flojo, y no permitirá un contacto fidedigno.

3.5.2.6 ENCINTADO

El proceso de encintado es el más difícil de toda la fabricación de un arnés vehicular. Aun no existe una manera automatizada de realizar este proceso, por lo que requiere ser hecho a mano por un operador que coloca todos los circuitos debidamente ensamblados con sus conectores en un banco de trabajo. Este banco, posee todas las vueltas y posiciones específicas del arnés y posee guías visuales para el correcto encintado del conjunto. Este proceso es complicado debido a las vueltas, ángulos y diferentes tipos de cintas utilizados en cada arnés, que dificultan la labor de un encintado de calidad (Kobayashi *et al.*, 2013).

3.5.3 INNOVACIÓN EN LA MANUFACTURA VEHICULAR

Si bien la manufactura requiere obligatoriamente de un operador para poder concluirse, existen procesos que requieren de menos atención de una persona humana, como ser el proceso de ensamble semi automático.

Un proceso semiautomático supone la utilización de máquinas para corte y prensados de terminales, mientras que aún se requiere de un operador para el proceso de encintado. La industria actual aun no posee métodos completamente automatizados para la manufactura de un arnés, sin embargo, existen diversos estudios que ya apuntan a este desafío.

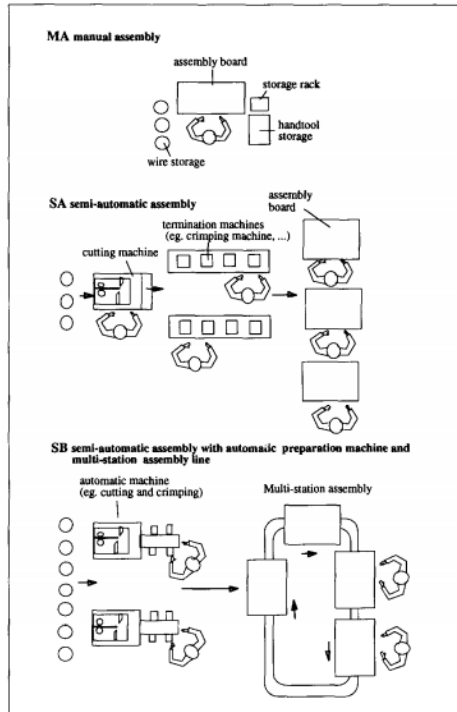


Ilustración 15. Comparación de un proceso manual y semiautomático.

Fuente: (Aguirre & Raucent, 1994)

La mayor dificultad en el manejo robotizado de la manufactura de un arnés se encuentra en el manejo del cableado eléctrico. Se ha comprobado que un robot es incapaz de moldear un cable sin enredarlo o crear bucles. Para solucionar esta problemática, los diseñadores están investigando el uso de brazos robots con manos parecidas a las humanas, para poder maniobrar el cableado con mayor facilidad (Jian *et al.*, 2010).

3.6 CALIDAD

El departamento de control de calidad garantiza que el producto finalizado cumpla con los altos estándares de calidad solicitados por el cliente. Generalmente, se define a control de calidad como un sistema que mantiene cierto nivel de calidad a través de retroalimentación a un producto y la implementación de acciones correctivas si se desviara el estándar (Mitra, 2016).

Según (Alexander Servat, 2005):

“Para poner en práctica un sistema de gestión de la calidad, primero es necesario conocer todos los requerimientos de la presentación final del producto o servicio. Los

requerimientos del cliente deben detallarse con la suficiente minuciosidad para que el proveedor los comprenda. Básicamente, todo esquema de gestión de calidad debe:

- (1) recopilar la información necesaria para generar el producto o servicio deseado
- (2) planificar, al interior de la entidad, las distintas actividades necesarias para asegurar la correcta fabricación del producto o servicio requerido, y (3) detallar las instrucciones precisas para que se lleven a cabo tales actividades.” (p.14)

La calidad del producto o servicio, entonces, está directamente relacionada con el estudio de los requerimientos del cliente o del mercado necesario. Sin el conocimiento profundo de la meta a la que se quiere llegar con el producto, no se cuenta con un estándar de calidad.

Para el cumplimiento de calidad general se necesita un estandarizado de procesos. Existen entidades internacionales dedicadas a la creación de normas de estandarización de procesos. Una de estas organizaciones es ISO, la Organización Internacional de Estandarización.



Ilustración 16: Logo de ISO

Fuente: *(ISO - About Us, 2020)*

(ISO - About Us, 2020), la página oficial de la organización define que:

“ISO es una organización internacional no gubernamental independiente con una membresía de 165 organismos nacionales de normalización. A través de sus miembros, reúne a expertos para compartir conocimientos y desarrollar Normas Internacionales voluntarias, basadas en el consenso y relevantes para el mercado que respaldan la innovación y brindan soluciones a los desafíos globales.”

Dentro de los estándares que ha definido ISO, uno de los más importantes es el estándar ISO 9000, el cual es un modelo de calidad que se enfoca en la calidad de un sistema destinado para la creación de productos. Dentro de la familia de estándares ISO 9000, el ISO 9001 es el estándar de calidad más popular. ISO 9001 es el estándar internacional de requisitos para un sistema de gestión de la calidad.

La norma ISO 9001 ha tenido varias revisiones en las últimas décadas desde su implementación en los años 90. Esta norma ha sido diseñada por expertos internacionales que enfatizan la gestión de la información, conocimiento, innovación y aprendizaje organizacional.(Franch Leon & Guerra Bretaña, 2016)

La certificación, sin embargo, solo garantiza que la empresa está aplicando los parámetros de estandarización, no necesariamente garantiza que el producto final es de alta calidad. En un estudio realizado en Colombia por (Delgado Moreno & Rueda forero, 2019), se concluyó que:

“Aunque la certificación ISO 9001 presenta mejoras en algunos aspectos, según algunos estudios presentados en este artículo, se observa —en el caso estudiado— que al medir la calidad con respecto a defectos encontrados en el proceso y procedimientos, éstos no presentaron calidad de competencia mundial, A pesar de estar certificados con ISO 9001, lo cual indica que se deben implementar técnicas que mejoren la calidad de los procesos de la organización —aun cuando los procesos estén controlados por la norma ISO 9001— y fortalezcan la incidencia en la calidad de la implementación de la norma ISO 9001.”

3.6.1 CALIDAD EN INGENIERÍA Y PRODUCTO

La calidad asociada con un producto es considerada una de las primeras instancias históricas del concepto de calidad. La calidad orientada a los productos está directamente asociada con la inspección y auditoria de los productos finalizados. Esta labor se limita a la comprobación, generalmente visual, de que las piezas y productos están de acuerdo con especificaciones previamente establecidas. En caso de cumplir con el estándar, se procede a desechar o retrabajar el producto. En su versión más simplificada, no contiene entonces elementos preventivos ni planes de mejora.(Camisón Zornoza *et al.*, 2011).

La mejora de este sistema inicial de calidad requiere de la implementación de métodos objetivos de verificación de parámetros de calidad y la eliminación de trabajo individuales centralizados. Esto quiere decir que el trabajo y el producto pueden obtener mejor calidad en su resultado cuando se aplican diversos filtros de calidad objetivos y estandarizados.

3.6.2 MEJORA CONTINUA

La mejora continua de la calidad de un producto o una empresa se da naturalmente, puesto que cualquier negocio competitivo buscar cómo ser el mejor. Ya que la calidad está directamente ligada con cierto estándar de mejor o peor, se puede intuir que la continua mejora de calidad es algo que nace por sí misma. Sin embargo, la mejora continua como disciplina, según (González Gaya *et al.*, 2013), tiene diferentes enfoques proporcionados por pioneros de la calidad. Los enfoques son las teorías de Deming, Juran y Crosby.

Los tres enfoques brindan distintos puntos de vista acerca de que prácticas en una empresa garantizan la mejora continua del producto. Debido a que el objetivo final es común, los tres enfoques tienen algunos puntos similares, como la involucración de todo el personal o empleados en la práctica constante de la mejora de calidad.

La mejora continua es una práctica de gran importancia para las empresas de fabricación o manufactura masiva, ya que siempre se pueden encontrar maneras de optimizar procesos complejos. Especialmente en manufactura no automatizada, en la que el proceso depende de operadores de línea, es de suma importancia contar con cursos, talleres o charlas que fomenten la mejora continua y la auto auditoría.

3.6.3 LAS 5S

Las 5S se refiere a sistema japonés diseñado para incrementar la productividad y la organización en cualquier institución que se desee implementar. Las 5S están basadas en 5 palabras japonesas que inician con las letras S: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke.



Ilustración 17: Las 5 S

Fuente:(Perez Gomez & Barrantes Verdin, 2020)

Según (Perez Gomez & Barrantes Verdin, 2020), las 5S se definen de la siguiente forma:

“Seiri (seleccionar) significa retirar de nuestra área de trabajo todo lo que no necesitamos para realizar nuestras operaciones productivas.

Seiton (organizar) es ordenar los artículos que necesitamos para facilitar su uso e identificación en forma adecuada para localizarlos y, posteriormente, regresarlos a su lugar de origen.

Seiso (limpiar) quiere decir mantener en buenas condiciones nuestro equipo de trabajo y conservar limpio nuestro entorno.

Seiketsu (estandarizar) es definir una manera consistente de llevar a cabo las actividades de selección, organización y limpieza.

Shitsuke (seguimiento) es crear las condiciones que fomenten el compromiso de los miembros de la organización para formar un hábito con las actividades relacionadas con las 5S”

Al aplicarse cada uno de estos conceptos en las áreas de trabajo, se reducen todas las posibles limitantes de productividad y se crea un mejor ambiente de trabajo. El orden y el estandarizado evita que se produzcan errores subjetivos por los empleados, ya que se auxilian de los procesos estandarizados proporcionados por la empresa o institución.

3.6.3 TOLERANCIAS

En cualquier proceso de manufactura los ingenieros pueden encontrarse con circunstancias en las que las magnitudes o dimensiones previstas no son las reales. Esto es algo completamente normal ya que diversas técnicas de fabricación tienen distintos resultados. Sin embargo, con el propósito de mantener la calidad de cualquier proceso, se debe contar con tolerancias de magnitudes.

Cuando un proceso o característica se evalúa a precisión, es muy difícil encontrar dos piezas idénticas. Dependiendo del uso que tendrán los productos, si se encuentran dentro de ciertos parámetros aceptables, estos siguen siendo útiles. A esto se le conoce como una tolerancia. La producción sin tolerancias resulta un proceso complicado, ya que, si se aplica una precisión excesiva, en el mundo real se termina con muy poco producto cumpliendo la norma. Por otro lado, con precisión ambigua, el estándar de calidad caería muy bajo debido a la alta discrepancia entre resultados. La tolerancia es entonces la conceptualización de un resultado aceptable, es decir, dentro de los parámetros útiles de un proceso. (Escamilla Esquivel, 2014).

IV. DESARROLLO

En el siguiente capítulo se detallarán todas las actividades desarrolladas semanalmente durante el periodo de 10 semanas correspondientes a la práctica profesional. Todas las siguientes actividades sirven como referencia de las responsabilidades de un Ingeniero de Producto en Lear Green Valley.

4.1 SEMANA 1: INDUCCIÓN A LEAR GREEN VALLEY

Durante la primera semana, se llevó a cabo la inducción a la cultura empresarial de Lear. Debido al contexto temporal en el que sea realizo la práctica profesional, parte de la inducción incluyó una introducción a las actividades laborales de la mano con la bioseguridad. Teniendo en cuenta que Lear Green Valley emplea a miles de empleados, es vital que todos los empleados tengan un conocimiento básico de las medidas de bioseguridad.

La inducción también incluyó un recorrido por toda la planta y oficinas de Lear Green Valley. La infraestructura de GV consta de tres plantas de producción, alas de oficinas administrativas, salas de conferencias, almacén, entre otros. Se impartió un curso general de las practicas realizadas por los operadores en cada una de las diferentes áreas de la planta de producción, desde los cortes de circuitería en el área de Lead Prep hasta los ensamblajes finales de cada arnés, incluyendo todo el proceso de enrutamiento, encintado, dimensionado, y las pruebas eléctricas que lleva cada producto.



Ilustración 18: Tablero de Construcción

Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se muestra un ejemplo de los tableros que fueron mostrados en la inducción, donde se mostró de qué manera trabajaba un operador común en el proceso de encintado y dimensionado un arnés eléctrico.

A pesar de ir al área de Ingeniería, específicamente Ingeniería de Producto, se explicó la importancia de conocer de manera general todas las áreas involucradas en la fabricación de arneses, ya que diferentes áreas trabajan directa e indirectamente con los Ingenieros de Producto. Las áreas que trabajan directamente con Producto son: Ingeniería de Métodos e Ingeniería de Calidad Avanzada (APQP). Para cada arnés eléctrico que se fabrique en Lear se asigna un representante de cada uno de estos tres equipos y se le conoce como el equipo multifuncional del respectivo arnés considerado. Para que el equipo multifuncional pueda realizar un trabajo adecuado, es importante que todas las partes involucradas puedan identificar las responsabilidades compartidas e individuales. Otras áreas de importancia que trabajan indirectamente con Ingeniería de Producto son los Supervisores de Materiales, Lideres de Calidad de Piso, Ingenieros de Manufactura y los analistas financieros.

4.2 SEMANA 2: INTRODUCCIÓN A INGENIERÍA DE PRODUCTO

La segunda semana en Lear GV fue una introducción al área específica de un ingeniero de producto y la adquisición de todo el equipo y software necesario para realizar las labores respectivas.

Se aprendió a utilizar la plataforma SEM para poder realizar la búsqueda de todos los números de parte necesarios en un arnés. Esto va desde cada componente en sí, hasta su circuitería, insulación y otras partes del arnés. Con esta plataforma también se hace una referencia cruzada para poder ver las especificaciones para cada componente, desde el proveedor hasta el cliente.

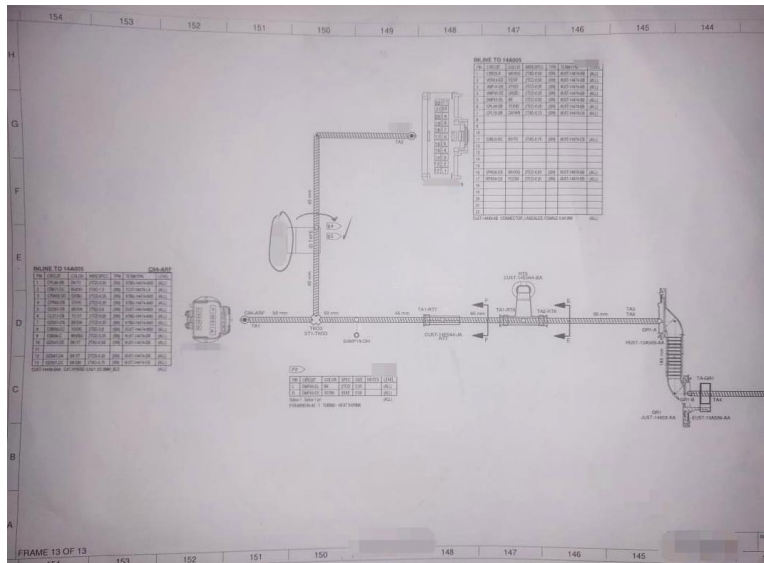


Ilustración 19: Plano de Construcción de Arnés Eléctrico

Fuente: Elaboración propia

Como se describió brevemente en la descripción de la unidad, un ingeniero de producto de Lear GV trabaja en gran parte con planos de partes y arneses eléctricos. Por lo tanto, fue de mucha importancia en esta semana confirmar que se pudiera interpretar correctamente todas las partes del plano, así como la comprensión de la importancia de cada sección. Los planos con los que se trabaja provienen de Ford y contienen información valiosa que debe ser interpretada por el Dpto. de Producto, ya que es información competente para diferentes áreas de la empresa. La información que se verifica en cada plano incluye toda la simbología y leyendas que ayuden a su interpretación, las tablas de circuitería, las cuales determinan las rutas de todos los circuitos y muestran procesos especiales como circuitos trenzados y blindados.

Se aprendió a interpretar correctamente también las tablas de insulación, las cuales muestran todas las capas de cinta, tubería y otros materiales que ayudan a proteger la circuitería del arnés. Agregando a los planos de arneses, se trabajó conociendo y validando distintos DCR proporcionados por los clientes, verificando que se los cambios especificados se encuentren detallados correctamente, de modo que producto pueda exponer los cambios al equipo multifuncional a través de los canales necesarios.

Se trabajó en conjunto con los drafters para comprender la dinámica de trabajo que se necesita en distintas actividades como el Teardown, los MVA y solicitudes de cambio de diseño por DCR de un plano eléctrico.

4.3 SEMANA 3: TEARDOWNS Y ASIGNACIONES

En la siguiente semana se realizaron validación por medio de Teardown a diversos arneses eléctricos. Con la ayuda de un representante del departamento de materiales y un drafter, se realiza un Teardown, el cual es el proceso de desmontar por completo un arnés para verificar distintos parámetros del arnés. Con esta técnica, se verifica que todos los procesos especiales de encintado estén presentes a especificación del cliente; se verifica que las cantidades contabilizadas previamente para el arnés sean las mismas que se usan físicamente en el proceso de producción. Cualquier discrepancia entre el listado de materiales para el arnés y la cantidad real de material utilizado en el arnés debe ser notificada para realizar las acciones correctivas necesarias.

Los reportes de los Teardown necesitan ser comparados con el reporte diario de los componentes de un arnés, el cual es conocido como el formato 13.6 de la base central "QAD" de información en Lear GV. Este reporte debe mostrar las discrepancias encontradas y debe ser validado por el drafter, el representante de materiales presente en el proceso y por un representante del departamento de finanzas.

Esta información pasa a ser documentada y evaluada por diferentes jerarquías de la empresa a través de un BCN. Al crear un BCN, fue necesario la obtención de la aprobación de todos los interesados para el ajuste del listado de materiales utilizados físicamente en el arnés.



Ilustración 20: Teardown de Arnés

Fuente: Elaboración propia

Este proceso es necesario para todos los arneses fabricados en Lear GV. Es un filtro de calidad que debe ser realizado por los Ingenieros de Producto ya que son los especializados en todos los detalles y especificaciones del plano completo de cada arnés. El proceso de Teardown para un arnés, dependiendo de su tamaño, puede tomar varios días en realizarse. En esta semana también se realizó la distribución de arneses para las próximas fases en los respectivos programas CX430, C727 y U55 para los ingenieros.

4.4 SEMANA 4: MAYORES CONTRIBUYENTES

Parte de las labores de un ingeniero de producto incluye formar parte de las practicas mejora continua y compromisos de calidad que se cumplen en la empresa. A diario, el equipo de Producto junto con el equipo Multifuncional recibe reportes de las líneas de producción mayores contribuyentes en defectos. Los ingenieros representantes de cada arnés eléctrico deben juntarse para caminar en las líneas de producción, analizar la raíz del problema y proponer acciones correctivas.


REPORTE DE DESEMPEÑO DE PIEZAS PRODUCIDAS VRS PIEZAS DEFECTUOSAS (IPPMs)										
CX430		UNIDAD GREEN VALLEY								
UBT	QTY Defect	Production	IPPM's	Circuitos Cruzados	ckt faltante	Conector Quebrado / Dañado	Terminal No Acentada TNA	Descripcion de Otros Defectos	TOTAL DE OTROS DEFECTOS	Totales
702-1			#DIV/0!							
709-2			#DIV/0!							
709-1			#DIV/0!							
705-6			#DIV/0!							
711-3			#DIV/0!							
706-3			#DIV/0!							
711-4			#DIV/0!							
705-4			#DIV/0!							
701-2			#DIV/0!							
702-2			#DIV/0!							
708-2			#DIV/0!							
Total Turno A	0	0	#DIV/0!	0	0	0	0	0	0	0

Ilustración 21: Reporte de Líneas Contribuyentes en Defectos

Fuente: Elaboración propia

Durante la cuarta semana, los ingenieros in fieri estuvieron presentes en las reuniones de calidad (Reuniones QWR) en las que se presentaban los defectos y las acciones correctivas de las mismas. A esta reunión asisten los supervisores de calidad, mantenimiento e incluso los Gerentes de Operaciones y de Manufactura de la planta asignada.

En las caminatas de mayores contribuyentes, se aprendió la importancia de la manera profesional de tratar con los operadores de las líneas. Esto es debido a que en Lear GV, las metas de producción se alcanzan a través de la motivación a los operadores y la constante aplicación de técnicas de mejora continua. Cada caso es diferente y es responsabilidad de los ingenieros identificar correctamente las acciones que pueden beneficiar a los operadores para que los errores humanos puedan ser minimizados.

Se realizaron acciones correctivas para cada uno de los defectos contribuyentes injustificables presentados durante la semana. Con la ayuda del equipo de Métodos y Manufactura, se realizó el

análisis de las líneas de ensamble que permitan la reducción de defectos y el cumplimiento de las especificaciones de plano.

Esta complementación de equipo mostró ser de gran importancia, ya que mientras que manufactura velaba por la eficiencia del operador, métodos veló por posibilidad de ejecución correcta de los procesos y, a su vez, producto veló por el cumplimiento y desglose de las instrucciones del plano de ensamble maestro.

Las acciones correctivas fueron presentadas por el equipo multifuncional a los líderes de las áreas respectivas en cada reunión QWR. Las acciones incluyeron movimientos y redistribución de estaciones de ensamble, apoyo con ayudas visuales, seguimiento de cumplimiento de actividades a operadores carentes de habilidad, entre otros.

4.5 SEMANA 5: HOJAS DE CORTE

Durante la quinta semana, se aprendió a realizar y evaluar uno de los documentos más importantes para la producción de arneses en la planta de Lear GV: la Hoja de Corte. Las hojas de corte son realizadas por los Ing. De Producto utilizando información proporcionada por el plano, los Ing. De Métodos y los drafter. En la hoja de corte se detalla la información finalizada y aprobada por todo el personal necesario con respecto a los componentes de un arnés, así como su número de parte interno, el detalle de componentes como camisas de calor y las longitudes en las que se necesitan los circuitos en el arnés.

Las hojas de corte son entonces el formato que brinda instrucciones al área de Lead Prep para fabricar los circuitos necesarios para el área de ensamble del arnés. Las hojas de corte deben ser renovadas cada vez que se identifiquen oportunidades de mejora en la línea de producción, principalmente cambios de longitudes de mangueras y circuitos.

En el proceso de hojas de corte, se aprendió a realizar ayudas visuales con respecto a los procesos de circuitos trenzados, circuitos unidos por camisas de calor, blindados, entre otros. Estas ayudas visuales son generadas a través del software VAIDS, al cual se importa la información de una LMI. Las ayudas visuales deben ser aprobadas por el representante de Producto y de Calidad Avanzada

de un arnés. Posteriormente se envían a los líderes de Lead Prep, en donde se utilizarán las ayudas visuales.

Las ayudas visuales son representaciones graficas de procesos especiales de circuitos. El equipo de ingenieros de producto fue responsable de entregar las imágenes que muestras splices, trenzados y otros procesos que se deben llevar listos al área de ensamble de la planta. Estas ayudas visuales son diseñadas por Producto y detallan la información de las dimensiones críticas en cada proceso, cantidad de material necesitado, longitudes, números de parte y mucho más.

**DEPTO. INGENIERIA DE PLANTA
MODIFICACION DE HOJA DE CORTE**

DE PARTE: _____
 E.C.R.: _____
 REVISION: 02

MODIFICADO POR: Luis Diego Flores
 PROGRAMA: CX430

g / Circuito No.	Proceso Original	Tubing Nuevo / Proceso Nuevo	Condición Original	Condición Nueva	Disposición del Material Anterior	Comentarios
886-DB	S4886	S4886	735	730	Hasta Agotar	Cambio de Longitud (-5
886-DC	S4886	S4886	720	715	Hasta Agotar	Cambio de Longitud (-5
347-DB	S4D347-B	S4D347-B	720	725	Hasta Agotar	Cambio de Longitud (5

Fam. Interna
HOJA DE CORTE PARA CX430 MY2021

Datos Actualizada Si N/A
 SMED Actualizada Si N/A

24/10/2020
 Vo.Bo. Ingeniero de Metodos
 24/10/2020
 Vo.Bo. Ingeniero de I

Ilustración 22: Portada de Hoja de Corte

Fuente: Elaboración propia

En la ilustración se muestra la portada de una Hoja de Corte diseñada por uno de los ingenieros de producto realizando su práctica profesional. En la porta se muestra información importante acerca de la disposición del material que se está reemplazando. En caso de ser un arnés nuevo, se realiza una hoja de corte que no muestre disposición de material anterior.

Las hojas de corte se componen entonces de una portada descriptiva que muestre las firmas del equipo que evaluó la mejora, ayudas visuales, hojas WLL y TLL en los casos necesarios y otras tablas dimensionales de interés para la planta. Este proceso es aprobado por el equipo de calidad avanzada y posteriormente es responsabilidad del equipo de Control de Documentos la

clips y retenedores están con las vistas correctas y que todas las dimensiones están de acuerdo con las especificaciones de plano.

Finalmente, se completa un reporte en el cual el equipo presente en la validación certifica que una serie de piezas tomadas al azar de la línea de producción se encuentran con cero defectos y son certificadas por cumplir con los estándares de calidad que exige el plano. Este reporte es evaluado por los responsables de manufactura de la línea y es aprobado por las autoridades de Calidad Avanzada, Métodos y Producto. En la siguiente imagen se muestra un reporte de validación por personal nuevo con evidencias de un ensamblaje erróneo.

Product Validation REPORT

Date: 12-Nov-20

Program: CX420

Team Members: Lulu Flores / Producto



WH Package: [Redacted]

Name/Dept: German Dubon / APQP

Phase: [Redacted]

WH Part Number: [Redacted]

UBT: [Redacted]

Item	Issue	Action	Responsibility	Due Date	Disposition
1	Clip RT52 ensamblado sobre RT21	Sortear/Retrabajar	Manufactura	/	TBD
2					
3					
4					
5					
6					

XBD
ASISTENTE 148046320 002
FoMoCo
HONDURAS NOROCC 19/07/20 18:21 181 704-1
XBD

Ilustración 24: Reporte de Validaciones.

Fuente: Elaboración propia

Este reporte es evaluado por los responsables de manufactura de la línea y es aprobado por las autoridades de Calidad Avanzada, Métodos y Producto. En la siguiente imagen se muestra el equipo multifuncional haciendo uso del plano y ayudas visuales para la toma de datos del reporte de validaciones.



Ilustración 25: Validación de arnés

Fuente: Elaboración propia

4.7 SEMANA 7: CAMBIOS DE FASE

En la séptima semana se realizaron diversos preparativos para cambios de fase de producción en la planta. Las fases de producción de arneses en Lear se pueden simplificar en fases de prototipaje, de producción normal y en procesos de postproducción. Al momento de realizar la práctica profesional, la planta se encontró dentro de las fases MP1 y MP2, las cuales son fases de producción normal de arneses. En otras palabras, durante la realización de la práctica profesional los ingenieros de producto realizaron trabajos y actividades correspondientes a la producción general de arneses. Sin embargo, se realizaron los preparativos para los cambios a siguientes fases. Entre cambios de fase, se van contemplando diferentes cambios que los diseñadores de los clientes requieren para la construcción de arneses. Estos cambios pueden ser ya sea por mejora de procesos existentes o cambios concretos que involucran componentes nuevos y obsoletos.

En esta semana se evaluaron distintos DCRs enviados por los diseñadores de Ford para poder evaluarlos y generar diversos estudios de interés para la planta. En un DCR se debe denotar de manera explícita que cambios va a recibir el producto. Con uno o más DCRs aprobados para un arnés, los ingenieros de producto pudieron realizar DCNs en los cuales notificaban al equipo multifuncional y otras personas de interés que cambios se estarían realizando en el arnés.

Se realizaron presentaciones que mostraban los cambios anticipados para las siguientes fases de producción. En la siguiente imagen se muestra un ejemplo de un plano marcado, es decir, un DCR que fue evaluado durante esta semana.

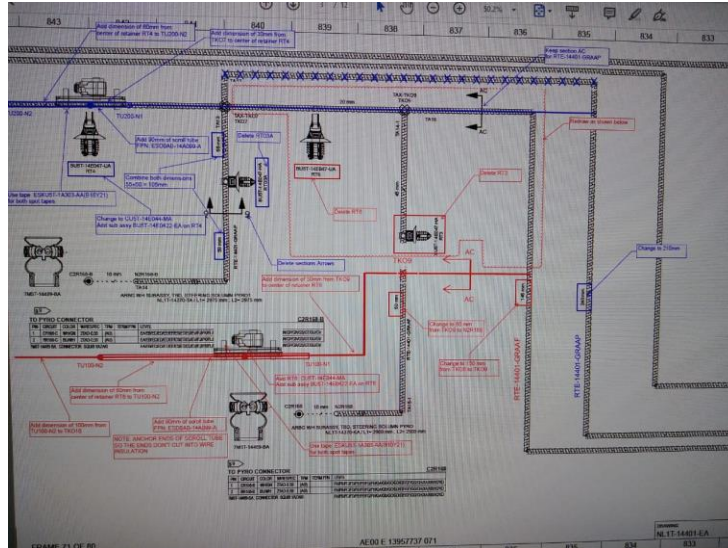


Ilustración 26: Análisis de DCR

Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la figura anterior, un plano puede llevar grandes cantidades de cambios. Considerando que cada arnés puede tener diferentes derivaciones o niveles de diseño y que cada ingeniero de producto debe estar al tanto de varios arneses, es de gran importancia mantener todos los cambios de interés en archivos actualizados. En la siguiente figura se muestra el proceso de elaboración de una presentación que sintetiza los cambios esperados en los arneses y las acciones requeridas para la implementación de dicho cambio. En el ejemplo se muestra que se presentó un cambio dimensional en el arnés, por lo tanto, se determinó que se debe trabajar en conjunto con el equipo de Ingeniería de Métodos para mover las fixturas de los tableros de acuerdo con las nuevas dimensiones. Debido a ese movimiento, se realizó una nueva WLL que refleje los cambios dimensionales en los circuitos y se determinó que se debía realizar un nuevo Labour Report para confirmar los costos de producción por tiempo para el nuevo diseño.

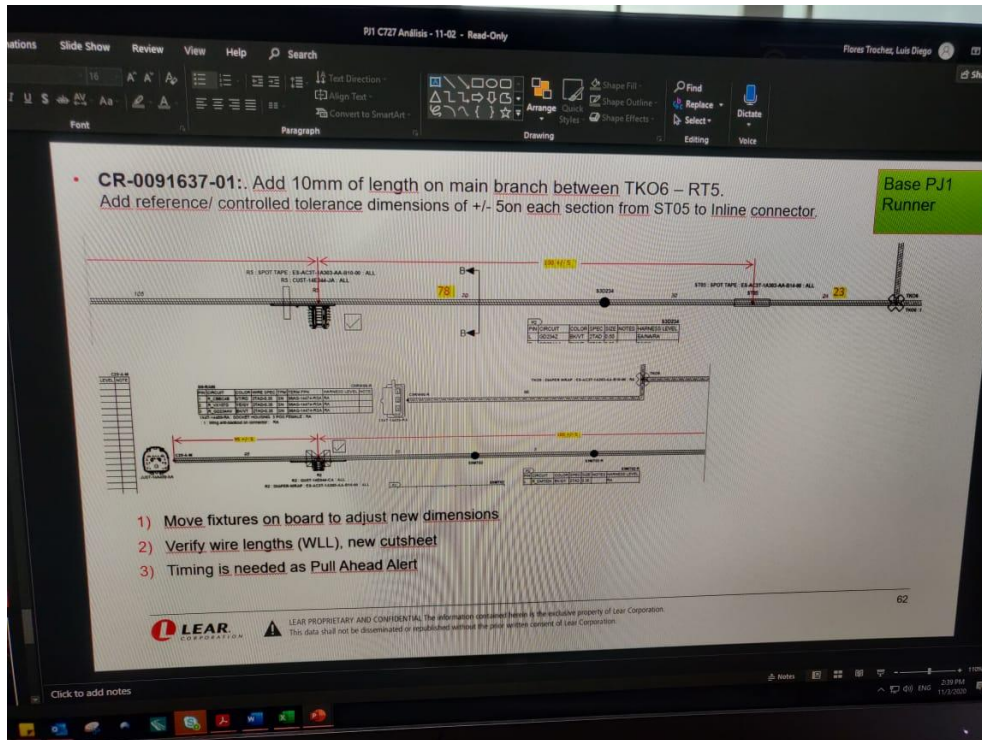


Ilustración 27: Presentación de Cambios.

Fuente: Elaboración Propia

Una vez que los DCR han sido aprobados, el diseñador envió planos nuevos, a los cuales se les realizó el proceso de MVA. En el MVA, los ingenieros de producto deben tener acceso al plano actual del arnés, a los planos de DCR y al plano nuevo. Estos recursos son necesarios ya que se debe verificar que el plano nuevo contenga solamente los cambios mostrados en los DCRs. Una vez que se confirmó que los DCRs estaban reflejados en el plano nuevo, se compara el plano nuevo contra el actual para verificar que toda la información que no cambio en un DCR sigue intacta. Este fue un proceso muy meticuloso ya que se debe confirmar absolutamente toda la información que se encuentra en el plano, hasta el más mínimo detalle.

4.8 SEMANA 8: LABOUR REPORT Y BOM

Una vez que las fases siguientes han sido confirmadas para distintos arneses, es responsabilidad del ingeniero de producto llevar un control completo del arnés. Esto incluye el manejo total de todos los componentes que lleva el arnés, especialmente si este va a sufrir cambios debido a

DCRs. Por lo tanto, es responsabilidad de Ingeniería de Producto generar reportes de mano de obra y BOMs.

En el BOM, el ingeniero de producto utiliza herramientas de software proporcionadas por Lear y la ayuda de Drafters para generar listados de todos los componentes y materiales que están presentes en el arnés, así como su cantidad y la unidad en la que se cuantifica. Para el caso particular en que se encontraron los Ingenieros Practicantes, en un arnés existente no sea realiza un BOM inicial. En su lugar, se debe reportar una modificación de este, así como se muestra en la siguiente ilustración.

LEAR CORPORATION

MODIFICACION DE LISTA DE MATERIALES

No. de Parte: [REDACTED] Revisión: [REDACTED]
 Programa: [REDACTED] Familia: [REDACTED]
 CN / ECR: [REDACTED] Fecha de Modificación: [REDACTED]
 Fase: [REDACTED]

SALEN		ENTRAN	
NIVEL	Cust Pn.	GPN	
1	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
2	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

Preparado por: Jose David Perdomo Verificado por: ANALISIS FINANCIERO Aprobado por: GTE MATERIALES
 ING PRODUCTO

Aprobado por: SUPERVISOR ING. DE PRODUCTO Aprobado por: GTE CONTABILIDAD

Anexo I
 IL05-108. Rev10

Ilustración 28: Formato de Modificación de BOM

Fuente: Elaboración propia

El BOM y sus modificaciones es un documento de suma importancia, ya que un error en este puede generar consecuencias graves. Entre ellas, el departamento de Materiales de la empresa podría solicitar más inventario de un material que Producto no notificó que estaría obsoleto para un arnés, lo cual sería una pérdida considerable de dinero tomando en cuenta que se trata de componentes que se producen en masa. Por otro lado, existe la posibilidad de iniciar la fabricación de un arnés con cambios y no contar con la cantidad suficiente de componentes ya que no se reportó adecuadamente.

En el *Labour Report*, se desglosa el tiempo que toma que operación realizada en las líneas de ensamblaje del arnés, por muy pequeña que sea. Las operaciones se consideran en valores de minutos y se presentan desglosadas por cada segmento de cada subestación de la línea de producción. Este reporte, al igual que el BOM, es crucial para el arnés. Con la ayuda de este reporte se realiza el cobro al cliente de la manera adecuada. Al igual como se menciona con el BOM, es responsabilidad del Ingeniero de Producto validar contra plano que todas las operaciones mencionadas están debidamente marcadas y con su tiempo correspondiente. De esta manera se garantiza que el arnés está valorado en el monto correcto que deberá pagar el cliente.


LABOUR REPORT						
		No. de Parte:		Revision:		
		Programa:		Familia:		
		CN / ECR:		Fecha de Modificación:		
		Fase:				
COMENTARIOS						
		OPERACIONES				
ITEM	GPN	CPN	5	20	35	PROD LINE
1						
2						
Preparado por: <u>Jose David Perdomo</u>		Verificado por: _____				
ING PRODUCTO		ANALISIS FINANCIERO				
Aprobado por: _____		Aprobado por: _____				
SUPERVISOR ING. DE PRODUCTO		GTE. DE CONTABILIDAD				

Ilustración 29: Formato Labour Report

Fuente: Elaboración propia

4.9 SEMANA 9: IMPLEMENTACIÓN INMEDIATA / ALERTAS

En las semanas anteriores los practicantes lograron evaluar DCRs para estudiar la factibilidad de un cambio programado. Los DCRs son cambios programados para las próximas fases de manufactura, sin embargo, estos no pueden ser implementados de manera inmediata en los arneses que ya se encuentran en producción. Para un cambio inmediato, es necesario que el cliente proporcione una alerta. Una alerta es un documento firmado por las autoridades competentes del cliente, y autoriza a los fabricantes de arneses a implementar un cambio de manera inmediata, sin necesidad de esperar hasta la próxima fase de manufactura.

Se procedió a la capacitación del personal para la implementación de este cambio, haciendo especial énfasis en la verificación propia de la presencia del nuevo conector. De igual forma, se hizo hincapié en el tipo de cinta y encintado para garantizar que el producto terminado cumpliría con los requerimientos específicos solicitados por el cliente mediante la alerta.



Ilustración 31. Entrenamiento de cambio por alerta a personal de manufactura.

Fuente: Elaboración propia

Una vez el entrenamiento concluyó con éxito y fue implementado en la línea de producción, el último paso fue la validación de producto. Para este fin, se reunió el equipo multifuncional para validar el arnés producido y garantizar que este contenga el cambio solicitado en la alerta de cliente. La validación de producto fue un éxito, es decir la alerta se implementó en la línea de producción con éxito y cumplió las expectativas y nuevas exigencias del cliente.

4.10 SEMANA 10: AML, PPAP Y CAMBIOS PROGRAMADOS

Durante la semana 7, los practicantes tuvieron la oportunidad de experimentar el cambio de fase de los arneses que ya se encontraban en producción normal. Durante la semana 10, se llevó a cabo el cambio de fase para los arneses del año modelo 2022. Si bien estos arneses aún no se encuentran en producción masiva, se producen muestras en base a los distintos planos planteados por el cliente, y el mismo prueba la factibilidad y efectividad de estos.

Durante este proceso el cliente libera DCRs con los cambios solicitados para la siguiente fase y los ingenieros de producto estudian la factibilidad de implementación para estos cambios basándose en la dificultad del cambio y en la disponibilidad del nuevo material si se necesitara. Una vez el ingeniero de producto ha confirmado la factibilidad de implementación, se procede a identificar todos los materiales nuevos e incluirlos en el AML.

El AML consiste en una tabla de datos ordenados con los números de parte que salen, y los que los reemplazan. Este registro se lleva para pedir el material nuevo con suficiente anticipación y evitar paros de línea por falta de material. Para este fin el ingeniero de producto identifico el CPN y busco el GPN equivalente, que es el utilizado por el sistema de Lear. La plataforma utilizada para este fin fue SEM

Una vez se identificó el GPN, se llenó el formato de AML con el GPN saliente y el entrante; y las familias afectadas por este cambio. Se debe incluir la cantidad específica de material necesitado y su unidad de medida correspondiente. Posteriormente, esta información fue enviada al departamento de materiales para el cálculo del volumen anual en planta y su proceso de compra.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Advanced Material Lease										
DCR	Obsolete	New	Description	Type	Unit of measure	Supplier	SPN	CPN	Quantity	Affected family
45	E01256981	E00653479	Tie Strap	Retainer	Each	Hellerman Tyton	114-5212	EU5T-12154-ABA	5	14290

Ilustración 32. Formato de AML

Fuente: Elaboración propia

Una vez se creó el AML completo, se procedió a realizar el PPAP. Este es un documento que se le entrega al departamento de desarrollo de proveedores en Estados Unidos, y servirá para negociar los precios de cada componente para el futuro. Para este fin, los practicantes realizaron un PPQR en el que se detalló el volumen anual de los componentes (obtenido del departamento de materiales) y se envió para su posterior aprobación por SEM.

Una vez se obtuvo el número de PPQR aprobado, se incluyó este junto con el número de PO y toda la información correspondiente de los proveedores de cada componente nuevo. Cuando se obtuvo el PPAP completo, se envió para su aprobación. Durante esta etapa también se recibieron

nuevos planos de arneses, en los que ya se incluían todos los cambios introducidos por medio de DCRs y serian implementados en el próximo arranque de febrero.

4.11 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

A continuación, se muestra un cronograma con las actividades realizadas como ingenieros de producto en las correspondientes 10 semanas de práctica profesional.

Descripcion de Actividad	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5
Induccion de Cultura Lear GV	■				
Recorrido General	■ ■ ■				
Induccion de Actividades de Operación		■ ■ ■ ■			
Induccion a Equipo de Producto			■		
Busqueda de Componentes en SEM			■		
Busqueda de Planos de Componentes			■ ■		
Lectura de Planos			■ ■ ■ ■		
Asignacion Inicial de Arnese				■	
Teardowns				■ ■	
Reporte de Teardown					■
BCN					■
Reuniones QWR				■	
Caminatas de Defectos				■ ■	
Acciones Correctivas					■
Presentacion de Soluciones					■
Carga de WLL					■
Creacion de Familias en QAD					■
Analisis de Comparacion de Cambios					■ ■
Generacion de Ayudas Visuales					■ ■
Control de Documentacion					■

Ilustración 33: Cronograma de Actividades Semana 1-5

Fuente: Elaboración propia

Descripcion de Actividad	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10
Liberacion de Arnese para Validacion	■				
Comparacion de Circuiteria	■	■			
Comparacion de Insulacion		■	■		
Dimensionado de Arnes			■		
Entrega Final de Arnes Validado			■		
Generacion de Reporte de Validacion		■	■		
Presentacion de Cambios de Cliente			■		
Evaluacion de DCRs			■	■	
Presentacion de Cambios al Eq			■		
DCN			■		
Liberacion de Planos Nuevos para MVA			■	■	
Identificacion de Procesos y Componentes				■	
Analisis de Costos y Tiempos				■	■
Desarrollo de BOM					■
Reporte de Labores (Labour)					■
Evaluacion de Alerta					■
Inspeccion de Riesgos					■
Control de Documentacion					■
Implementacion Inmediata					■
Busqueda de Numeros PO					■
Realizar PPQR					■
Filtro de Materiales Miscelaneos					■
Entrelazar GPN-CR-PPQR					■

Ilustración 34: Cronograma de Actividades Semana 6-10

Fuente: Elaboración propia

Las actividades mostradas en el cronograma muestran el progreso de la formación de un ingeniero de producto capaz de asumir las responsabilidades del cargo. Durante las diez semanas de desarrollo, el departamento de Ingeniería de Producto logró resumir las labores con el propósito de dar una formación completa dentro del rango de tiempo proporcionado para la práctica profesional.

Sin embargo, estas actividades generalmente se presentan en distinto orden en el día a día de un Ingeniero de Producto. Esto se debe a que la carga laboral de cada ingeniero es de varios proyectos o varios arneses.

V. CONCLUSIONES

En base a las experiencias obtenidas durante la práctica profesional en Lear Corporation podemos concluir que:

- La industria de la manufactura automotriz es un negocio bastante delicado y se debe tener total concentración. Un error mínimo podría significar la pérdida de miles de dólares en fabricación y en casos extremos, puede incluso costar las vidas de los clientes.
- Un ingeniero de producto debe contar con una base considerable de conocimiento de dibujos y planos de ensamble en la elaboración de arneses eléctricos. Para el diseño de un arnés eléctrico, se debe estudiar detenidamente su aplicación para garantizar la correcta elección de componentes y evitar un deterioro acelerado, o problemas de calidad.
- La segmentación de un proceso de manufactura garantiza una mejor detección de errores, en donde cada departamento actúa como un filtro individual. Los ingenieros de Producto en Lear GV forman parte de diversos filtros de calidad a través de validaciones y acciones correctivas para cada uno de los defectos que puedan presentarse en las líneas de ensamble.
- La incorporación de prácticas de mejora continua garantiza un producto terminado en perfecto estado y minimiza el riesgo de reclamos futuros. Esto promueve el compromiso de calidad en diversas áreas de una planta de fabricación.
- Los ajustes por reportes de desmontajes son esenciales en el rubro automotriz, pues el cálculo de materiales es ineficiente por la variabilidad del factor humano.
- Las líneas de producción deben ser capaces de adaptarse rápidamente a un cambio constante, pues la incapacidad de realizar este cometido resultaría en pérdidas inmensurables para la productividad y calidad del producto terminado.

VI. RECOMENDACIONES

Como recomendaciones especiales para la empresa, se encuentran los siguientes puntos:

- Implementar mejores mecanismos de comunicación interdepartamental para garantizar encontrar los errores y corregirlos antes de impactar en las líneas de producción.
- La implementación de un manual concreto de entrenamiento para personal nuevo que incluya su rol en la matriz de jerarquías y responsabilidades.
- Incorporación de un proceso de muestreo de materiales, en donde el nuevo personal pueda ver físicamente los componentes que está implementando y sus diferencias (terminales, forros de cable, clips).
- Entrenamiento más profundo al personal de primera línea, para garantizar una distribución uniforme y estandarizada de las cintas.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, E., & Raucent, B. (1994). *Economic Comparison of Wire Harness Assembly Systems*.
[https://doi.org/10.1016/0278-6125\(94\)90035-3](https://doi.org/10.1016/0278-6125(94)90035-3)
- Alexander Servat, A. G. (2005). *Calidad: Metodología para documentar en ISO 9000 versión 2000*.
Prentice Hall.
- Alizon, F., Shooter, S., & Simpson W., T. (2009). *Henry Ford and the Model T: lessons for product
platforming and mass customization*. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2009.03.003>
- Becker, C., & Scholl, A. (2006). *A survey on problems and methods in generalized assembly line
balancing*. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.07.023>
- Berger, M. L. (2001). *The Automobile in American History and Culture: A Reference Guide*. Greenwood
Publishing Group.
- Billsdon, R., & Wallington, K. (1998). *Wiring harness design can a computer help?*
<https://doi.org/10.1049/cce:19980403>
- Boylestad, R. L., Mendoza Barraza, C., Cera Alonso, J. de la, Suárez Fernández, A., Sánchez García, J. C., &
Duchén Sánchez, G. (2004). *Introducción al análisis de circuitos*.
<https://elibro.net/ereader/elibrodemo/85338>
- Boylestad, R. L., & Nashelsky, L. (2018). *Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*.
Pearson.
[http://ezproxybib.pucp.edu.pe:2048/login?url=http://www.ingebook.com/ib/NPcd/IB_BooksVis
?cod_primaria=1000187&codigo_libro=8238](http://ezproxybib.pucp.edu.pe:2048/login?url=http://www.ingebook.com/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=8238)
- Brebu, M., Vasile, C., Antonie, S., Chiriac, M., Precup, M., Yang, J., & Roy, C. (2000). *Study of the natural
ageing of PVC insulation for electrical cables*. [https://doi.org/10.1016/S0141-3910\(99\)00114-7](https://doi.org/10.1016/S0141-3910(99)00114-7)
- Camisón Zornoza, C., González, T., & Cruz, S. (2011). *Gestión de la calidad: Conceptos, enfoques, modelos
y sistemas*. Pearson Educación.

- Chan, C. (2012). THE RISE & FALL OF ELECTRIC VEHICLES IN 1828–1930: LESSONS LEARNED. *IEE*.
<https://doi.org/10.1109/JPROC.2012.2228370>
- Chu, T. H., & Yingzi, S. (2013). Will the U.S auto market come back? *National Association for Business Economics*, 45(4). <https://doi.org/10.1057/be.2010.29>
- Colt, S. (2008). *Inventors and Inventions*. Marshall Cavendish.
- Condumex. (2009). *Manual tecnico de instalaciones electricas en baja tension* (5a ed.).
- Conru, A. (1994). *A genetic approach to the cable harness routing problem*.
<https://doi.org/10.1109/ICEC.1994.350016>
- Delgado Moreno, F. N., & Rueda forero, P. (2019). Medición de la calidad por medio de Niveles Sigma para monitorear el mejoramiento de procesos organizacionales controlados por ISO 9001. *Revista EIA*, 16(31), 225–239. <https://doi.org/10.24050/reia.v16i31.1113>
- Derry, T. K., & Williams, T. I. (1977). *Historia de la tecnología*. Siglo XXI de España Editores.
- Dreyer, R. (2009). *Automotive History*. Bentley Historical Library. University of Michigan.
- Duguay, C., Landry, S., & Pasin, F. (1997). *From mass production to flexible/agile production*.
<https://doi.org/10.1108/01443579710182936>
- Erickson, R. W., & Maksimovic, D. (2001). *Fundamentals of power electronics* (Vol. 2).
- Escamilla Esquivel, A. (2014). *Metrología y sus aplicaciones*. <http://site.ebrary.com/id/11013591>
- Ford Media Center. (2013). *Celebrating the moving assembly line in pictures*.
<https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/us/en/features/celebrating-the-moving-assembly-line-in-pictures.html>
- Foster, P. (2014). *Jeep: The History of America's Greatest Vehicle*.
- Franch Leon, K., & Guerra Bretaña, R. M. (2016). Las normas ISO 9000: Una mirada desde la gestión del conocimiento, la información, innovación y el aprendizaje organizacional. *Cofin Habana*.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2073-60612016000200002&lng=es&tlng=es.

Giesecke, F. E., Mitchell, A., & Cecil Spencer, H. (2018). *Dibujo técnico con gráficas de ingeniería (15a. Ed.)*. Pearson Educación.

González Gaya, C., Domingo Navas, R., & Sebastián Pérez, M. Á. (2013). *Técnicas de mejora de la calidad*.
<http://public.ebookcentral.proquest.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=3216137>

Groover, M. P. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna: Materiales, procesos y sistemas*. Prentice-Hall Hispanoamericana.

Hills, R. L. (1993). *Power from Steam: A History of the Stationary Steam Engine*. Cambridge University Press.

Huddle, F. P. (1945). *Automobiles in the Postwar Economy*. CQ Researcher by CQ Press.
<http://library.cqpress.com/cqresearcher/cqresrre1945082100>

ISO - About us. (s/f). ISO. Recuperado el 29 de noviembre de 2020, de <https://www.iso.org/about-us.html>

Jian, X., Koo, K., Kikuchi, K., Konno, A., & Uchiyama, M. (2010). *Robotized assembly of a wire harness in a car production line*. <https://doi.org/10.1163/016918610X551782>

Kalpakjian, S., Schmid, S. R., & Murrieta Murrieta, J. E. (2014). *Manufactura, ingeniería y tecnología*.

Khabia, S., & Khabia, D. (2012). Engineering Drawing teaching made easy by use of latest educational technology. *2012 IEEE International Conference on Technology Enhanced Education (ICTEE)*, 1–8.
<https://doi.org/10.1109/ICTEE.2012.6208635>

Kim, J. H., Lee, J. C., Park, J., & Lim, H. (2011). *Electronic control unit modelling for automotive wire harness simulation using the capital harness system*.
<https://doi.org/10.1177%2F2041299110393215>

Klier, T., & Rubenstein, J. M. (2013). Reestructuring of the U.S. auto industry in the 2008-2009 recession. *Economic Development Quarterly*. <https://doi.org/10.1177/0891242413481243>

Kobayashi, M., Hirano, Y., & Higashi, M. (2013). *Optimization of assembly processes of an automobile wire harness*.

Lear Corporation | Automotive Seating & E-Systems. (s/f). Recuperado el 26 de octubre de 2020, de <https://www.lear.com/>

Lewin, M., Atlas, S. M., & Pearce, E. M. (1975). *Flame-retardant polymeric materials*.

Maloney, T. J. (2006). *Electronica industrial moderna* (5a ed.). Pearson.

Mansour, N., Luecke, G., Battle, C., Jones, E., & Mansir, L. (2003). *Understanding automotive electronics* (6a ed.).

Marshall, C. F. (2014). *A History of Railway Locomotives down to the End of the Year 1831*. BoD – Books on Demand.

Meyers, F. (2000). *Estudios de tiempos y movimientos para la manufactura agil* (2a ed.). Pearson.

Mitra, A. (2016). *Fundamentals of quality control and improvement*.

Murty, Y., & Sujan, G. (2016). *Electrical and electronic connectors: Materials and technology*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.01790-2>

Nápoles Padrón, Elsa, & Loyola, M. (2018). *Aprendizaje basado en problemas en la asignatura dibujo para ingenieros mecánicos*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-29552018000300420&lng=es&tlng=es.

Ogata, K. (2003). *Ingenieria de control moderna*. Perason.

Parissien, S. (2014). *The Life of the Automobile: The Complete History of the Motor Car*. Macmillan.

Perez Gomez, L. V., & Barrantes Verdin, M. A. (2020). *El proceso de las 5S en accion* (3a ed.). Marge Books.

Ramos Barbero, B., & García Maté, E. (2020). *Dibujo técnico*.

<https://elibro.net/ereader/elibrodemo/128456>

Rhodes, D. (2010). *Accelerating out of the great recession: How to win in a Slow-Growth economy*.

McGraw-Hill.

Sampaio, A. Z. (2018). Historical Evolution of Technical Drawing in Engineering. *2018 3rd International Conference of the Portuguese Society for Engineering Education (CISPEE)*, 1–9.

<https://doi.org/10.1109/CISPEE.2018.8593496>

Sanz Serrano, J. L., & Toldano Gasca, J. C. (2009). *Instalaciones electricas de enlace y centros de transformacion* (6a ed.).

Savery, T. (1827). *The Miner's Friend; Or, an Engine to Raise Water by Fire, Described: And of the Manner of Fixing it in Mines ...* S. Crouch.

Smith, N. (2015). *Enhancing automotive wire harness manufacturing through digital continuity*.

<https://doi.org/10.4271/2015-01-0238>

Socconini, L. (2019). *Lean Manufacturing. Paso a paso*.

Stringer, N., & Kojovic, L. (2000). Prevention of underground cable splice failures. *IEE*.

<https://doi.org/10.1109/ICPS.2000.854359>

Swingler, J., & McBride, J. (2002). *Fretting corrosion and the reliability of multicontact connector terminals*. <https://doi.org/10.1109/TCAPT.2002.808007>

Tokheim, R. L. (2011). *Electrónica Digital: Principios y Aplicaciones*. McGraw-Hill España.

<https://library.biblioboard.com/content/05ed48f3-1297-46d7-97d2-ac0b5bdc2150>

Villeneuve, G., & Kulkarni, D. (1996). *Dynamic finite element analysis simulation of the terminal crimping process*.

Wilson, J. (2013). *Henry Ford vs assembly line balancing*.

<https://doi.org/10.1080/00207543.2013.836616>

Young, H. D., Freedman, R. A., Ford, A. L., Sears, F. W., & Zemansky, M. W. (2013). *Física universitaria con física moderna* (13a ed., Vol. 2).