



**PROYECTO DE MEJORA A ENSAMBLE DE ESTACIONES
DE PRUEBA EN PRUEFTECHNIK**

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN
MANUFACTURA AVANZADA**

PRESENTA

**ING. JOSAFAT PASTOR MORENO HERNÁNDEZ
ASESOR: M. EN I. VÍCTOR SAMUEL VILCHIS BRAVO**

SAN LUIS POTOSÍ, S.L.P., AGOSTO 2020

CARTA DE LIBERACIÓN DEL ASESOR



San Luis Potosí, S.L.P., 29 de Noviembre del 2019.

Mtro. Geovany González Carlos
Coordinador Académico de Posgrado
CIATEQ, A.C.

El abajo firmante, miembro del Comité Tutorial del Ing. Josafat Pastor Moreno Hernández, una vez revisado su Proyecto Terminal de tesis, titulado "PROYECTO DE MEJORA A ENSAMBLE DE ESTACIONES DE PRUEBA EN PRUEFTECHNIK" **autorizo** que el citado trabajo sea presentado por el alumno para su revisión, con el fin de alcanzar el grado de maestro en Manufactura Avanzada.

Sin otro particular por el momento, agradezco la atención prestada.

Firma

VILCHIS BRAVO VICTORS.

M.en I. VÍCTOR SAMUEL VILCHIS BRAVO

Asesor Académico

CARTA DE LIBERACIÓN DEL REVISOR



Santiago de Querétaro, Qro.18 de marzo de 2020

Dra. María Guadalupe Navarro Rojero
Directora
Posgrado CIATEQ

Por medio de la presente me estoy dirigiendo a Ud. de la manera más atenta, de que fui designado como revisor del trabajo de tesis del **Ing. Josafat Pastor Moreno Hernández**, del trabajo titulado:

“PROYECTO DE MEJORA A ENSAMBLE DE ESTACIONES DE PRUEBA EN PRUEFTECHNIK”

Después de haber leído, corregido e intercambiado información con el estudiante antes mencionado, el trabajo de tesis que me fue entregado y haciendo resaltar que el estudiante realizó todos los cambios que le fueron sugeridos a la tesis, ésta puede ser autorizada para su publicación y que de esta manera pueda iniciar los trámites correspondientes para iniciar el proceso de titulación.

Sin otro particular por el momento y en espera de que mis sugerencias sean tomadas en cuenta y en beneficio del estudiante y la institución, agradezco la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente:


M. en C. Julio César Sánchez Jiménez

AGRADECIMIENTOS

A mis padres María Guadalupe Hernández Gutiérrez y Josafat Moreno Silva por darme el apoyo incondicional y la motivación a superarme.

A mis hermanos Cynthia, Oscar y Rebeca por ser contemporáneos de mi formación familiar.

A mi esposa por ser parte del esfuerzo realizado en éste trabajo.

A mis asesores y soporte de la institución educativa por guiarme en el desarrollo de este trabajo.

RESUMEN

El proyecto consistió en la realización de una propuesta de mejora al proceso de ensamble de estaciones de prueba eléctrica, el cual es uno de los productos que se realizan dentro del área de Técnica de *Pruebas* o *Prueftechnik* o *Test Engineering*. Dentro de la misma propuesta, se incluyó la descripción completa del proceso de la manufactura de las estaciones de prueba eléctrica, detección del o los problemas mediante el uso del análisis del proceso de manufactura, la generación de indicadores internos, y uso de QFD como herramienta para escuchar la voz del cliente mediante encuestas. El proceso actual del ensamble de la estación incluye al inicio, el requerimiento de la estación de prueba eléctrica por parte de cliente, la compra de componentes, ensamble y posterior suministro de la estación de prueba eléctrica. Se pretende proponer, una manera de trabajo que permita reducir los factores que provocan el retraso en la entrega de las estaciones de prueba eléctrica. El proyecto está dirigido específicamente al área MPT (*Mexican Prueftechnik* o técnica de pruebas de México). Dentro de la organización Draexlmaier, el área *Prueftechnik* es la encargada del desarrollo de tecnología de pruebas, como lo son las estaciones, adaptadores de prueba y software para las pruebas a los arneses eléctricos de los vehículos para las marcas de vehículos a las cuales se trabajan como son BMW, VW, Audi, Mercedes Benz, etc. El alcance se extiende también a los departamentos de Draexlmaier dedicados a realizar la misma función en otras partes del mundo como Alemania o Rumania que son algunas de las otras locaciones en donde se encuentra presente el departamento de *Prueftechnik*. El procedimiento seguido fue el de descripción del proceso, análisis, generación de indicadores y encuesta a cliente para poder obtener la información requerida de mejora y una vez que se obtuvo se hicieron mejoras a los puntos que se encontraron más impactantes nuevamente tanto de manera interna como para clientes. Se obtiene que, el ahorro en costos de producción y tiempo son beneficios que se obtuvieron con la propuesta de mejoras al método establecido actualmente.

Palabras clave: Ingeniería y tecnología, Procesos ensamble.

ABSTRACT

The Project consists in make a proposal to improve the process to assembly of electrical test stations which is one of the products made in the area *Test Engineering* or *Prueftechnik*. In this proposal it is included the description of manufacturing process of electrical test stations, detection of the problem or problems using the analysis of manufacturing process, generation of internal indicators, the use of QFD as tool to hear the customer voice using surveys to know the best way to improve. The current process of assembly of a station includes at the beginning a requirement for an electrical test station from customer, materials acquisition, build components, assembly of the station and delivery. It is planned to propose a new way to work to drop factors which delays deliveries for electrical test stations. The Project is oriented specifically to the area MPT (*Mexican Prueftechnik* or *Test Engineering Mexico*) inside the Draexlmaier organization, where *Prueftechnik* the responsible area to develop test technology, such as test stations, test adapters and software for tests to electrical harnesses for vehicles as BMW, VW, Audi, Mercedes Benz, etc., nevertheless the result is also extended to other departments in Draexlmaier dedicated to make the same activity located in Germany or Rumania which are some locations where *Prueftechnik* is present. The procedure followed was the process description, analysis, indicators generation, to survey to customer to get information for the improvement, and once the information was gotten, it was selected the most important improvements internally but also for customers to apply it. As result of it, the savings in cost production and time are the benefits with the proposal to the current method.

Keywords: Engineering and technology, Assembly processes.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARTA DE LIBERACIÓN DEL ASESOR	i
CARTA DE LIBERACIÓN DEL REVISOR.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
GLOSARIO	xiii
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 HISTORIA.....	1
1.2 CLIENTES PRINCIPALES	4
1.3 PRODUCTOS Y PROCESO.....	5
1.4 ANTECEDENTES	7
1.5 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	8
1.6 JUSTIFICACIÓN	9
1.7 OBJETIVOS GENERALES	9
1.8 OBJETIVOS ESPECIFICOS	9
1.9 HIPÓTESIS	9
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO	11
2.1 MANUFACTURA	11
2.1.1 Capacidad de manufactura.	15
2.1.2 Capacidad tecnológica de proceso.....	15
2.1.3 Limitaciones físicas del producto.	16
2.1.4 Capacidad de producción.	16
2.2 PROCESOS DE MANUFACTURA.	16
2.2.1 Operaciones de proceso.	18
2.2.2 Operaciones de ensamble.	18
2.3 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.....	18
2.3.1 Instalaciones para la producción.	19

2.3.2 Producción en baja cantidad.....	19
2.3.3 Control de calidad.....	21
2.3.4 Ensamble mecánico.....	22
2.4 SELECCIÓN DE MATERIALES Y PROCESOS	22
2.4.1 Selección de procesos de fabricación.....	22
2.4.2 Capacidades de proceso.....	23
2.4.3 Selección de materiales.....	23
2.5 FUNDAMENTOS DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN	24
2.5.1 Productos.....	24
2.5.2 Configuración general de una línea de producción.....	24
2.5.3 Métodos de transporte de trabajo.....	25
2.5.4 Determinación del número de trabajadores requeridos.....	25
2.5.5 Balanceo de línea y pérdidas de reubicación.....	28
2.5.6 Planeación de procesos.....	29
2.5.7 Requerimientos de diseño.....	31
2.5.8 Requerimientos de calidad y aspectos de la calidad.....	32
2.5.9 Volumen y velocidad de producción.....	33
2.5.10 Restricciones de precedencia.....	33
2.5.11 Eliminar pasos innecesarios.....	34
2.5.12 Flexibilidad.....	34
2.5.13 Costo mínimo.....	35
2.5.14 Decisión de hacer o comprar.....	35
2.5.15 Procesos internos disponibles.....	35
2.5.16 Cantidad de producción.....	35
2.5.17 Vida del producto.....	36
2.5.18 Confiabilidad del proveedor.....	36
2.5.19 Los problemas en la planeación y control de la producción difieren en cada tipo de manufactura.....	36
2.5.20 Planeación agregada y el programa maestro de producción.....	37
2.5.21 Sistemas de punto de orden.....	38
2.5.22 Planeación de requerimientos de materiales y de capacidad.....	39
2.5.23 Kanban.....	39

2.5.24 Control de piso de taller.	41
2.5.25 La cadena de suministro.	43
2.5.26 Controladores de desempeño de una cadena de suministro.....	43
2.5.27 Las instalaciones.	43
2.5.28 Administración del riesgo en cadenas de suministro globales.	45
2.5.29 Inventario de seguridad.....	47
2.6 QFD	47
2.6.1 Concepto y beneficios de la matriz de calidad.....	49
2.6.2 Herramienta efectiva del marketing.	52
2.6.3 Determinación de las prioridades de mejora continua.....	52
2.6.4 Análisis de costos y beneficios.	53
2.6.5 Pasos de construcción de la matriz de la calidad.	56
CAPÍTULO 3 PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACIÓN	58
3.1 REQUERIMIENTO DE ARNESES E INICIO DE UN REQUERIMIENTO DE UNA ESTACIÓN DE PRUEBA ELÉCTRICA	58
3.2 REQUERIMIENTO DE ESTACIONES DE PRUEBA ELÉCTRICA Y MANUAL DE REQUERIMIENTOS.....	59
3.3 APROBACIÓN DE REQUERIMIENTOS	60
3.4 COTIZACIONES DE PRUEBA ELÉCTRICA Y APROBACIÓN DE COSTOS.....	60
3.5 PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN Y PLANEACIÓN DE PRODUCCIÓN	61
3.5.1 Seguimiento al plan maestro de producción.	62
3.5.2 Tamaño de la producción.	63
3.5.3 Variabilidad entre estaciones de prueba eléctrica.	64
3.5.4 Limitaciones físicas del producto.	65
3.5.5 Capacidad de producción.	66
3.6 COMPRA DE MATERIALES.....	68
3.7 ENSAMBLE DE ESTACIÓN	71
3.7.1 Operaciones de ensamble y diseño para ensamble (DFA).	79
3.8 REVISIÓN DE ESTACIÓN POR CALIDAD	79
3.9 CREACIÓN DE INDICADOR PARA OBTENER LOS PUNTOS DE MEJORA	80
3.10 PROPUESTAS DE SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS QUE REPRESENTAN MÁS VOLÚMEN.....	83

3.10.1 Mejora en compra de materiales y mejora en el ensamble de estaciones de prueba eléctrica para entrega completa.....	83
3.10.1.1 Análisis de tiempos para estaciones de prueba eléctricas.	85
3.10.2 Aplicación de QFD para conocer el punto de vista de cliente y la manera de mejorar el producto desde su punto de vista.	107
CAPITULO 4. RESULTADOS	112
4.1 RESULTADOS EN CUANTO A COMPRA DE MATERIALES Y SUS PROPUESTAS DE SOLUCIÓN	112
4.2 RESULTADOS EN CUANTO A COSTOS	115
CONCLUSIONES	117
APORTACIÓN DE LA TESIS.....	119
APORTACIÓN SOCIAL DE LA TESIS.....	120
RECOMENDACIONES.....	121
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. “Principales productos del grupo Draexlmaier.....	3
Figura 2. Porcentaje de problemas encontrados durante 2017.....	8
Figura 3. “Maneras de definir manufacturas a la izquierda como un proceso técnico, a la derecha como un proceso económico”	12
Figura 4. “Clasificación de procesos de manufactura”	17
Figura 5. “Posición de los sistemas de apoyo a la manufactura en el sistema de producción”.....	21
Figura 6. “Secuencia típica de procesos requeridos en la fabricación de piezas”	31
Figura 7. Un ejemplo de una sección del archivo de requerimientos para una estación de prueba eléctrica.....	32
Figura 8. “Actividades en un sistema de planeación y control de la producción”	37
Figura 9. “Operación de un sistema Kanban entre estaciones de trabajo”	40

Figura 10. “Tres módulos en un sistema de control de piso del taller y las interconexiones con otras funciones de planeación y control de la producción”	43
Figura 11. Layout de área de almacenes junto con las de trabajo para estaciones de prueba eléctrica.	44
Figura 12. Casa de la calidad.....	48
Figura 13. “Matriz de la calidad de un envase para un producto farmacéutico”	51
Figura 14. “Matriz de calidad con filas y columnas no consideradas adecuadamente”	55
Figura 15. Proceso general de requerimiento-entrega de una estación de prueba eléctrica.	58
Figura 16. Variabilidad de construcción en cuanto a estaciones de prueba eléctricas. Vista superior.....	65
Figura 17. Vista de un ensamble de coordenadas, estación de prueba eléctrica.	71
Figura 18. Uniones externas en estaciones de prueba eléctrica.....	72
Figura 19. Uniones internas en estaciones de prueba eléctrica.....	73
Figura 20. Disposición de estaciones de trabajo en el área de producción.	75
Figura 21. Sección de indicador de problemas estaciones.....	81
Figura 22. Resultados de indicador del año 2019 a Mayo 2019.	82
Figura 23. Vista de una parte de un plan maestro.	85
Figura 24. Estación de ejemplo para toma de tiempos con 6 segmentos, 12 renglones, 2 sistemas, 1 parte.	86
Figura 25. Ejemplo de ayuda visual creada para la actividad 24 generada después del análisis de actividades.	96
Figura 26. Ejemplo del costo final en una estación.	101
Figura 27. Programa maestro de producción. Fuente: elaboración propia.	101
Figura 28. Gráfica de los problemas, 2019 (febrero).	105
Figura 29. Resultados de encuesta aplicada a cliente en la casa de la calidad.....	110
Figura 30. Resultados más altos para mejorar de acuerdo a QFD.	111
Figura 31. Gráfica de semana de entrega real contra lo planeado en 2017.....	114

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 “Industrias específicas en la categoría primaria, secundaria y terciaria”.....	13
Tabla 2. “Industrias manufactureras cuyos sistemas y procesos quedan incluidos en la sección de definición de manufactura”.....	14
Tabla 3. “Detalles y decisiones requeridos en la planeación de procesos”	30
Tabla 4. “Aspectos de la calidad”	33
Tabla 5. “Tabla de afinidad para identificar los requerimientos de los clientes”	54
Tabla 6. “Símbolos utilizados en la matriz de calidad”	55
Tabla 7 Capacidad instalada para ensamble de estaciones por persona en sus horarios normales o extras.	67
Tabla 8. Capacidad disponible de archivo original de Rumania.	67
Tabla 9. Lista de problemas más frecuentes para 2017.	82
Tabla 10. Lista de problemas frecuentes 2017.	83
Tabla 11. Los tiempos tomados después del análisis de videos 1.	87
Tabla 12. Los tiempos tomados después del análisis de videos 2.	88
Tabla 13. Los tiempos tomados después del análisis de videos 3.	89
Tabla 14. Los tiempos tomados después del análisis de videos 4.	90
Tabla 15. Los tiempos tomados después del análisis de videos 5.	91
Tabla 16. Los tiempos tomados después del análisis de videos 6.	92
Tabla 17. Los tiempos tomados después del análisis de videos 7.	93
Tabla 18. Los tiempos tomados después del análisis de videos 8.	94
Tabla 19. Los tiempos tomados después del análisis de videos 9.	95
Tabla 20. Tiempos de ciclo, para la realización de 14 estaciones en 18 semanas con eficiencia del 85%.	97
Tabla 21. Tiempos de ciclo, para la realización de 1 estación en 2 semanas y eficiencia del 85%.	98
Tabla 22. Concentrado de problemas para inicios de 2019 (febrero) contra 2017.	106
Tabla 23. Respuestas de cliente a mejora a estaciones, preguntas 7 y 8.	108
Tabla 24. Concentrado de entrega previa durante 2017.	114
Tabla 25. Comparación de tiempos antes de la toma de tiempos vs los toma	116

Tabla 26. Ahorros generados totales para 17 estaciones de prueba eléctricas para 2019.....	116
Tabla 27. Categorías de problemas empleadas en indicador diseñado para estaciones de prueba eléctrica.....	2

GLOSARIO

Adaptador de prueba (PA o *pruefadapter*): Dispositivo capaz de hacer pruebas a conectores montados en un arnés eléctrico.

Arnés: Conjunto de cables interconectados con conectores en los extremos de cada ramal que permite la comunicación eléctrica de los diferentes componentes eléctricos de un vehículo.

Angebot: Documento de oferta de una estación con ciertas características realizada a cliente.

BOM: *Bill of materials*, lista de materiales de un producto en específico.

Cliente. Dentro del proceso de la manufactura de estaciones de prueba eléctrica es quien recibe la estación de prueba eléctrica y quien previamente hace el requerimiento de la misma.

CT: Características técnicas

DFA: *Design for assembly*. Diseño para el ensamble.

DFMA: *Design for manufacturing and assembly*. Diseño para la manufactura y ensamble.

Estación de Prueba: Estación de prueba de arneses eléctricos.

Kanban: Es un sistema que controla el flujo de recursos en procesos de producción a través de tarjetas.

LH o LASTENHEFT: Manual de requerimientos para una estación de prueba eléctrica.

Logística: Área dedicada a la obtención de insumos, selección de la producción semanal y entrega de producto a cliente.

MPT: *Mexican Prueftechnik* o Técnica de Pruebas México.

Matriz de calidad: Herramienta de calidad que permite conocer el grado de calidad de un determinado producto en términos de atributos físicos, funcionalidad, grado de satisfacción al usuario y experiencia lograda.

OEM: *Original Equipment Manufacturer*. Fabricante de equipo original.

NAFTA: Se refiere al tratado de libre comercio entre Estados Unidos, Canadá y México para crear una zona de libre comercio y costo reducido para intercambio de bienes entre los 3 países.

Prueftechnik: Técnica de pruebas, área dedicada a la producción de tecnología para pruebas de arneses eléctricos en Alemania.

PH o PFLICHTENHEFT: Requerimientos confirmados de una estación de prueba eléctrica.

QFD: *Quality function deployment*, Despliegue de la función de calidad.

RT: Requisitos técnicos.

Razón crítica: La razón del tiempo que queda hasta la fecha de entrega dividida entre el tiempo de procesamiento restante.

Sap: Sistemas, aplicaciones, y productos para el procesamiento de datos.

Secutest: Prueba encaminada a la seguridad eléctrica y tierras en buen estado.

Timeline: Plan maestro de producción o planeación de trabajo anual.

Tiempo de inactividad: La diferencia entre el tiempo que queda hasta la fecha de entrega y el tiempo de procesamiento restante.

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

Datos generales de la Empresa

Nombre: DCM Draexlmaier Components Automotive de México

Dirección: Av. Central # 180 (Eje 140)
Parque Logistico, CP 78395
Manzana 3 Lote 5, Zona Industrial
San Luís Potosí, S.L.P.

Draexlmaier es una empresa familiar de carácter privado.

Draexlmaier es una empresa dedicada a la transformacion de materia prima para el ramo automotriz. El grupo Draexlmaier es una organización de nivel mundial enfocada a proveer a la industria automotriz de sistemas eléctricos, con más de 55 ubicaciones alrededor de 20 países.

Con aproximadamente 50,000 empleados alrededor del mundo y 5,120 de ellos en San Luis Potosí, el grupo Draexlmaier es la compañía familiar mas grande originaria de Alemania.

1.1 HISTORIA

El año 1958 ve el nacimiento de la compañía Draexlmaier gracias a su fundador Fritz Draexlmaier. Su primer orden: 50,000 arneses para el Goggomobil, manufacturados en Dingolfing, Alemania. Poco tiempo después, el segundo producto se comienza; con paneles de instrumentos, paneles de puertas, vestiduras para asientos y más. Desde que fue fundada en 1958, el grupo Draexlmaier se ha desarrollado como un proveedor dentro de la industria internacional automotriz.

En 1960 Draexlmaier instala la primera unidad de soldadura de alta frecuencia para paneles de puertas, al mismo tiempo películas termoplásticas formadas al vacío son introducidas en la producción de paneles. Con estas bases se consigue la experiencia en el segmento conocido como interiores.

Por el año de 1966 Draexlmaier es el primero en ganar a BMW como cliente, este hecho forma la etapa inicial de la incursión de la empresa en el sector premium automotriz.

En 1974 Draexlmaier comienza su primer sitio de producción foránea en Túnez y en los años venideros expande su presencia en Norte América. Estos son los fundamentos para la presencia alrededor del mundo y la integración internacional del grupo.

1998 Se abre el Centro de Tecnología Draexlmaier en Vilsbiburg, Alemania. Dicho centro cumple los requerimientos para la excelencia en innovación y el desarrollo de habilidades para la compañía.

2003 Draexlmaier abre una nueva planta en China; la producción en los segmentos eléctrico e interiores se corre aquí desde 2004.

2009 la empresa recibe la orden para la construcción de arneses de alto voltaje para varios modelos de Mercedes Benz y Smart con unidades de baterías, tecnología híbrida y futuras unidades de pilas de combustible. Con esto se constituye un éxito inicial en la movilidad eléctrica en la cual la compañía aún se sigue desarrollando con productos innovadores.

Dentro del área demarcada como Desarrollo de Draexlmaier se encuentra el departamento de México *Prüftechnik* (MPT), donde se desarrolla la tecnología para hacer pruebas de los productos que elabora el grupo Draexlmaier. MPT cuenta con otras áreas internas las cuales apoyan en alcanzar los objetivos, tales áreas son: de

proyectos, Diseño, Logística, Producción de sistemas de prueba (Ensamble), Calidad, Programación y Maquinado CNC.

Dentro del área de Proyectos se realiza la investigación para el desarrollo del proyecto de mejora para maestría en manufactura avanzada.

Tecnología incluida en el proceso de Draexlmaier en general:

- Máquinas de corte automáticas.
- Máquinas de soldado de ultrasonidos.
- Herramientas de crimpado.
- Líneas automáticas de ensamble.
- Inyección de *foam*.
- Estaciones de prueba eléctrica y pruebas de video.
- Ensamblado de cajas de fusibles.

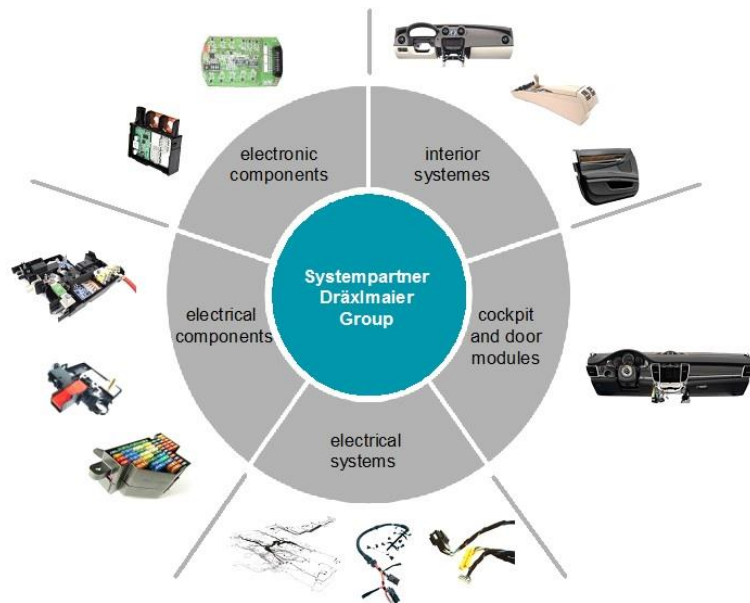


Figura 1. "Principales productos del grupo Draexlmaier (Draexlmaier, 2016, s. p.) (2)"

1.2 CLIENTES PRINCIPALES

Ya que el sector en el que se desarrolla es el sector premium, los clientes de la empresa son marcas reconocidas del mundo automotriz, para cada cliente existe uno o varios proyectos enfocados a vehículos de dicho sector.

El tipo de proyecto desarrollado cambia de cliente en cliente, ya sea por construcción de arneses eléctricos o por producción de interiores. Para cada marca se muestran los desarrollos que el grupo Draexlmaier produce.

Dentro de los clientes los proyectos asociados a cada uno, son los siguientes:

- Audi
 - Interiores, sistema de ensamble, sistemas eléctricos y componentes eléctricos y electrónicos.

- BMW
 - Interiores, sistema de ensamble, sistemas eléctricos y componentes eléctricos y electrónicos.

- Bugatti
 - Interiores, sistema de ensamble, sistemas eléctricos y componentes eléctricos y electrónicos.

- Cadillac
 - Interiores.

- Jaguar
 - Interiores y sistemas de ensamble.

- Lamborghini
 - Sistemas eléctricos.

- Land Rover
 - Interiores y sistemas de ensamble.

- Masserati
 - Interiores y sistemas eléctricos.

- Mercedes-Benz
 - Interiores, sistemas eléctricos y componentes eléctricos y electrónicos.

- Porsche
 - Interiores, sistema de ensamble, sistemas eléctricos y componentes eléctricos y electrónicos.

- Volkswagen
 - Interiores, sistema de ensamble, sistemas eléctricos y componentes eléctricos y electrónicos.

1.3 PRODUCTOS Y PROCESO

Dentro de Draexlmaier SLP se encuentran dos plantas: la planta de producción de interiores y la planta para la producción de arneses eléctricos. Prueftechnik se encuentra en la planta de producción de arneses eléctricos.

MPT dentro de Draexlmaier se encarga de diseñar, maquinar, ensamblar adaptadores y/o estaciones de prueba para los productos eléctricos que se desarrollan en Draexlmaier. Las estaciones de prueba eléctricas sirven para hacer pruebas de presencia, continuidad, de resistencia, capacitancia y algunas otras pruebas especiales, como prueba de presión o color en algunos componentes de los arneses eléctricos.

El proceso de producción de una estación de prueba eléctrica, para la prueba de arneses comienza con la necesidad de cliente (OEM) para la construcción de una

cantidad de arneses durante cierto tiempo en lo que dura la vida de un proyecto (*carline* o vehículo de nuevo modelo), el arnés debe cumplir con ciertas condiciones indicadas en documentación provista por el cliente, tales condiciones pueden incluir que se verifique el color de un conector o conectores, que pruebe que el conector sea hermético y no deje pasar agua, pruebas de continuidad a los arneses, que algún conector tenga algún seguro cerrado, etc. Para lograr éstas pruebas se requieren de estaciones eléctricas con esas capacidades y, la cantidad de estaciones depende de la demanda que se tenga de un auto en específico. Internamente se hace una solicitud a Prueftechnik para la construcción de dichos equipos de prueba eléctrica. El requerimiento inicia con un documento llamado LH en donde el cliente hace la descripción a detalle de los requerimientos de la estación de prueba eléctrica que pueden incluir el tamaño de la estación, si la estructura de la estación a utilizar es nueva o reutilizada, cantidad de monitores, sistema a utilizar, tiempos de entrega, responsables por parte de cliente y proveedor, tecnologías a utilizar, etc.

El llenado de los requerimientos y su confirmación se llena en conjunto con un *project leader* o *Project Manager* de Prueftechnik.

Una vez que hay un requerimiento, se realiza otro documento emitido por Prueftechnik que es llamado *Angebot* (u oferta) que le sirve al cliente para conocer el precio del equipo y algunas especificaciones técnicas de la estación de prueba eléctrica como la cantidad de adaptadores de prueba a producir, los sistemas, materiales para su ensamble/ mano de obra, transporte, etc.

Con un asentimiento del cliente respecto a la aceptación de los costos y las especificaciones se detona la compra de materiales que serán el suministro de los mismos, necesarios para la construcción de la estación de prueba eléctrica y los adaptadores, tales materiales se pueden representar como: cables, conectores, perfiles de aluminio, tornillería, materiales para construir adaptadores, etc. La obtención de los materiales la hace el área de logística de MPT.

El siguiente paso en el proceso de construcción de la estación, es el surtimiento y ensamble de la estación (incluye adaptadores y materiales para el ensamble de estación).

Cuando la estación de prueba eléctrica fue ensamblada y probada con un arnés provisto por cliente, pasa al área de calidad que certifica que la estación de prueba está ensamblada correctamente, haciendo todas las pruebas correspondientes, además de hacer un chequeo de cada uno de los materiales que se encuentran en la estación.

La estación de prueba eléctrica es liberada por calidad MPT y (se etiqueta bajo 3 criterios: rojo no es posible utilizarla, amarillo es posible utilizarla con observaciones o puntos a cubrir en cierto período de tiempo o verde que es 100% utilizable) se procede a enviar a cliente un protocolo de liberación para pueda hacer uso de la misma para la prueba de arneses eléctricos, además, se le entrega la documentación correspondiente: manuales de uso, documentación técnica en físico y en electrónico.

Teniendo la estación en producción, se hace una liberación con el departamento de producción de planta para que pueda ser aceptada y probar los arneses eléctricos. Los arneses producidos son llevados hacia las estaciones de prueba donde se realizan las pruebas eléctricas para comprobar que los arneses están contruidos de acuerdo a los documentos proporcionados por los departamentos internos de la empresa y así garantizar su correcto funcionamiento.

Ensamblados y probados los arneses en las estaciones de prueba eléctrica, son llevados al área de empaque y transportación.

1.4 ANTECEDENTES

Uno de los motivos para la realización del presente trabajo es que los casos donde se entregaron estaciones en tiempo de acuerdo a la fecha requerida por el cliente,

fueron escasos para el año 2016 (además no existe un indicador de las estaciones entregadas).

Quejas de cliente (incompletas, componentes faltantes, no está preparada para conectarse y trabajar, etc), y una necesidad de mejorar las entregas por parte del proveedor,) fué lo que motivó a realizar el presente trabajo.

La mayor cantidad de problemas en la entrega a tiempo de estaciones de prueba eléctricas, tiene que ver con el suministro de materiales, y el problema persiste ya que no se tiene una propuesta de solución para que se cumplan las fechas de acuerdo a lo que cliente solicita.

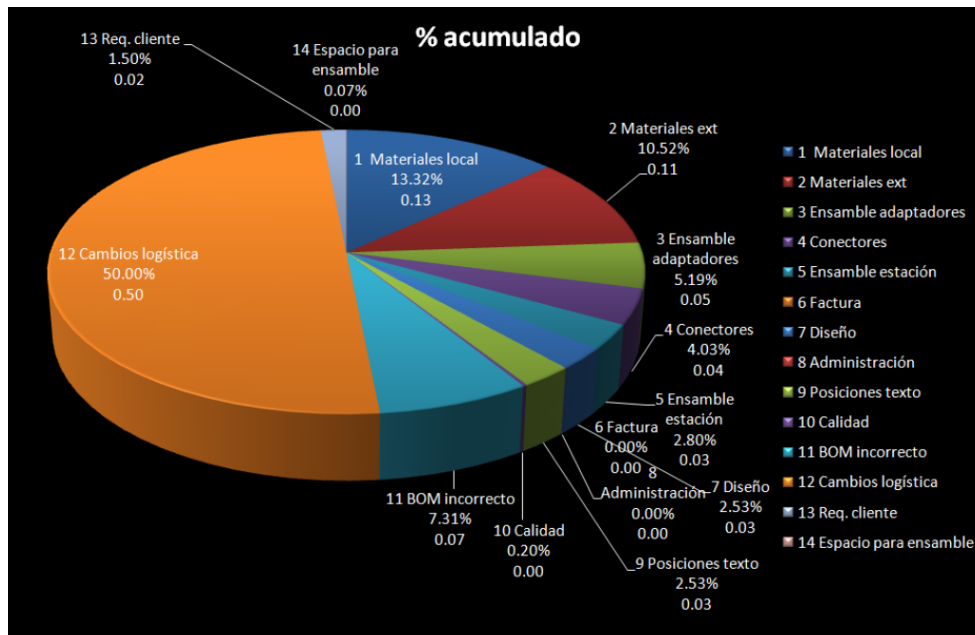


Figura 2. Porcentaje de problemas encontrados durante 2017.
Fuente: elaboración propia.

1.5 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Propuesta de mejora al proceso de producción de estaciones de prueba eléctrica en Prueftechnik promoviendo el ensamble de acuerdo a las necesidades solicitadas por cliente y entrega de las estaciones de prueba eléctrica en tiempo para evitar retrasos.

1.6 JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo busca analizar, determinar los principales problemas y de mayor impacto que afectan los ensambles - entregas de estaciones de prueba eléctricas a clientes en tiempo, posteriormente este trabajo buscará eliminar los problemas de mayor impacto de acuerdo con un análisis de QFD, análisis del proceso completo de ensamble, análisis de problemas y propuestas a la entrega de estaciones de prueba eléctrica en tiempo.

1.7 OBJETIVOS GENERALES

Establecer un estudio a detalle de todo el proceso de fabricación de las estaciones de prueba eléctricas para arneses eléctricos y establecer los puntos de mejora, de manera que sean implementados y reducir las entregas fuera de la fecha acordada con Draexlmaier.

1.8 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Recolectar datos en la búsqueda del principal problema en diferentes categorías, como pueden ser: almacén, requerimientos de materiales, administración, suministros de cliente, manufactura, calidad, etc.
- Elegir de acuerdo con la información teórica existente y cálculos, la solución de acuerdo con el proceso.
- Implementar la mejora.
- Diseñar documentación sobre las mejoras en base a los resultados.

1.9 HIPÓTESIS

Al modificar el proceso de construcción de estaciones de prueba eléctricas, con el apoyo de herramientas de calidad como QFD e indicadores creados, se podrá

mejorar la entrega en tiempo de las estaciones de trabajo que se tienen actualmente en la empresa.

CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO

2.1 MANUFACTURA

La manufactura en las industrias se emplea para convertir materiales que se pueden obtener de la naturaleza en productos que pueden ser comercializados, de acuerdo con Kalpakjian & Schmid (2005), la manufactura significa hecho a mano.

Tecnológicamente la manufactura permite acelerar la elaboración de productos con una calidad mayor, es por ello que Mikell P. Groover (2007) menciona que, "Tecnológicamente es un conjunto de procesos químicos y físicos que alteran la geometría, las propiedades o el aspecto de un determinado material para elaborar partes o productos terminados. Económicamente, la manufactura es la transformación de materiales, en artículos de mayor valor, a través de una o más operaciones o procesos de ensamble.

En la Figura 3 se muestran las dos maneras de definir la manufactura: (a) como un proceso técnico y (b) como un proceso económico.

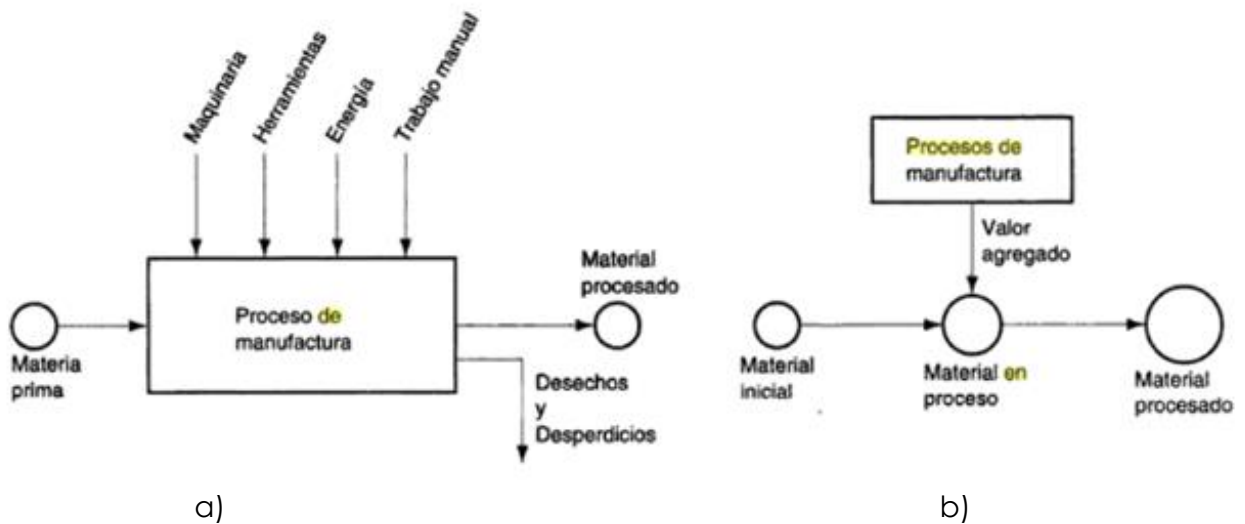


Figura 3. “Maneras de definir manufacturas a la izquierda como un proceso técnico, a la derecha como un proceso económico”
(Mikell P. Groover, p.4).

En el caso del trabajo que se pretende desarrollar, también es un proceso técnico y económico, debido a que por un lado es la construcción de una estación de prueba eléctrica (aspecto técnico), pero por otro lado es necesario revisar el costo que llevará el hacerlo y obtener ganancias por ello.

En los procesos productivos se pueden clasificar los bienes que se requieren para construir productos, pues existen materiales que deben tener algún proceso para poder utilizarse apropiadamente. Para Mikell P. Groover, (2007). Industrias manufactureras: Son empresas y organizaciones que producen o abastecen bienes y servicios. Se muestra la Tabla 1 con la distinción entre cada uno de los tipos, sobre la base aproximada a la *International Standard Industrial Classification (ISIC)* usada por Naciones Unidas.

Tabla 1 "Industrias específicas en la categoría primaria, secundaria y terciaria"
(Mikell P. Groover, 2007, p. 5)

Primarias	Secundarias	Terciarias (servicios)
Agricultura	Aeroespacial	Banca
Forestal	Bisutería y accesorios	Comunicaciones
Pesca	Automotriz	Educación
Ganadería	Metales básicos	Entretenimiento
Canteras	Bebidas	Servicios financieros
Minería	Materiales para la construcción	Gobierno
Petróleo(extracción)	Productos químicos	Salud y servicios médicos
	Computadoras	Hotelería
	Construcción	Información
	Enseres domésticos	Seguros
	Electrónica	Servicios legales
	Equipo	Bienes raíces
	Metales habilitados	Reparación y mantenimiento
	Proceso de alimentos	Restaurantes
	Vidrio y cerámica	Comercio al detalle
	Metales pesados	Turismo
	Papel	Transporte
	Refinación de petróleo	Servicio al mayoreo
	Productos farmacéuticos	
	Plásticos (formado)	
	Instalaciones de generación de energía	
	Publicidad	
	textiles	
	Llantas y productos de hule	
	Madera y muebles	

Con la información presentada en la Tabla 1, se hace la demarcación de la industria para la cual se trabaja, que en el caso del trabajo actual es evidente: se encuentra dentro de las manufacturas automotrices, y/o equipos en la manufactura secundaria.

Tabla 2. “Industrias manufactureras cuyos sistemas y procesos quedan incluidos en la sección de definición de manufactura”

(Mikell P. Groover, 2007, p. 6).

Industria	Productos Típicos
Aeroespacial	Aviones militares y comerciales
Automotriz	Automotrices, camiones, autobuses y motocicletas
Metales básicos	Hierro y acero, aluminio, cobre
Computadoras	Macros y microcomputadoras
Enseres domésticos	Aparatos para el hogar grandes y pequeños
Electrónica	Televisores, videograbadoras y equipos de audio
Equipo	Maquinaria industrial, equipo ferrocarrilero
Metales habilitados	Partes maquinadas, estampados metálicos herramientas
Vidrio, cerámica	Productos vítreos, herramientas cerámicas, loza
Maquinaria pesada	Máquinas herramienta, equipo de construcción
Plásticos (formado)	Plásticos moldeados, extrusiones
Llantas y productos de hule	Llantas, suelas hule, pelotas de tenis

La información para seleccionar el tipo de bien que se produce en la manufactura a la cual se hace referencia en este trabajo, ayuda a ubicar el producto que se fabrica y cómo es representado: como equipo.

Para establecer la cantidad de producto, medir el trabajo es muy importante, ya que permite conocer el tiempo y la capacidad que puede llevar el hacer una estación de prueba eléctrica, que llevan cierta relación en cuanto a los componentes. Las cantidades anuales de producción pueden clasificarse en tres categorías: 1) baja producción comprendida en un rango que va de 1 a 100

unidades por año, 2) producción media en el intervalo de 100 a 10,000 unidades por año y 3) alta producción de 10,000 a varios millones de unidades al año

Dentro de la complejidad de un producto manufacturado, existe una correlación inversa entre la producción de diferentes productos y la cantidad de producción. En el mismo sentido, Mikell P. Groover (2007) menciona que, si la variedad de productos de una fábrica es alta, es probable que su cantidad de producción sea baja; pero si su cantidad de producción es alta, entonces su variedad de productos será baja.

2.1.1 Capacidad de manufactura.

Para reconocer la clasificación de una empresa manufactura se deben tomar en cuenta qué se puede hacer, de qué se dispone y cuánto se puede hacer, solamente de esa manera se podrá disponer de un plan necesario para producir en tiempo. Según Mikell P. Groover (2007), la eficacia de la manufactura se refiere a las limitaciones físicas y técnicas de la empresa manufacturera y de cada una de sus plantas. Podemos identificar varias dimensiones de esta eficacia: 1) capacidad y aptitud tecnológica de proceso, 2) tamaño físico y peso del producto, 3) capacidad de producción.

2.1.2 Capacidad tecnológica de proceso.

Conocer el proceso de producción permitirá incluir dentro del mismo, los diferentes temas que limitan la manufactura de los productos realizados, temas que, por ser obtenidos de manera externa como el suministro de materiales, y al no ser posibles de producir en el mismo lugar de trabajo por sí mismo afecta a la capacidad tecnológica. La pericia de los trabajadores también influye, ya que los nuevos elementos arrancan con poca experiencia y afecta su eficiencia durante cierto tiempo. De acuerdo con Mikell P. Groover, 2007, "La capacidad tecnológica de proceso de una planta es el conjunto de procesos de manufactura de la cual dispone una empresa. La capacidad tecnológica del proceso incluye no solamente los procesos físicos, sino también la pericia que tiene el personal de planta en dichas

tecnologías de proceso. Las compañías están limitadas por los procesos de que disponen. Por eso deben concentrarse en el diseño y la manufactura de los productos por los que su capacidad tecnológica de proceso les permita una ventaja competitiva.

2.1.3 Limitaciones físicas del producto.

En cuanto al conocimiento de las dimensiones y pesos de nuestro producto nos permite identificar en qué situación nos encontramos dentro del proceso de fabricación, ya que tanto en peso como en tamaño del producto manufacturado puede variar de acuerdo a la fase en la que se encuentre y se pueden ver limitadas. Es Posible que al inicio del ensamble puede presentarse que es liviano y poco voluminoso, lo que ayuda a moverlo a casi cualquier posición requerida, pero si es un producto final grande, cuando el producto está en una fase avanzada para completarse, debe mantenerse en algún lugar por su peso y dimensiones. Es por ello que Mikell P. Groover, 2007, menciona que un segundo aspecto de la capacidad y aptitud de manufactura es el que impone el producto físico. En una planta con un cierto conjunto de procesos existen limitaciones sobre el peso y tamaño de los productos que pueden manejarse.

2.1.4 Capacidad de producción.

Todos los productos que una empresa es capaz de generar están delimitados por todos los recursos con que cuenta, es decir equipos y personal. De acuerdo con S. Kalpakjian & S. R. Schmid (2008), la capacidad del proceso se define como la habilidad de un proceso para generar productos sin defectos en una producción controlada.

2.2 PROCESOS DE MANUFACTURA.

Dentro de la manufactura de productos hay conjuntos de actividades que se preparan previas a un ensamble de un producto que coadyuvan a su entrega final.

Éste proceso de preparación es diferente de los ensambles finales, pero son necesarios para llegar al resultado final. De acuerdo con Mikell P. Groover (2007), una operación de proceso transforma material de trabajo de una etapa a otra más avanzada, que lo sitúa cerca del estado final deseado para el producto. Una operación de ensamble une dos o más componentes para crear una nueva entidad llamada ensamble, subensamble o cualquier otra manera a que se refiera un proceso de unir (por ejemplo, a un ensamble soldado se le llama conjunto soldado).

En la Figura 4 se muestran las clasificaciones de los procesos de manufactura.

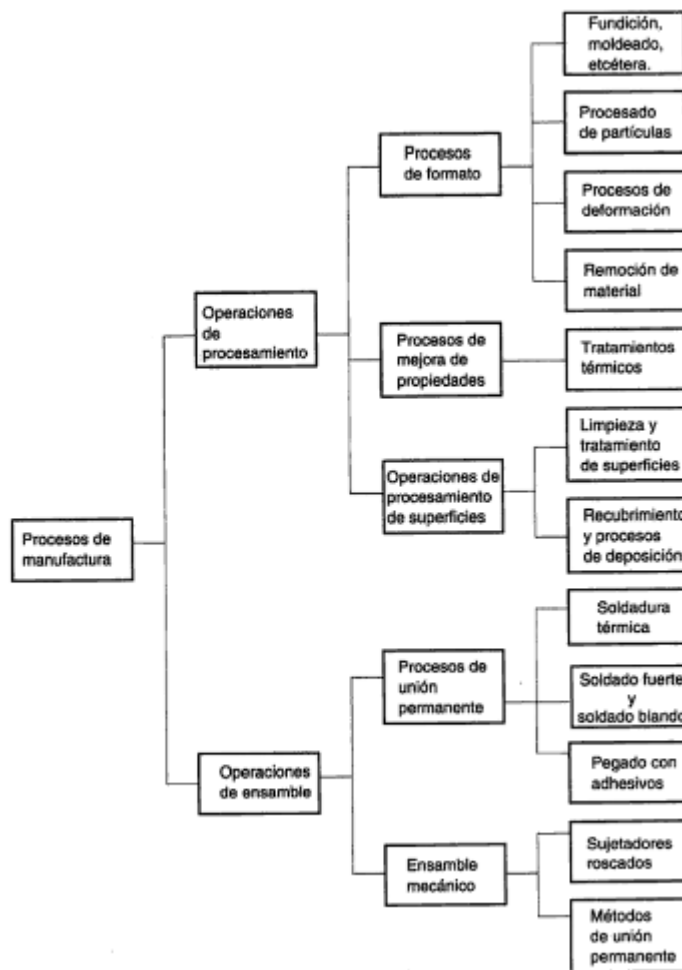


Figura 4. “Clasificación de procesos de manufactura”
Mikell P. Groover, 2007, p. 11).

2.2.1 Operaciones de proceso.

Para procesos de ensambles de componentes o de manufactura se cuenta con diferentes tipos como pueden ser el corte de materiales, perforaciones a los materiales, unión, maquinado de algunos materiales, con el fin de ensamblar con precisión los componentes. Para éste fin existen una cantidad considerable de herramientas. Para Mikell P. Groover (2007), una operación de proceso utiliza energía para alterar la forma, las propiedades físicas o el aspecto de una pieza de trabajo a fin de agregar valor al material. Las formas de energía incluyen la mecánica, térmica, eléctrica o química. La energía se aplica de forma controlada mediante la maquinaria y su herramental.

Hacer la clasificación del tipo de operaciones que se tienen, proporciona información del proceso de manufactura que también puede generar opciones de mejora, que es el objetivo de este trabajo en cuanto a manejo de materiales. De acuerdo con Mikell P. Groover, 2007, se distinguen 3 categorías de operaciones de proceso en la manufactura: 1) operaciones de formado, 2) operaciones para mejorar propiedades y 3) operaciones de procesado de superficies.

2.2.2 Operaciones de ensamble.

Debido a que los productos complejos tienen muchas operaciones de ensamble (uniones de componentes), es necesario identificarlas. Como parte documentada del proceso, las operaciones de ensamble definen las uniones y la forma de unión de los materiales que posteriormente se utilizan para formar el ensamble final. Generalmente para las uniones se utiliza tornillería en conjunto con pegamentos y remaches. Para John A. Schey (2002), la unión (...) toma las piezas producidas por medio de otros procesos unitarios y los articula en una pieza más compleja, por lo tanto también se podría considerar como un método de ensamble.

2.3 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Los sistemas de producción son un conjunto de elementos que permiten satisfacer la demanda de un producto. Dentro de los sistemas de producción se encuentran los métodos, las instalaciones, los sistemas y se pueden proporcionar subcategorías para la fabricación de los productos de manera que se pueden distinguir qué genera apoyo documental a un documental o un apoyo físico a los ensambles. De acuerdo con Mikell P. Groover (2007), los sistemas de producción consisten en mano de obra, equipos y procedimientos diseñados para combinar los materiales y procesos que constituyen sus operaciones de manufactura. Los sistemas de producción pueden dividirse en dos categorías: 1) instalaciones y 2) apoyo a la manufactura. Las instalaciones se refieren al equipo físico y su disposición en la planta. Los sistemas de apoyo a la manufactura son los procedimientos usados por la compañía para administrar la producción y resolver los problemas técnicos y logísticos que surgen en el ordenamiento de los materiales, el movimiento de los trabajos en planta, y la seguridad de que los productos cumplen con las normas de calidad. Ambas categorías de sistemas de producción incluyen al personal; ellos hacen que los sistemas trabajen. En general, el personal operativo es responsable de operar el equipo de manufactura y el personal profesional es responsable del apoyo a la manufactura.

2.3.1 Instalaciones para la producción.

Cuando se encuentran dentro de las instalaciones para la producción, con el espacio de ensamble y con las herramientas requeridas para desempeñar el trabajo a realizar, los equipos, y las estaciones de trabajo, incluyendo todas sus fases, hasta que se entrega a un cliente el producto final todos los medios para producir correctamente y sin retrasos algo específico, entonces se tienen las instalaciones para la producción. De acuerdo con Fred E. Meyers & Stephens (2006), debe haber mecanismos adecuados para asegurar el manejo, el almacenamiento, el empaque, la preservación y la entrega apropiados del producto.

2.3.2 Producción en baja cantidad.

Existe una relación entre la producción y la complejidad de los productos realizados. Ésta complejidad hace que los dispositivos realizados sean de un menor volumen que si fueran sencillos de producir. Si a esto se suma que personal que realiza la actividad debe tener cierto grado de experiencia, se agrega un factor determinante para las cantidades de producción. Para S. Kalpakjian & S. R. Schmid (2008), la disponibilidad de máquinas y equipo dentro de la instalación manufacturera, así como la experiencia del personal operativo, también son factores importantes del costo. La producción de lotes pequeños, de entre 10 a 100 al año, se realiza en máquinas similares, así como en máquinas con diversos controles computarizados.

Dentro de la producción de productos complejos y pesados es necesario que los procesos se adapten, debido a que llegando a cierta fase del proyecto es posible tener una condición compleja de movimiento. Para Lluís Cuatrecasas Arbós (2012), la disposición orientada al proceso, los puestos de trabajo están agrupados funcionalmente, es decir por el tipo de actividad que desarrollan, pero sin relación alguna con el producto.

El grado de flexibilidad o el grado de dificultad del proceso productivo o de manufactura están ligados y en algunos casos es complicado dividirlos, algunas veces hay una mezcla de ambas, ya que puede ser que por limitaciones de peso el producto se debe mantener en un solo lugar y por otro lado antes de ciertas fases es posible mover un componente previo a cierta condición avanzada. Según dependiendo de la fase en la que se encuentre un producto, la empresa deberá decidir un proceso más adecuado para los objetivos estratégicos que se pretenden conseguir en la misma.

Para Mikell P. Groover (2007)

“Las funciones de apoyo a la manufactura son frecuentemente realizadas en la empresa por personal organizado dentro de departamentos como los siguientes:

Ingeniería de manufactura: Este departamento es responsable de planear los procesos de manufactura, es decir, decide cuáles procesos deben usarse

para fabricar las partes y ensamblar los productos. Se encarga también de diseñar y ordenar las máquinas herramientas y otros equipos que utilizan los departamentos operativos para realizar el procesado y ensamble del producto.

Planeación y control de la producción: Este departamento es responsable de resolver los problemas logísticos en la manufactura: ordenar los materiales y partes a comprar, programar la producción y asegurar que los departamentos operativos tengan la capacidad necesaria para cumplir con los planes de producción" (p. 20).

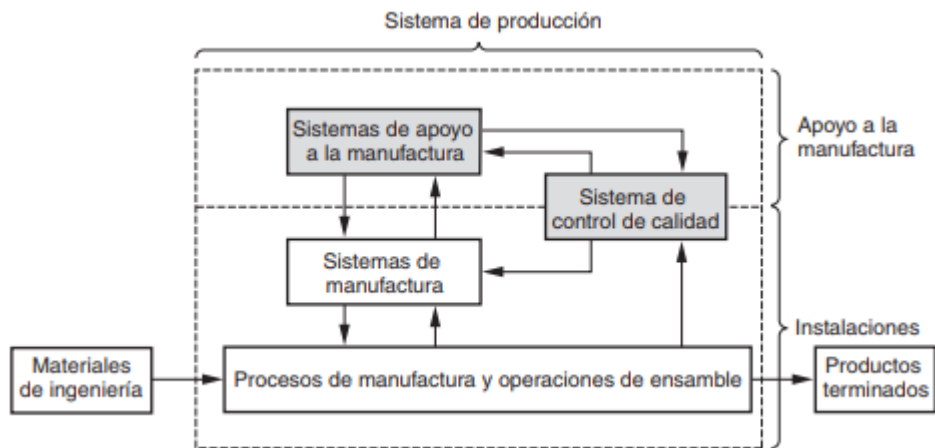


Figura 5. "Posición de los sistemas de apoyo a la manufactura en el sistema de producción"
(Mikell P. Groover, 2007, p. 20).

2.3.3 Control de calidad.

Al haber productos con el que se prueban artículos para la industria automotriz, se puede inferir que se lleva un estricto control de calidad en cuanto a la liberación del equipo y cada componente. Se debe realizar la liberación de acuerdo a normas alemanas o europeas que implican un buen uso de los recursos y contemplando los aspectos visual y funcional. Para Juan Carlos Hernández Matías & Antonio Vizán Idiopé (2013), de forma resumida puede decirse que Lean consiste en la aplicación sistemática y habitual de un conjunto de técnicas de fabricación que buscan la mejora de los procesos productivos a través de la reducción de todo tipo de

“desperdicios”, definidos éstos como los procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios.

2.3.4 Ensamble mecánico.

El ensamble mecánico se puede realizar por etapas con relativa facilidad trabajadores no calificados con apoyo de los más experimentados, con un mínimo de herramientas especiales y en un tiempo relativamente corto, de acuerdo con S. Kalapckjian & S.R. Schimd (2008) existen tres tipos de ensamble: manual, automático, y robótico. Estos métodos se pueden utilizar por separado o, como en el caso de la mayoría de las aplicaciones en la práctica: en combinación.

2.4 SELECCIÓN DE MATERIALES Y PROCESOS

2.4.1 Selección de procesos de fabricación.

Para el caso de las estaciones de prueba eléctrica, la designación de los procesos y materiales a aplicar fueron ya realizados con anticipación. Al ensamble se ocupan materiales que ya son utilizadas sin tratamientos extras.

Para el diseño de estaciones de prueba eléctricas, se toma en cuenta el proceso de producción actual para evitar retrasos, simplemente cuando sea aplicable un corte de material, o unión de materiales. pero no su tratamiento.

El ensamble de estaciones de prueba eléctricas es una combinación de procesos primarios/secundarios, ya que el proceso de ensamble le proporciona forma a la estación de prueba eléctrica.

Para Pérez María Cruz Castro (2016), citado por Geoffy Boothroyd, Peter Dewhurst, Winston Knight (2010), La selección de procesos apropiados para la fabricación de una parte en concreto se basa en una coincidencia de los atributos requeridos de la pieza y las diversas capacidades de proceso. Una vez que se determina la función general de una parte, se puede formular una lista que da las características

geométricas esenciales, las propiedades del material y otros atributos que se requieren. La mayoría de los componentes no se producen por un solo proceso, sino que requieren una secuencia de procesos diferentes para lograr todos los atributos requeridos de la parte final. Se utilizan combinaciones de muchos procesos, y esto es necesario porque un único proceso no puede proporcionar en general todos los atributos de la parte terminada. Sin embargo, uno de los objetivos del análisis DFMA es la simplificación de la estructura del producto y la consolidación de las piezas.

2.4.2 Capacidades de proceso.

El conjunto de elementos con los que se cuenta para realizar una tarea específica, ayudan a conocer los alcances del equipo durante el año. Conocer las dimensiones y formas de las piezas que componen a un producto contribuyen a conocer el alcance de los ensambles. De acuerdo con Pérez María Cruz Castro (2016), citado por Geoffy Boothroyd, Peter Dewhurst, Winston Knight (2010), cada proceso puede ser analizado para determinar el rango de sus capacidades, en términos de atributos de las partes que se pueden producir. En estas capacidades, se incluyen características de forma que se pueden producir: rangos de tolerancia naturales, capacidades de rugosidad de la superficie, etc. Estas capacidades demuestran si un proceso puede usarse para producir los atributos de parte correspondientes.

2.4.3 Selección de materiales.

Para la construcción de un componente, es necesario tomar en cuenta los materiales con los que se va a producir. Es por ello, que para los ensambles se toman en cuenta las condiciones en las que va a estar trabajando el producto que se ensambla y sus posibles fallas para evitar posibles problemas a futuro. Según E. P. de Garmo & J. T. Black & R. A. Kohser (2002), el objetivo de la selección de materiales es producir unos artículos que se adapten aceptablemente a las funciones que se les haya asignado.

2.5 FUNDAMENTOS DE LAS LÍNEAS DE PRODUCCIÓN

El conjunto de estaciones de trabajo, nos permiten planificar las actividades que se realizan en cada una. Además existen otras ventajas de seccionar las actividades, ya que permiten hacer cálculos para poder darnos cuenta de lo que se está ensamblando y en qué tiempo. De acuerdo con Mikell P. Groover (2007), 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.

2.5.1 Productos.

El objeto final son los artículos que se entregan a un proveedor o a un cliente interno. Incluyendo el tiempo ejercido en la producción o las estaciones de trabajo.

Para Francisco Aguayo González & Víctor M. Soltero Sánchez (2003), se concluye que un producto es el grupo de atributos tangibles e intangibles que incluyen el envase o embalaje, el color, el precio, calidad y la marca.

2.5.2 Configuración general de una línea de producción.

Hacer la asignación de tareas por estación de trabajo, además de hacer un proceso más ordenado, permite tener una cantidad numérica de actividades en minutos u horas, lo que además ayuda en el cálculo de trabajo a futuro. Para Mikell P. Groover (2007), el problema de asignar tareas a las estaciones de trabajo para que todas compartan una misma carga de trabajo es más complejo en una línea de modelo mixto. La programación y la logística son más difíciles en este tipo de línea.

2.5.3 Métodos de transporte de trabajo.

Para poder hacer el movimiento de los materiales en el área de trabajo, es necesario tener un mapa con las estaciones de trabajo, su interacción y los tiempos necesarios para moverlos de una estación a otra mediante el método elegido. La especificación de ésta información, va a permitir calcular las distancias a recorrer por los operadores. Para Mikell P. Groover (2007), existen distintas formas de mover las unidades de trabajo de una estación a la siguiente. Las dos categorías básicas son manual y mecanizada.

El método manual de transporte de trabajo, implica pasar las unidades de trabajo entre las estaciones en forma manual y se asocian con las líneas de ensamble manual. En algunos casos, el producto de cada estación se recopila en una caja o una charola de carga, cuando la caja está llena se mueve a la siguiente estación.

2.5.4 Determinación del número de trabajadores requeridos.

Además de los sistemas de producción, existen algunas fórmulas que nos permiten conocer el recurso humano necesario para satisfacer la demanda que cliente requiere, para ello se debe tomar en cuenta la semana laboral y el recurso disponible por turno para saber la velocidad de producción y si hace falta o no recurso humano extra. En éste sentido, Mikell P. Groover (2007) menciona que las líneas de producción se usan para productos con alta demanda. Pueden desarrollarse ecuaciones para determinar el número requerido de trabajadores y estaciones de trabajo en una línea de producción, con el propósito de cumplir una demanda anual dada (...). Por ejemplo, se desea diseñar una línea de modelo único para satisfacer la demanda anual de un producto. La administración debe decidir cuántos turnos de trabajadores por semana operarán la línea y la cantidad de horas por turno. Si se suponen 50 semanas por año, entonces la velocidad de producción requerida por hora de la línea se determinará mediante la ecuación 1:

Ecuación 1:

$$R_p = \frac{D_a}{50S_w H_{sh}}$$

Donde:

R_p: Velocidad de producción promedio real, unidades/h;

D_a: Demanda anual del producto, unidades/año;

S_w: número de turnos/semana;

H_{sh}: horas/turno.

Si la línea opera 52 semanas en vez de 50, R_p D_a /52S_wH_{sh}.

“El tiempo de producción promedio correspondiente por unidad es el recíproco de R_p”, [de acuerdo a la ecuación 2] (Mikell P. Groover, 2007, p. 925).

Ecuación 2:

$$T_p = \frac{60}{R_p}$$

Donde:

T_p tiempo de producción promedio real convertido a minutos.

R_p: Velocidad de producción promedio real, unidades/h;

En algunos casos por cálculos podemos obtener una eficiencia muy alta, sin embargo las personas no trabajamos al 100 % en nuestras actividades además de que es posible una falla por parte de las máquinas. Se requiere de tiempo para comer, ir al baño y otras actividades. Debido a ello, la eficiencia se puede ver afectada, por lo que Mikell P. Groover (2007) menciona que desafortunadamente, tal vez la línea no esté disponible para todo el tiempo dado por 50S_wH_{sh}, debido a que los problemas de confiabilidad provocan tiempo perdido. Estos problemas incluyen fallas mecánicas y eléctricas, desgaste de las herramientas, interrupciones de corriente y desajustes del funcionamiento (...). De acuerdo con lo anterior, la línea debe operar a un tiempo más rápido que T_p para compensar estos problemas.

Si E es eficiencia de la línea, la cual es la proporción del tiempo de funcionamiento, el tiempo de ciclo de la línea T_c está dado por [la ecuación 3]" (p. 925).

Ecuación 3:

$$T_c = ET_p = \frac{60E}{R_p}$$

Donde:

E: Eficiencia

R_p : Velocidad de producción promedio real, unidades/h;

Para Mikell P. Groover (2007)

"Cualquier producto presenta cierto contenido de trabajo que representa todas las tareas que se van a realizar en la línea. Este contenido de trabajo requiere una cantidad de tiempo, denominada el tiempo de contenido de trabajo T_{wc} . Este es el tiempo total que se requiere para hacer el producto en la línea. Si se supone que el tiempo de contenido del trabajo se divide de manera equitativa entre los trabajadores de manera que cada uno tenga una carga de trabajo igual, cuyo tiempo para realizarla T_c , entonces la cantidad mínima posible de trabajadores W_{\min} en la línea puede determinarse" (p. 926) [de acuerdo a la ecuación 4].

Ecuación 4:

$$W_{\min} = \text{Entero mínimo } \geq \frac{T_{wc}}{T_c}$$

Donde:

T_{wc} : Tiempo de contenido del trabajo;

T_c : Tiempo para realizar la actividad.

“Si cada trabajador es asignado a una estación de trabajo separada, entonces el número de estaciones de trabajo es igual al número de trabajadores” [de la ecuación 5] (Mikell P. Groover ,2007, p. 926).

Ecuación 5:

$$N_{\text{mín}} = W_{\text{mín}}$$

“Donde:

$N_{\text{mín}}$: Número de estaciones de trabajo” (Mikell P. Groover ,2007, p. 926);

“ $W_{\text{mín}}$: Número de trabajadores” (Mikell P. Groover ,2007, p. 926);

Para Mikell P. Groover (2007)

“Existen dos razones prácticas por las que este número de trabajadores y estaciones de trabajo usualmente no puede igualarse, éstas son: 1. Balance imperfecto. Es muy difícil dividir el tiempo de contenido del trabajo en forma equitativa entre todos los trabajadores. Se asignará a algunos trabajadores una cantidad de trabajo que requiera menos tiempo que T_c , y esto incrementará el número total de trabajadores requeridos. 2. Pérdida de tiempo en la reubicación. Se perderá tiempo en cada estación debido a la reubicación del trabajo o el trabajador; por lo tanto, la cantidad de tiempo disponible en cada estación será en realidad menor que T_c , y esto también incrementará el número de trabajadores en la línea” (p. 926).

Aunque se tienen datos en base a la experiencia del personal, se busca que con la aplicación de las ecuaciones 1, 2, 3, 4 y 5, se contabilice el recurso necesario para poder completar la carga de una cantidad de estaciones demandada por cliente en un cierto período. Además, encontrar la velocidad de producción y cantidad de personal para satisfacer la demanda de las estaciones.

2.5.5 Balanceo de línea y pérdidas de reubicación.

Cuando se hace un balanceo de línea de las actividades, se deben tomar en cuenta: que trabajo se debe realizar en cada estación, cuánto dura y si tiene alguna restricción de la actividad previa. Basándose en todos éstos temas, se puede

revisar la velocidad de trabajo y la cantidad de trabajadores requeridos. Según Jay Heizer & Barry Render (2004) el balanceo de líneas se realiza para minimizar el desequilibrio entre máquinas y personal mientras se cumple con la producción requerida. Con la finalidad de producir a una tasa especificada, la administración debe conocer las herramientas, el equipo y los métodos de trabajo empleados.

2.5.6 Planeación de procesos.

Generar instrucciones de trabajo de manera precisa, y generando información de apoyo para la creación de los productos es parte de la documentación de los procesos y que se apoya en medición de tiempos. Para Mikell P. Groover (2007), la planeación de procesos implica determinar los procesos de manufactura más adecuados y el orden en el cual deben realizarse para producir una pieza o producto determinados, que se especifican en la ingeniería de diseño. Si es un producto ensamblado, la planeación de procesos debe definir la secuencia apropiada de los pasos de ensamble.

El proceso se lleva a cabo de acuerdo con el orden natural (secuencia) de ensamble de abajo hacia arriba para una estación de prueba eléctrica.

Tabla 3. “Detalles y decisiones requeridos en la planeación de procesos”
(Mikell P. Groover, 2007, p. 939).

<p>Procesos y secuencias. El plan del proceso debe describir brevemente todos los pasos de procesamiento que se usan en la unidad de trabajo (por ejemplo, ensamble de piezas), así como el orden en el cual se realizan. La planeación de procesos es realizada por ingenieros en manufactura que conocen los procesos particulares que se usan en la fábrica y son capaces de leer dibujos de ingeniería. Con base en su conocimiento, capacidad y experiencia, llevan a cabo los pasos de procesamiento que se requieren en la secuencia más lógica para hacer cada pieza.</p>
<p>Selección del equipo. En general, la ingeniería de manufactura pretende implantar planes de procesos que utilicen equipo existente. Cuando esto no es posible, debe comprarse el componente en cuestión o debe instalarse equipo nuevo en la planta.</p>
<p>Herramientas, dados, moldes, soportes y calibradores. El planificador del proceso debe decidir qué herramientas necesita cada proceso. El diseño de estos artículos por lo general se delega al departamento de diseño de herramientas y la fabricación se realiza en un taller de herramientas.</p>
<p>Herramientas de corte y condiciones de corte para las operaciones de maquinado. Estas las especifica el planificador de procesos, el ingeniero industrial, el encargado de taller o el operador de máquinas, con frecuencia de acuerdo con las recomendaciones de un manual estándar.</p>
<p>Métodos. Los métodos incluyen movimientos de la mano y el cuerpo, distribución del lugar de trabajo, herramientas pequeñas, grúas para levantar piezas pesadas. Deben especificarse métodos para operaciones manuales y las partes manuales de los ciclos de maquinado.</p>
<p>Estándares de trabajo. Se aplican técnicas de medición del trabajo para establecer estándares de tiempo para cada operación.</p>
<p>Estimación de los costos de producción. Con frecuencia lo realizan estimadores de costos con ayuda del planificador de procesos.</p>
<p>Manejo de materiales. Debe considerarse el problema de mover materiales y el trabajo en proceso dentro de la fábrica.</p>

Distribución de la planta y diseño de instalaciones. Por lo general, esto es responsabilidad del departamento de ingeniería de la planta que trabaja con la ingeniería de manufactura.

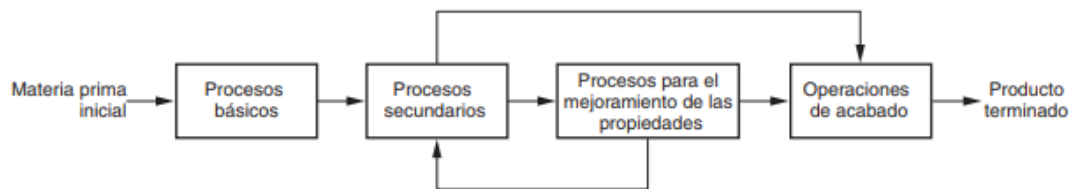


Figura 6. “Secuencia típica de procesos requeridos en la fabricación de piezas”
(Mikell P. Groover, 2007, p. 939).

2.5.7 Requerimientos de diseño.

Para los ensambles complejos, el diseño productos debe ser realizado con tamaños estándar, lo que ayuda a que se pueda realizar en un corto tiempo el proceso de diseño. Materiales estándar pueden incluir perfiles de determinado tamaño con perforaciones previas. Los requerimientos de los productos deben venir en un manual de requerimientos donde se especifican las dimensiones del producto como un todo, (ver Figura 7). Para Mikell P. Groover, (2007), la secuencia de procesos debe satisfacer las dimensiones, tolerancias, acabados de superficies y otras especificaciones establecidas por el diseño de productos.

2. Technical description

2.1 Requirements of product/ hardware

test desk	
Ja	Frame provided Additional Information: (see point 15./16. Attachments)
<input type="checkbox"/>	Pultform
<input type="checkbox"/>	H-Form (HMT)
<input checked="" type="checkbox"/>	horizontally rectangular (HMT) SEE ATTACHED, same Frame of 7100-859 T.S No.1 Ba
<input type="checkbox"/>	vertical
<input type="checkbox"/>	special form
<input type="checkbox"/>	Transport roles with foot protection (only Pult/vertical)
<input type="checkbox"/>	minirack cabinet
<input type="checkbox"/>	Monitor holder
<input type="checkbox"/>	keyboard holder
<input checked="" type="checkbox"/>	1x printer trolley
<input checked="" type="checkbox"/>	2x combined holder (monitor+Keyboard)
• Test system	
<input checked="" type="checkbox"/>	1x PCM-Test system
<input checked="" type="checkbox"/>	2x 19" flat screen
<input type="checkbox"/>	Bar code scanner
<input checked="" type="checkbox"/>	1x Bar code scanner wireless 2D Datamatrix
<input checked="" type="checkbox"/>	1x printer ZT410 (300dpi) / Network
<input checked="" type="checkbox"/>	2x keyboard with touchpad
<input checked="" type="checkbox"/>	1x Protective envelope PRFST
<input checked="" type="checkbox"/>	1x digital supply pressure monitoring
<input checked="" type="checkbox"/>	1x Coordinates labeling of metal on the testing station
• Testing method of the station	
<input type="checkbox"/>	Zusbau
<input checked="" type="checkbox"/>	Modulbau
Database connection	
<input type="checkbox"/>	IPST
<input checked="" type="checkbox"/>	IPST MTO-E
<input type="checkbox"/>	PST 2
<input type="checkbox"/>	PST-Module
<input checked="" type="checkbox"/>	Superstooge
<input type="checkbox"/>	no database connection
• Label	
<input checked="" type="checkbox"/>	using an existing label
<input type="checkbox"/>	create a new label
	type/name
	basic
	size
• Test programm	
<input type="checkbox"/>	create a new program
<input checked="" type="checkbox"/>	using / expanding an existing program
• Components for testing	
<input checked="" type="checkbox"/>	Connector
<input type="checkbox"/>	Grommet
<input type="checkbox"/>	Clips
<input type="checkbox"/>	Channel parts
<input checked="" type="checkbox"/>	Fiber-optic cable attenuation

Figura 7. Un ejemplo de una sección del archivo de requerimientos para una estación de prueba eléctrica.
Fuente: elaboración propia.

2.5.8 Requerimientos de calidad y aspectos de la calidad.

Para poder continuar con un ensamble correcto de un producto, se requiere que todo el producto se encuentre bajo normas que se sujeten a especificaciones técnicas en cuanto a correctitud visual y de funcionamiento, para Mikell P. Groover, (2007), deben seleccionarse procesos que satisfagan los requerimientos de calidad en términos de tolerancias, integridad de las superficies, consistencia y capacidad de repetición, y otras medidas de calidad del proyecto.

Tabla 4. “Aspectos de la calidad”
(Mikell P. Groover, 2007, p. 973).

Aspectos de las características del producto	Aspectos de la carencia de deficiencias
Configuración de diseño, tamaño, peso	Ausencia de defectos
Características distintivas del modelo	Conformidad con las especificaciones
Facilidad de uso	Componentes dentro de la tolerancia
Atractivo estético	Sin piezas faltantes
Funcionamiento y rendimiento	Sin fallas iniciales
Disponibilidad de opciones	
Confiabilidad y capacidad de dependencia	
Durabilidad y larga vida de servicio	
Posibilidad de recibir servicio	
Reputación del producto y el fabricante	

2.5.9 Volumen y velocidad de producción.

El concepto de volumen y la velocidad de producción están vinculados con los tiempos de ciclos de las estaciones.

Para las estaciones de prueba eléctrica, el tiempo de entrega varía de acuerdo a la demanda de cliente (algunas veces cliente pide dos o más estaciones para una misma semana), la capacidad existente y la eficiencia de trabajo de ensamble de los trabajadores. Según Mikell P. Groover, (2007), El proceso debe ser capaz de cumplir el volumen y la velocidad requerida de producción. El volumen y la velocidad de producción influyen de gran manera en los procesos y los sistemas de manufactura.

2.5.10 Restricciones de precedencia.

Las restricciones de precedencia se deben contemplar al hacer la descripción de las actividades para ensamblar cualquier producto. La secuencia de pasos generada en las tablas 11-19 están en orden, lo que lleva a la respetar las restricciones de precedencia en automático para el trabajo en específico. De acuerdo con Mikell P. Groover, (2007), son requerimientos de secuencia tecnológica que determinan o restringen el orden en el cual se realizan los pasos del procesamiento. Ejemplos: debe taladrarse un orificio antes de que pueda roscarse; una pieza de metal pulverizado debe prensarse antes de sinterizarse; una superficie debe limpiarse antes de pintarse; y así sucesivamente.

2.5.11 Eliminar pasos innecesarios.

Dentro de los ensambles, es necesario en todo momento velar por la eficiencia en los procesos, que significa hacer lo mismo con menos actividades, a manera de ahorro, de acuerdo con Mikell P. Groover, (2007), la secuencia de procesos debe planearse con la cantidad mínima de pasos de procesamiento. Deben evitarse las operaciones innecesarias y pedirse cambios en el diseño para eliminar características que no son absolutamente necesarias, y por ende suprimir los pasos de procesamiento asociados con dichas características.

2.5.12 Flexibilidad.

Los procesos de producción, deben contemplar la flexibilidad en algunos pasos del ensamble, esto ayuda a que se puedan tener piezas estándares que son más fáciles de conseguir, la posibilidad de obtener materiales e incluso hacer diseños que se puedan reutilizar y así evitar una obsolescencia de herramientas o de diseños iniciales, por ser estándar el material y las herramientas. Según Mikell P. Groover (2007), cuando sea posible, el proceso debe ser suficientemente flexible para adoptar cambios en el diseño de ingeniería. Con frecuencia esto es un problema cuando deben diseñarse herramientas especiales para producir la pieza; si se cambia el diseño de la pieza, la herramienta especial puede resultar obsoleta.

2.5.13 Costo mínimo.

Se debe buscar el ahorro en producción, durante el proceso de análisis de movimientos se debe buscar disminuir el tiempo de construcción de todos los componentes, lo que se refleja en menor costo. Para Mikell P. Groover (2007), la secuencia de procesos debe ser el método de producción que satisfaga todos los requerimientos anteriores y también obtenga el costo de producto más bajo posible.

2.5.14 Decisión de hacer o comprar.

La decisión de comprar o hacer ya se tiene bien definida. Algunas veces es por falta de tiempo que se manda hacer, otras veces porque es más barato hacerlo externo que interno. Para Fred E. Meyers & Stevens (2005), ninguna planta elabora sus propias tuercas, tornillos, (...) pero alguien podría tener una máquina especial para hacer la parte en cuestión más rápido, mejor y a un costo menor de aquél en que incurriría.

2.5.15 Procesos internos disponibles.

Al no tener todos los procesos necesarios para todos los materiales de un producto en específico, los procesos se hacen de manera externa. La eficiencia interna de procesos disponibles, se controla con indicadores, ya que son procesos que se tienen bien aprendidos como lo son el diseño, el maquinado de algunos componentes, el ensamble de dispositivos de prueba, etc. En el mismo sentido Mikell P. Groover (2007) menciona que si un proceso dado no está disponible de manera interna, la decisión obvia es comprar. Con frecuencia los vendedores logran eficiencia en un conjunto limitado de procesos que los vuelve competitivos en relación con los costos externos-internos.

2.5.16 Cantidad de producción.

Existen condiciones de producción que dependen del tamaño de lo que se debe hacer, algunas veces por cuestiones de economía se debe considerar compra externa o realización propia. Pero para Mikell P. Groover, (2007), en la cantidad requerida de unidades, los volúmenes altos tienden a favorecer las decisiones de hacer. Las cantidades bajas tienden a favorecer las decisiones de comprar.

2.5.17 Vida del producto.

Los productos tienen que pasar por ciertas fases, existe un período para poder analizar lo que se quiere obtener y los procesos que va a llevar, de acuerdo con Aguayo González & Víctor Soltero (2003) los productos industriales son el conjunto de atributos tangibles e intangibles que incluyen el envase o embalaje, el color, el precio, la calidad y la marca; más los servicios, la reputación del vendedor.

2.5.18 Confiabilidad del proveedor.

Cuando en las plantas no es posible producir todo lo que se requiere, existe siempre la posibilidad de comprar un producto que se revende. Esto es una medida alternativa a la falta de capacidad de producción. De acuerdo con Mikell P. Groover (2007), en algunos casos, las fábricas compran piezas a vendedores como una fuente alternativa para sus propias plantas de producción.(...) Éste es un intento de asegurar un abastecimiento continuo de piezas y para equilibrar la producción en periodos de demanda pico.

2.5.19 Los problemas en la planeación y control de la producción difieren en cada tipo de manufactura.

Es incorrecto pensar que todos los tipos de manufactura son iguales, para cada tipo se debe considerar el producto que se hace, además de los recursos y otros equipos. Basados en éstos datos es como se puede hacer un correcto control de la producción. Tomando los valores estándar de producción, se puede prever la producción, en éste sentido Mikell P. Groover (2007), menciona que en un extremo

está la producción en un taller, en la cual se producen muchos tipos diferentes de productos en cantidades bajas. Con frecuencia los productos son complejos, tienen muchos componentes y cada uno debe procesarse mediante varias operaciones. Solucionar los problemas logísticos en una planta con tales características requiere una planeación detallada, programar y coordinar la gran cantidad de componentes distintos y los pasos de procesamiento para los diferentes productos.

En la Figura 10 se establecen las actividades de un sistema de planeación y control de la producción.

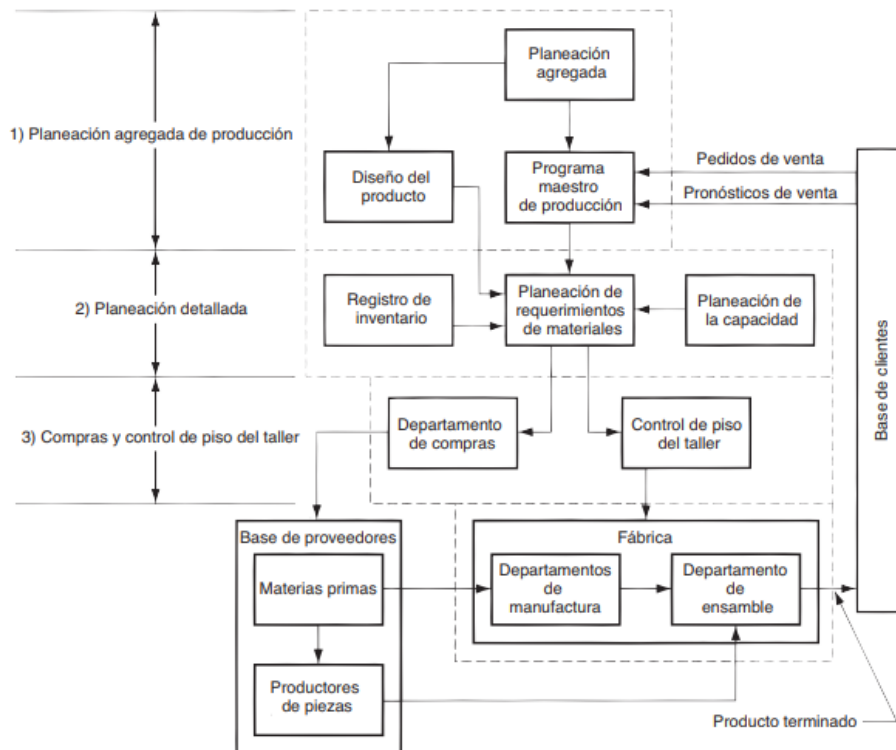


Figura 8. “Actividades en un sistema de planeación y control de la producción” (Mikell P. Groover, 2007, p. 954).

2.5.20 Planeación agregada y el programa maestro de producción.

La planeación dentro de una empresa, es de gran ayuda, ya que permite conocer lo que se tiene en proceso de producción, lo que viene, incluso los errores. Esta

descripción del proceso nos hace conocer la lógica que se sigue en cuanto al programa maestro de producción desde el punto de vista logístico para los productos en general. Uno de los principales problemas considerando la Figura 2 muestra que las replaneaciones de logística es uno de los principales problemas que se deben atacar por ser reinicidentes, Para Mikell P. Groover (2007), cualquier compañía de manufactura debe tener un plan de negocios, el cual debe incluir el tipo, la cantidad y el momento en que se fabricarán los productos. El plan de manufactura debe considerar los pedidos actuales y los pronósticos de ventas, los niveles de inventarios y la capacidad de la planta. Se preparan distintos tipos de planes de manufactura. Una diferencia se da en términos del horizonte de planeación; pueden distinguirse tres categorías: 1) planes a largo plazo, que se refieren a un horizonte de tiempo que está a más de un año de distancia; 2) planes a mediano plazo, que se relacionan con los periodos de seis meses a un año en el futuro; y 3) planes a corto plazo, que consideran horizontes en el futuro cercano, como días o semanas.

“Los productos enlistados en el programa maestro por lo general se dividen en tres categorías: 1) pedidos de clientes de productos, 2) demanda pronosticada y 3) piezas de repuesto” (Mikell P. Groover, 2007, p. 955).

2.5.21 Sistemas de punto de orden.

Los materiales para un ensamble, como en todo proceso de manufactura pueden detener o hacer avanzar las actividades, tener un *stock* de seguridad (puntos de reorden de materiales) es lo que se debe buscar, promover en mayor medida (puesto que se hace en forma parcial), ya que también el no tener materiales es uno de los problemas que más afecta a las estaciones de acuerdo con la Figura 2. Dentro de los sistemas utilizados para el control de los materiales se tienen puntos de reorden predeterminados que no siempre son verídicos, pues la demanda puede ser muy inferior a lo que muestra el requerimiento real. Los puntos existentes de reorden se deben revisar con frecuencia para evitar tener materiales de más o faltantes.

Una herramienta útil para la compra de materiales requeridos para algunos ensambles, es en la herramienta SAP, donde permite conocer los requerimientos y en base a ellos conocer las demandas de productos que pueden ser previstos en el caso de haber faltantes. Para Mikell P. Groover (2007), los sistemas de punto de reorden enfrentan dos aspectos relacionados al controlar inventarios de artículos de demanda independiente: cuánto pedir y cuándo hacerlo. El primer aspecto, determinar cuántas unidades se deben pedir, se define frecuentemente mediante fórmulas económicas de cantidad de pedidos. El segundo aspecto, cuándo hacer un pedido, se realiza usando puntos de reorden.

2.5.22 Planeación de requerimientos de materiales y de capacidad.

El uso de sistemas de punto de reorden son herramientas de primer orden cuando se trata de planeación de producción con volumen. Un sistema utilizado para el manejo de materiales se tiene en SAP donde es posible rastrear un requerimiento específico, pero también conocer cuándo será producido, maquinado y entregado. De acuerdo con Mikell P. Groover (2007), Planeación de requerimientos de materiales La planeación de requerimientos de materiales (MRP, por sus siglas en inglés) es un procedimiento de computación que se utiliza para convertir el programa maestro de producción de productos finales en un programa detallado de materias primas y componentes que se usan en los productos finales. El programa detallado indica las cantidades de cada artículo, cuándo debe reabastecerse y cuándo entregarse para cumplir con el programa maestro.

2.5.23 Kanban.

Con el uso de tarjetas dentro del área de trabajo se facilita la manipulación de productos dentro de una empresa. Éste sistema basado en tarjetas proporciona material a la estación correcta y cambia de estatus dependiendo de su utilidad. De acuerdo con Mikell P. Groover, (2007), Un kanban propone el control de producción [o movimiento de material] mediante el uso de tarjetas.

Existen kan ban de transporte y de producción, en uno se activa la tarjeta para que se pueda mover un material de una estación a otra y de la otra se realiza para que se mueva un material producido entre estaciones. En ése sentido Mikell P. Groover (2007), menciona que “Un **kanban de producción** autoriza la elaboración de un lote de piezas. Las piezas se colocan en contenedores, de modo que el lote debe consistir sólo en las piezas suficientes para llenar el contenedor. No se permite la producción de piezas adicionales. Un **kanban de transporte** autoriza el movimiento del contenedor de piezas a la siguiente estación en la secuencia.

Para Mikell P. Groover (2007)

“[La Figura 9] muestra cuatro estaciones. (...) La estación A y B son las que proveen a B y C, y la estación C es el cliente. (...) La estación C alimenta a la estación D. Cuando la estación C empieza a trabajar con un envase lleno, un trabajador retira el kanban de transporte del envase y lo regresa a B para reutilizar la tarjeta de transporte en el siguiente transporte. El trabajador encuentra un envase lleno de piezas en B que se acaban de producir, retira el kanban de producción del envase y lo coloca en el estante en B [para reutilizar la tarjeta en el siguiente lote]. (...) El kanban de producción en el estante de la estación B autoriza la producción de un nuevo lote de piezas. La estación B produce más de un estilo de pieza, tal vez para varias estaciones hacia abajo en la línea, además de C. La programación del trabajo se determina mediante el orden en el cual se colocan los kanbans de producción en el estante” (p. 966).

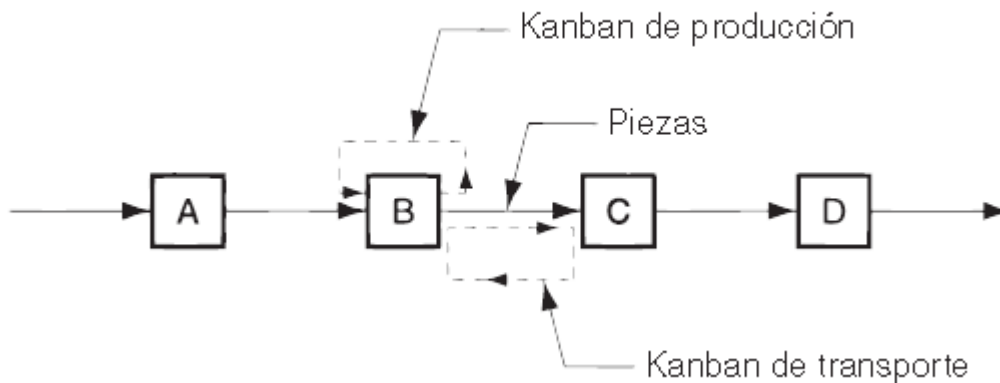


Figura 9. “Operación de un sistema Kanban entre estaciones de trabajo”
(Mikell P. Groover , 2007, p. 966)

2.5.24 Control de piso de taller.

La producción se debe controlar, y para ello existen herramientas como el MRP que permite saber las prioridades de trabajo, las actividades previas a la entrega, las compras de materiales, planeación de la producción, seguimiento a la producción. En ése sentido Mikell P. Groover (2007), menciona que en términos básicos, el control de piso del taller se relaciona con la administración del trabajo en proceso de la fábrica.

El control de la producción por un sistema es fundamental, ya que permite conocer todo referente a los requerimientos que se tienen, las fechas, materiales faltantes, el orden de los requerimientos. De la misma forma Mikell P. Groover (2007) referencia que:

Un sistema típico de control de piso del taller tiene tres módulos: 1) liberación de pedidos, 2) programación de pedidos y 3) progreso de los pedidos.

Para cada una de las opciones que se tienen para utilizar un control en talleres son la liberación de pedidos en el control de piso del taller genera los documentos necesarios para procesar una orden de producción en la fábrica. En ocasiones los documentos se denominan el paquete del taller; por lo regular constan de: 1) la hoja de ruta, 2) las requisiciones para comprar los materiales iniciales en las tiendas, 3) las tarjetas de empleados para reportar el tiempo de mano de obra directa utilizado en el pedido, 4) las boletas de desplazamiento para autorizar el transporte de piezas a centros de trabajos subsecuentes en la ruta de producción y 5) las listas de piezas, requeridas para trabajos de ensamble. En una fábrica tradicional, estos documentos se mueven junto con la orden de producción y se usan para registrar su avance por el taller.

Dentro del sistema MRP es posible hacer un control de los requerimientos de cliente, se puede programar para qué sitio se requieren los recursos a manera de cumplir con el requerimiento, En ése sentido Mikell P. Groover (2007), En] [...]la programación de pedidos, se asignan los pedidos de producción a los centros de trabajo en la fábrica.

En los sistemas MRP, se puede configurar la manera en que se vayan ocupando los materiales para producir que se tienen en puerta, ello implica que los primeros dispositivos de prueba serán los primeros en producirse cuando se tienen los materiales necesarios. En ése sentido, para Mikell P. Groover (2007), “La secuencia de procesamiento se decide mediante prioridades entre las actividades en la fila. (...) Algunas de las reglas que se usan para establecer las prioridades en las órdenes de producción de una planta son: 1) primero en llegar primero en procesarse, las órdenes se procesan en la secuencia en la que llegan al centro de trabajo; 2) fecha de entrega más próxima, las órdenes con fecha de entrega más próximas reciben prioridades más altas; 3) tiempo de procesamiento más breve, las órdenes con tiempos de procesamiento más corto reciben prioridades más altas; 4) menor tiempo de inactividad, las órdenes con la mínima actividad en su programa reciben prioridades más altas, (...) las solicitudes con la razón crítica más baja reciben prioridades más altas (...).

En la Figura 10 se muestra una relación del control en piso del taller con sus relaciones entre otros departamentos.

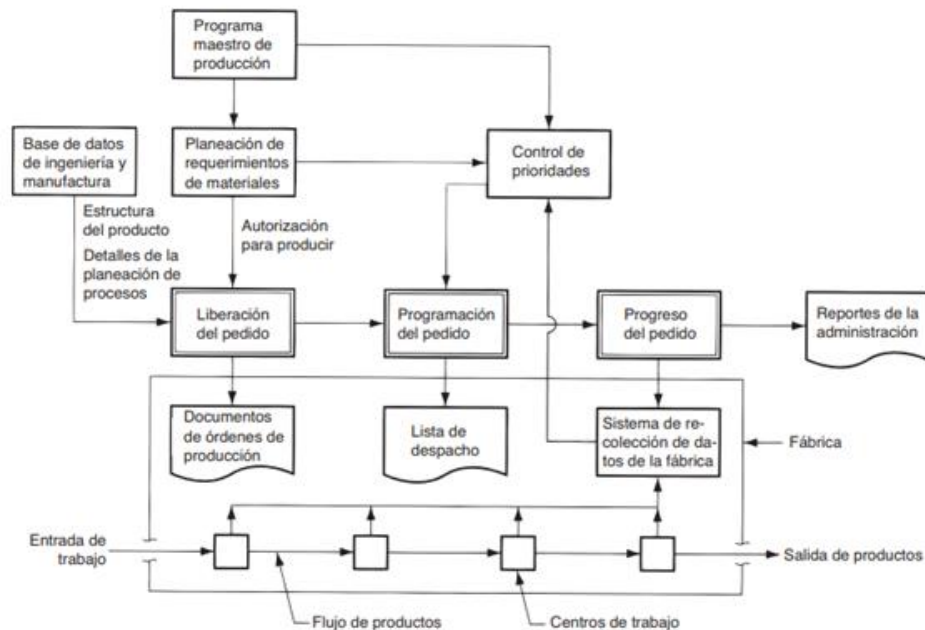


Figura 10. “Tres módulos en un sistema de control de piso del taller y las interconexiones con otras funciones de planeación y control de la producción” (Mikell P. Groover, 2007, p. 968).

2.5.25 La cadena de suministro.

Al existir un contacto entre proveedores y una empresa se sabe los insumos provienen de un lugar diferente al que se va a producir. Muchos proveedores se encuentran fuera de México, todos ellos comparten la característica que son parte de una cadena de suministro. En éste sentido Sunil Chopra, Peter Meindl (2013), mencionan que la cadena de suministro se compone de todas las partes involucradas directa o indirectamente, para satisfacer la petición de un cliente. La cadena de suministro incluye no solamente al fabricante y los proveedores, sino también a los transportistas, almacenistas, vendedores al detalle, e incluso a los clientes mismos.

2.5.26 Controladores de desempeño de una cadena de suministro.

En algunos casos de cadena de suministro, se tienen ya indicadores sobre cómo se puede mejorar algo específico, éstos indicadores nos ayudan a reconocer las oportunidades de mejora, pero también para hacer un recuento del estatus del proyecto. De acuerdo con Sunil Chopra, Peter Meindl (2013), Se utilizan estos controladores para entender cómo puede mejorar una compañía en términos de capacidad de respuesta y eficiencia, los cuáles son: instalaciones, inventario, transporte, información, aprovisionamiento y fijación de precios.

2.5.27 Las instalaciones.

Todo el mobiliario de la empresa es lo que se conoce como instalaciones. Existe normalmente un lugar ya destinado para hacer cada actividad: ya sea almacenamiento, conteo, revisión. Para Sunil Chopra, Peter Meindl, 2013 son las ubicaciones físicas reales en la red de la cadena de suministro donde se almacena,

ensambla o fabrica el producto. Los dos principales tipos de instalaciones son los sitios de producción y los de almacenamiento.

Para las estaciones de prueba eléctrica se tienen las instalaciones para trabajo, para almacén, para procesar los materiales, en la Figura 11 se tiene documentado el *layout* que se tiene de proceso de los materiales en el ensamble de las estaciones de prueba eléctrica.

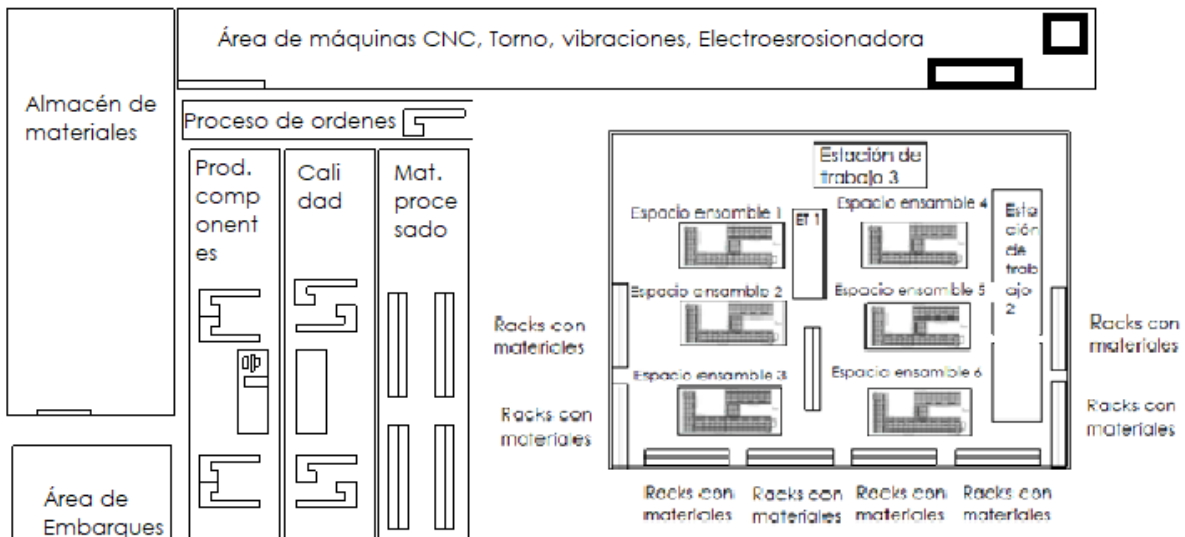


Figura 11. *Layout* de área de almacenes junto con las de trabajo para estaciones de prueba eléctrica.

Fuente: elaboración propia.

Se definen las estaciones de trabajo dentro del *layout*:

Materiales entrada/salida para embarque: Área de recepción de embarques con materiales que serán enviados a almacén o que salen como producto terminado a cliente.

Almacén: Contiene todos los insumos del área de Prueftechnik, incluyendo todos los materiales para producir y el personal. Alimentan de materiales a las áreas de producción, y ensamble de estaciones, además de ocuparse de un transporte con materiales cuando llega y cuando tiene que enviarse materiales como producto terminado.

Área de máquinas CNC, torno, electroerosionadora, vibraciones: Proceso de maquinados y materiales para la construcción de dispositivos de prueba.

Área de proceso de ordendes: Personal de producción le está dando seguimiento a los kanban de producción y de transporte, de los dispositivos de prueba producidos o en proceso de producción y transporte. Cierre de ordenes de producción y entrega de material terminado a almacén.

Ensamble de componentes: Dispositivos de prueba son ensamblados en ésta área.

Espacio de ensamble de estación 1: Ensamble de estaciones de prueba eléctrica con capacidad de estación máxima de trabajo.

Espacio de ensamble de estación 2: Ensamble de estaciones de prueba eléctrica con capacidad de estación máxima de trabajo.

Espacio de ensamble de estación 3: Ensamble de estaciones de prueba eléctrica con capacidad de estación máxima de trabajo.

Espacio de ensamble de estación 4: Ensamble de estaciones de prueba eléctrica con capacidad de estación máxima de trabajo.

Espacio de ensamble de estación 5: Ensamble de estaciones de prueba eléctrica con capacidad de estación máxima de trabajo.

Espacio de ensamble de estación 6: Ensamble de estaciones de prueba eléctrica con capacidad de estación máxima de trabajo.

Estación de trabajo 1: Etiquetado de dispositivos de prueba.

Estación de trabajo 2: Ensamble de parte inferior de frame.

Estación de trabajo 3: Preparación de archivos para ensamble de estación de prueba eléctrica

Materiales: Materiales de estaciones de prueba eléctrica provistos por almacén.

Calidad: Realiza la liberación de dispositivos de prueba, además de estaciones de prueba eléctrica previo a su entrega con cliente.

Materiales procesados: Materiales que tienen alguna dificultad en la producción, puede ser problemas de calidad, faltante de materiales, son dirigidos a ésta área en espera de ser procesados.

2.5.28 Administración del riesgo en cadenas de suministro globales.

Cuando se tienen productos complejos, existen detalles como el comprar material extranjero, que lleva un proceso largo de compra, es por ello que existen algunas técnicas para evitar que un requerimiento súbito, vaya a impactar a la línea de producción, Para Sunil Chopra, Peter Meindl (2013), en la actualidad las cadenas de suministro globales están sujetas a más factores de riesgo que las cadenas de suministro localizadas en el pasado. Estos riesgos incluyen la interrupción del suministro, demoras en el suministro, fluctuaciones de la demanda, fluctuaciones de precios y fluctuaciones del tipo de cambio.

Para Sunil Chopra, Peter Meindl (2013)

“[Existen] estrategias de mitigación de riesgos personalizadas durante el diseño de una red, [dentro de las cuales se encuentran las siguientes]:

- Incrementar la capacidad: Enfocarse en la capacidad descentralizada de bajo costo para demanda predecible. Establecer capacidad centralizada para la demanda impredecible. Incrementar la descentralización conforme el costo de la capacidad se reduce.
- Conseguir proveedores redundantes: Más suministro redundante para productos de alto volumen. Centralizar la redundancia para productos de bajo volumen en algunos proveedores flexibles.
- Incrementar la capacidad de respuesta: Favorecer el costo sobre la capacidad de respuesta de productos de consumo. Favorecer la capacidad de respuesta sobre el costo para productos de ciclo de vida corto.
- Incrementar el inventario: Descentralizar el inventario de productos predecibles de bajo valor. Centralizar el inventario de productos de alto valor menos predecible.
- Incrementar la flexibilidad: Favorecer el costo sobre la flexibilidad para productos predecibles de alto volumen. Favorecer la flexibilidad para productos impredecibles de bajo volumen. Centralizar la flexibilidad en pocos lugares si es cara.
- Agrupar o agregar la demanda. Incrementar la agregación conforme crece lo impredecible.

- Incrementar la capacidad de la fuente. Preferir la capacidad sobre el costo para productos de riesgo y valor altos. Favorecer el costo sobre la capacidad para productos de consumo de bajo valor. Centralizar una alta capacidad en una fuente flexible si es posible" (p. 149).

2.5.29 Inventario de seguridad.

El incluir un stock de seguridad en toda producción es un deber. Un incremento en requerimientos de cliente puede afectar gravemente si los materiales que se requieren para ensamblar vienen de otros países o vía marítima. En ése sentido Sunil Chopra, Peter Meindl, 2013, mencionan que es aquél que se mantiene para satisfacer la demanda que supera la cantidad pronosticada en un período determinado. El inventario de seguridad se mantiene porque la demanda es incierta y puede presentarse escasez de productos.

En cuanto a la determinación de las cantidades que se deben de tener en almacén previendo una falta o llegada incorrecta a almacén, es necesario hacer un análisis de cada material para determinar su porcentaje de uso y su posible compra extra. Para Sunil Chopra, Peter Meindl, (2013), el nivel adecuado del inventario de seguridad lo determinan dos factores: la incertidumbre de la demanda y la oferta, y el nivel deseado de disponibilidad de productos.

2.6 QFD

La aplicación de QFD a temas de ingeniería tiene muchos usos, sin embargo también se puede utilizar para conocer los temas que un cliente quisiera mejorar en un artículo recibido. La manera de proceder con éste método para obtener la opinión de cliente, se hizo una encuesta para conocer la opinión de los proveedores, en el mismo sentido Yacuzzi, Enrique y Martin Fernando (2003) menciona que el QFD es un método de diseño de productos y servicios que recoge la voz del cliente y la traduce, en pasos sucesivos, a características de diseño y operación que satisfacen las demandas y expectativas del mercado.

Algunos de los temas que podemos obtener haciendo la aplicación de encuestas es además de conocer las inquietudes del producto que se está poniendo en cuestión. Para Yacuzzi, Enrique y Martín Fernando (2003), el QFD contribuye a integrar estas áreas y actividades, descubriendo las necesidades de los clientes, orientando la integración de equipos de diseño y fabricación de productos, y, en un proceso de mejora continua, respondiendo a los requerimientos del mercado con costos decrecientes, menores plazos para el lanzamiento de nuevos productos y otros criterios competitivos.

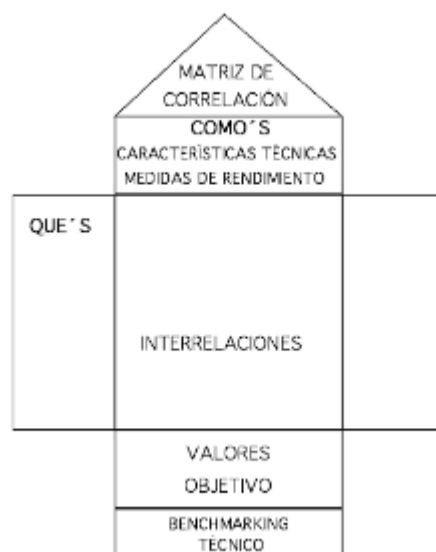


Figura 12. Casa de la calidad.

Fuente: elaboración propia.

La casa de la calidad (ejemplo en la Figura 12), se utiliza como una herramienta para poder proponer mejoras utilizando la "voz del cliente" como sustento de lo que espera del producto una vez que se entregue.

Para el actual trabajo se toma en cuenta la opinión del cliente para proporcionar la información que considera mejor aplicar a las estaciones de prueba eléctrica en general.

Para Zaidi (1993)

"Las claves fundamentales de QFD son las siguientes:

- Proceso estructurado y disciplinado.
- La voz del cliente.
- Participación de todas las funciones.
- Aunque QFD puede aplicar de manera individual, su máximo potencial se obtiene cuando se realiza desde un equipo interfuncional.
- QFD enfoca todo el desarrollo del producto en las necesidades del cliente.
- QFD incorpora el uso de matrices" (p. 126).

Para Yacuzzi Enrique y Martin Fernando (2003)

"El QFD se lo utiliza para objetivos como los siguientes [3]:

- Establecimiento de la calidad de diseño y la calidad planificada.
- Realización del *benchmarking* de productos de la competencia.
- Desarrollo de nuevos productos que posicionaran a la empresa por delante de la competencia.
- Acumulación y análisis de información sobre la calidad en el mercado.
- Comunicación a procesos posteriores de información relacionada con la calidad.
- Identificación de puntos de control para el piso de la planta.
- Reducción del número de problemas iniciales de calidad.
- Reducción del número de cambios de diseño.
- Reducción del tiempo de desarrollo.
- Reducción de los costos de desarrollo y
- Aumento de la participación en el mercado" (p. 3).

2.6.1 Concepto y beneficios de la matriz de calidad.

Los resultados de las encuestas realizadas a cliente como parte del proceso de generar información se plasman en una matriz llamada matriz de calidad que nos permite conocer de acuerdo a ponderaciones lo que cliente desea mejorar. El proceso se realiza para obtener la información de cliente y al vaciarla podemos

conocer los deseos más marcados en cuanto a mejora de productos. En el mismo sentido Zaidi (1993), menciona que la "matriz de calidad" es una herramienta que permite cuantificar el grado de calidad integral de un determinado producto, definido en líneas generales, como los atributos físicos de un producto, que son función de la idoneidad de su diseño; y la calidad de los materiales y de los procesos seguidos en la fabricación del producto en cuestión, por un lado, y por otro, y el grado de satisfacción que el uso de ese producto proporciona al usuario, expresado como el convencimiento de haber realizado una buena inversión en la adquisición del producto y la satisfacción que proporciona un producto que colma las expectativas de funcionalidad y eficiencia esperadas en su uso.

El proceso de llenado de la matriz de calidad, nos permite conocer las posibles mejoras que se desean en el producto, pues aunque el formulario es complejo de llenar en un inicio, una vez que se gana algo de práctica se puede vaciar lo que tenemos y los resultados se tienen en segundos. En éste sentido Yacuzzi Enrique y Martin Fernando (2003), mencionan que con la matriz de la calidad se identifican rápidamente las prioridades de la mejora continua. Se llega a ver, sin mayor esfuerzo, qué variables determinan la calidad de un producto o servicio. Además, sobre la base de las ponderaciones de las CT, las áreas responsables pueden identificar la eventual falta de balance entre ellas.

El generar la encuesta y plasmarla en forma de matriz para los temas que se desean mejorar en un producto, nos permite conocer los diferentes temas que afectan un producto, y también cómo se pueden ver reflejados para una mejora los productos, es decir las relaciones de qué y cómo quedan a la vista. De acuerdo con Yacuzzi Enrique y Martin Fernando (2003), el núcleo del QFD es un mapa conceptual que relaciona los requerimientos de los clientes (que abreviamos RC) con las características técnicas (CT) necesarias para satisfacerlos. Estas relaciones se presentan en forma de una tabla elaborada llamada "matriz de calidad" [(Figura 13)]. (...) Tomados en su conjunto, los RC definen la calidad de un producto y son las expresiones que los clientes utilizan para describir los productos y sus características deseables. Asociada con cada CT existe una métrica, que se usa para determinar el

grado de satisfacción de los clientes con cada uno de sus requerimientos. Esta medida es fundamental para la mejora continua.

En forma vertical podemos ver los temas que se desean ver mejorados en un producto específico, algunas veces no tienen una relación entre ellos, sin embargo no es una regla que no se puedan relacionar. En las columnas horizontales se agrupan los cómo se deben ver reflejadas las mejoras deseadas. En éste sentido Yacuzzi Enrique y Martin Fernando (2003), mencionan que los RC se indican en la dimensión vertical de la matriz de la calidad; las CT, en la horizontal. Ambos suelen ser numerosos y se agrupan en varios niveles, según su grado de abstracción. Esta multiplicidad no es caprichosa. El gran número de los RC responde a las variadas dimensiones de la calidad y la cantidad de las CT es consecuencia de la creciente complejidad tecnológica de los productos modernos.

Matriz de la calidad

			(II)	(III)	(IV)	(V)	(IX)	(VIII)
			P	R	T	A	D	
			Grado de satisfacción del bláster	N° de veces que aparecen comprimidos fríos	N° de lotes contaminados microbiológicamente	Grado de legibilidad fecha de vencimiento/lote	N° de veces que aparecen blísters en estuche equivocado	Evaluación por el cliente
(I) Nivel 1	(I) Nivel 2	(I) Nivel 3						
Consistencia con lo declarado en los entes de Salud Pública y con el bienestar de la población	Específico de la enfermedad para la cual dice tener acción terapéutica	Presenta sólo los comprimidos declarados	5					
		El ganel se encuentra empaquetado en el packaging correcto	5					
Las características organolépticas de la especialidad medicinal respaldan su eficacia terapéutica	Integridad de las características apreciables del medicamento	Aspecto higiénico	3			Δ		
		Sin deterioro alguno	2	○		Δ		
	Las características viables del envase confirman los atributos del medicamento	Fecha de vencimiento / lote legible	4				⊙	
		Asegura inmutabilidad	3	Δ				
Valor objetivo de la característica técnica y sus unidades (IV)				100%	0mes	0lote	30cm	0mes
Evaluación técnica de dos competidores (V)			A	100%	0	0	45cm	0
Ponderación total de cada característica técnica (VII)			B	99%	1	1	49cm	1
				9	45	5	38	45

Figura 13. “Matriz de la calidad de un envase para un producto farmacéutico” (Yacuzzi Enrique y Martin Fernando, 2003, p. 5).

Para cada deseo que un cliente quiere ver reflejado en un producto, puede tener una relación con el cómo se quiere ver reflejado en el producto, éstas relaciones son determinadas en las columnas y renglones que forman la matriz de calidad con un número o un ícono que representan valores, Yacuzzi Enrique y Martin Fernando

(2003) exponen que dado que no todas las CT contribuyen a conformar un RC dado, debe indicarse la relación entre las distintas combinaciones de RC y CT; esta relación se muestra en los cruces de las filas y columnas de la matriz, con símbolos que reflejan la intensidad del vínculo. Una adecuada comprensión de las relaciones entre RC y CT facilita el balance entre las demandas de los clientes con el potencial tecnológico de la empresa; este balance ejerce un impacto, finalmente, en la ecuación económica.

La matriz de la calidad contiene otros elementos importantes:

Una columna con la prioridad que los clientes asignan a cada RC.

Una columna que compara, para cada RC, a los productos de "nuestra empresa" con los de la competencia, según la evaluación del cliente.

Una fila que pondera numéricamente la importancia de cada CT con respecto a las demás.

2.6.2 Herramienta efectiva del marketing.

En caso de productos que se desean comercializar, la matriz de calidad, proporciona una ventaja de conocimiento para competir en los mercados, ya que con ella se conoce el plus que le hace falta al producto para que sea más adaptado a un cliente. En éste sentido para Yacuzzi Enrique y Martin Fernando (2003) los RC son una síntesis de los principales componentes de la voz del cliente y una eficaz ayuda para comprender mejor las necesidades de los mercados; esto permite realizar acciones de marketing más efectivas. El proceso de construcción de la dimensión RC de la matriz ayuda a comprender mejor a los clientes actuales y potenciales, así como sus expectativas y exigencias" (p. 6).

2.6.3 Determinación de las prioridades de mejora continua.

El detectar las prioridades en el ensamble de un producto determinado, por medio de la matriz de calidad es algo que también ayudará a establecer el orden que cliente desea ver las mejoras, nuevamente tomando en cuenta otros

departamentos y las tecnologías involucradas. De acuerdo con Yacuzzi Enrique y Martin Fernando (2003) con la matriz de la calidad se identifican rápidamente las prioridades de la mejora continua. Se llega a ver, sin mayor esfuerzo, qué variables determinan la calidad de un producto o servicio. Además, sobre la base de las ponderaciones de las CT, las áreas responsables pueden identificar la eventual falta de balance entre ellas, como sería el caso si en un envase [farmacéutico] con óptimo grado de estanqueidad se presentaran instrucciones difíciles de leer para el paciente.

2.6.4 Análisis de costos y beneficios.

No solamente es una herramienta para mejorar un producto la matriz de calidad, sino que además nos proporciona un panorama de lo que puede representar una mejora a un producto en términos económicos, ya que una mejora acarrea un gasto y debido a ello puede permitir enfocar esos esfuerzos donde realmente es requerido, para Yacuzzi Enrique y Martin Fernando, 2003, finalmente, el detallado análisis de los costos y beneficios que brinda el estudio de la relación entre RC y CT permite mejorar el rendimiento económico y financiero de la firma.

En consecuencia, al hacer la matriz de la casa de la calidad, se realiza el análisis y se puede determinar si hay una reducción en los costos de los productos que se manejan. La mejora económica no tiene que ser ahorro monetario, sino también puede ser ahorro de tiempo, que a final de cuentas impacta económicamente.

Tabla 5. "Tabla de afinidad para identificar los requerimientos de los clientes"
(Yacuzzi Enrique y Martin Fernando, 2003, (p. 9).

¿Cuáles son los requerimientos de los clientes de una especialidad medicinal en cuanto al envase? [3]
Las características organolépticas de la especialidad reafirman su eficacia terapéutica [3]
Integridad de las características apreciables del medicamento desde la elaboración hasta su administración [3]
* Sin deterioro alguno (S) [3]
* Aspecto higiénico (S) [3]
* Que no tenga olor o sabor a plástico [3]
Las características visuales del envase confirman los atributos del medicamento [3]
* Sin manchas en el envase [3]
* Envase transparente en lo posible [3]
* Fecha de vencimiento y lote legible (S) [3]
* Que asegure la inviolabilidad del envase (S) [3]
* Imposible abrir por niños [3]
* Capaz de abrirse sin esfuerzo [3]
* Que no se deteriore al manipularlo [3]
* Sin daños en el envase [3]
Consistencia con lo declarado a los entes de seguridad pública y coherente con el bienestar público [3]
Específica de la enfermedad para la cual dice tener acción terapéutica [3]
*Contener solo las drogas y las dosis declaradas [3]
*Empaque coincide con el granel en el que se encuentra empacado (S) [3]
*Rápido Alivio [3]
*Presentar sólo los comprimidos declarados (S) [3]

Para Yacuzzi Enrique y Martin Fernando (2003)

"(..)[La Tabla 5 de afinidad] fue construida agrupando por su parecido las "voces de los clientes" reflejado en las expresiones precedidas por un asterisco. A los fines de mantener la matriz dentro de límites acotados, el equipo técnico selecciona, dentro de las "voces de los clientes", aquellas más relevantes (indicadas por la letra S a la derecha de la expresión), las resumen y les dan títulos integradores, y trasladan

el resultado a la dimensión vertical de la matriz, estableciendo así una jerarquía de tres niveles" (p. 8).

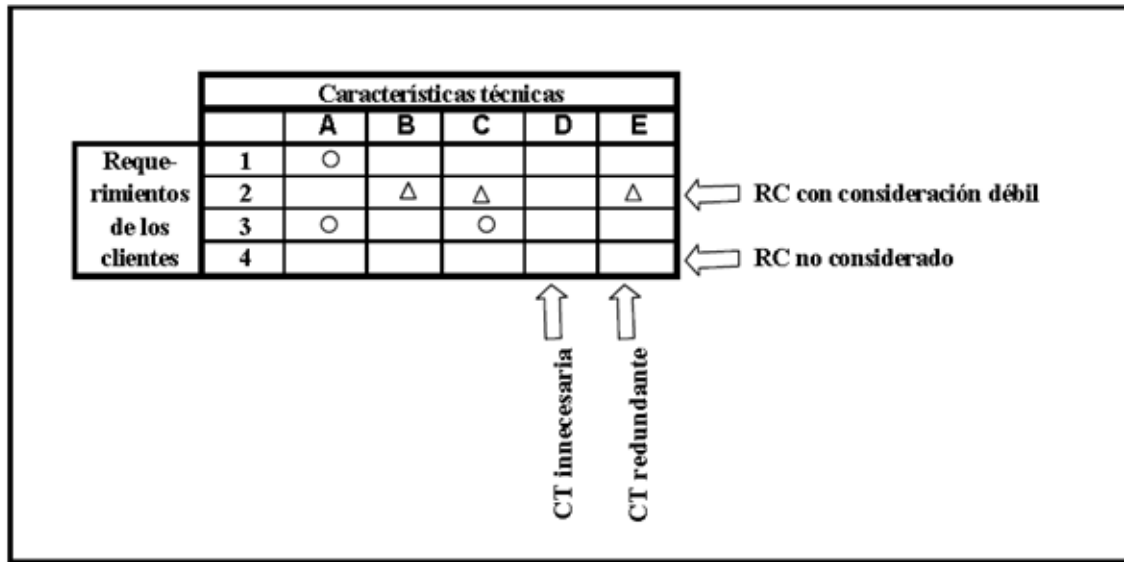


Figura 14. "Matriz de calidad con filas y columnas no consideradas adecuadamente"

citado por Yacuzzi Enrique y Martín Fernando (2003), *Adaptado de Shiba et al (1992)*.

Tabla 6. "Símbolos utilizados en la matriz de calidad"
Yacuzzi Enrique y Martín Fernando, 2003, p. 12)

Grado de correlación entre RC y CT	Símbolo Utilizado	Valor numérico asignado
Muy correlacionados		9
Correlacionados		3
Poco correlacionados		1
Sin correlación	Blanco	0

Los valores en la Tabla 6 son asignados de acuerdo a la fuerza de la relación entre RC y CT.

2.6.5 Pasos de construcción de la matriz de la calidad.

El conjunto de pasos para construir la matriz de calidad es un algoritmo que se puede seguir para obtener información de mejora de un producto, siempre que se pueda interpretar correctamente la opinión de los clientes, de acuerdo con Yacuzzi Enrique y Martin Fernando (2003), la matriz suele construirse trabajando en un grupo en el cual estén representadas todas las funciones importantes para el diseño y fabricación del producto.

A) Obtenga los datos para los RC, es decir, la dimensión vertical de la matriz. Esta dimensión expresa en forma jerárquica los atributos que los clientes consideran importantes. Los datos se obtienen de diversas fuentes: encuestas, resultados de quejas de los clientes, investigación de mercado, entrevistas individuales y grupales; Griffin et al. (1992) concluyen en un estudio que las entrevistas individuales son muy eficientes, y que con un número de entrevistas situado entre 10 y 20 se puede lograr el 80% de los RC; en otro estudio de los mismos autores (Griffin et al., 1993) se llega a la conclusión de que 30 entrevistas proveyeron el 90% de los RC" (p. 14).

B) Agrupe los datos de los clientes.

C) Asigne prioridades a los RC.

D) Haga una lista de las CT. Concéntrese en aquéllas que sean necesarias para facilitar el seguimiento de los RC.

E) Agrupe las CT en un diagrama jerárquico. Trabaje con un diagrama de afinidad o, en casos excepcionales, en donde trate con productos o procesos conocidos y estructurados, aplique un esquema jerárquico ya existente.

F) Establezca las relaciones entre ambas dimensiones, RC y CT. Utilice los símbolos indicados en la Tabla 6. La intensidad de la relación entre CT y RC aclara si una característica de laboratorio o de ingeniería contribuye a satisfacer a un RC dado.

G) Determine las relaciones entre las CT. Esta determinación, que corresponde al panel triangular de la Figura 13, es necesaria porque podrían

presentarse algunas características técnicas que entraran en conflicto con otras, además permite también una perspectiva más integral del producto.

H) Ingrese la evaluación de su producto en el mercado. En el extremo derecho de la Figura 13, precise las evaluaciones de mercado de su producto con respecto a cada RC comparado con otros de la competencia. En este punto es posible ponderar las evaluaciones de mercado en función de la prioridad asignada a cada RC anterior, es decir, dando más peso a los RC que los clientes consideran más importantes.

I) Desarrolle medidas objetivas para cada CT.

J) Establezca objetivos para cada CT.

K) Seleccione las CT a las cuales habrá de prestar atención más urgente.

Tome como base la importancia que el cliente les asigna, las características más atractivas del producto, el grado de dificultad u otros criterios. La fila de ponderación total (Figura 13) es un buen elemento de criterio técnico (p. 15).

CAPÍTULO 3 PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACIÓN

Para el procedimiento de investigación es necesario hacer la descripción del proceso completo que lleva una estación de prueba eléctrica y llevar a cabo la explicación de los métodos seguidos para la propuesta de mejoras a las estaciones de prueba eléctrica.

En la Figura 15 se muestra diagrama de bloques con las diferentes fases desde el requerimiento de prueba de arneses hasta la prueba de arneses en producción.

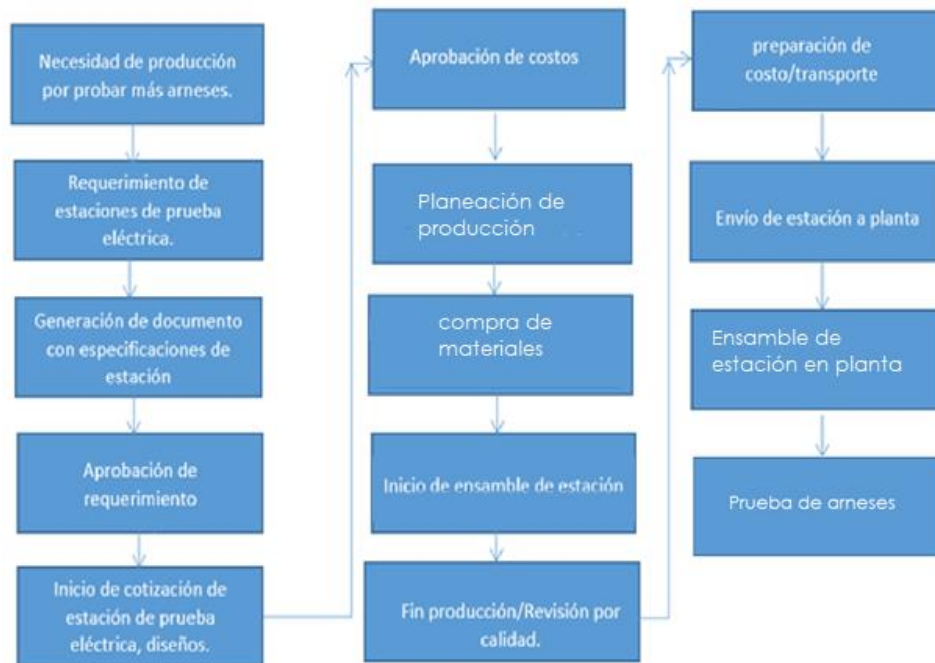


Figura 15. Proceso general de requerimiento-entrega de una estación de prueba eléctrica.

Fuente: elaboración propia.

3.1 REQUERIMIENTO DE ARNESES E INICIO DE UN REQUERIMIENTO DE UNA ESTACIÓN DE PRUEBA ELÉCTRICA

El origen del proceso de un ensamble de estaciones de prueba eléctrica es un cliente del sector automotriz premium de la empresa Draexlmaier que hace un

requerimiento de cotización de un número de arneses durante un cierto período de tiempo. El requerimiento es para hacer una cotización de un proyecto de producción de arneses y toda la vida útil del mismo (tiempo de producción).

Una vez recibido el requerimiento de cotización y los números de producción del proyecto (cantidad de arneses a producir) se hace el cálculo de todas las capacidades en cuanto a producción, logística, calidad, espacio, y en general de todas las inversiones que conlleva la realización de todos los arneses que se van a requerir por parte de cliente durante el período de tiempo del proyecto.

Un líder de proyectos de Draexlmaier es asignado para la tarea de cotizar todos los recursos y hacer una planificación de los mismos a desarrollarse en el período de tiempo en que se deben producir. Dentro del proyecto se encuentra la definición de capacidad técnica que incluye el hacer un requerimiento de equipos de prueba (estaciones de prueba eléctrica) para poder cumplir con la cantidad y calidad que cliente espera recibir en sus arneses eléctricos. Una persona llamada coordinador de equipos perteneciente al área de industrialización de Draexlmaier recibe información de cuántos arneses se van a construir y en consecuencia, con tiempos de producción se calcula la cantidad de estaciones de prueba eléctrica que se van a requerir para satisfacer las pruebas necesarias.

3.2 REQUERIMIENTO DE ESTACIONES DE PRUEBA ELÉCTRICA Y MANUAL DE REQUERIMIENTOS

Con la cantidad confirmada de estaciones de prueba eléctrica a requerir, el coordinador de equipos hace un requerimiento al área de *Prueftechnik* encargada de hacer estaciones de prueba eléctricas.

El requerimiento de una prueba eléctrica se hace por medio de un LH (Figura 7) que contiene las características que debe tener la estación de prueba eléctrica para probar los arneses de prueba eléctrica. En éste documento se declara se requiere utilizar la estructura de otra estación o es una estación nueva.

Una vez que el documento manual de requerimientos es realizado, se envía a Alemania, donde un líder de proyectos de *Prueftechnik* México es asignado para llevar el proyecto.

En México se hace el análisis del documento de cliente para hacer correcciones, corroborar fechas de entrega, confirmar las tecnologías ocupadas, la cantidad de componentes que se requieren, los dispositivos de prueba etc. El documento es técnico y contiene también una descripción física y los componentes de la estación de prueba eléctrica.

La carga de trabajo mundial se puede distribuir en cada una de las locaciones en donde existe *Prueftechnik* como Rumania, México, Alemania.

Una vez que se realiza la definición de la planta de construcción de cada estación de prueba eléctrica, se realiza la planeación del trabajo de las estaciones de prueba eléctrica asignadas.

3.3 APROBACIÓN DE REQUERIMIENTOS

El documento de manual de requerimientos es firmado por cliente, una vez que se acuerdan los componentes que se requieren y las fechas de entrega en conjunto con el líder de proyectos de México.

Cada una de las estaciones de prueba eléctrica requeridas requieren un manual de requerimientos único, así sea una estación basada en otra ya en producción (serial) o una estación de prueba eléctrica completamente nueva (prototipo).

3.4 COTIZACIONES DE PRUEBA ELÉCTRICA Y APROBACIÓN DE COSTOS

Una cotización se realiza por cada una de las estaciones de prueba eléctrica con los detalles del manual de requerimientos. La cotización de los materiales es

realizada en Rumania con las bases de datos que se tienen de las estaciones de prueba eléctrica.

Al recibir una oferta, cliente aprueba con su firma en el documento, para el arrancar el proceso de incluir la estación de prueba eléctrica al sistema MRP (SAP) y de éste modo comenzar con la compra de materiales, planeación de producción, ensamble de componentes, ensamble de estación, etc.

3.5 PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN Y PLANEACIÓN DE PRODUCCIÓN

Para establecer la carga de trabajo anual, se realiza una junta organizada por el líder de proyectos con la lista completa de estaciones de prueba eléctrica y el equipo de trabajo. Se busca que el equipo de trabajo de cada una de las áreas involucradas conozca la carga de trabajo anual, las fechas de entrega de cada una de las estaciones de prueba eléctrica, los requerimientos especiales, los posibles problemas que puede haber como requerimientos para una misma semana de entrega, necesidad de recursos extras, etc. Las fechas de entrega también representan la oportunidad para que cada departamento involucrado del área de Prueftechnik, pueda calcular su trabajo en base a la carga anual, y con ello, definir si se requiere mayor capacidad en alguna de ellas o si es posible realizar el trabajo con la capacidad actual. La información que resulta de la junta con cada área involucrada se conoce como el plan maestro de producción.

Con la lista de estaciones, también se pone en marcha la estrategia de trabajo y de suministro de materiales (compra con Alemania en tiempo, inventarios de seguridad, compras locales, etc.) orientada al ensamble de una estación de prueba eléctrica.

La realización del plan maestro de producción, contempla el tiempo de adquisición del proyecto, el requerimiento de materiales, la llegada de materiales, la planeación de producción, la producción de los componentes, el ensamble de cada una de las estaciones de la lista a producir durante el año, la calidad con la que se libera, el transporte al lugar de producción y la puesta en marcha.

Existe un área de planeación y control de la producción que controla la producción que habrá de utilizarse en las estaciones. El área de logística se encarga de hacer ésas planeaciones de acuerdo a las capacidades, las entregas, los materiales disponibles, los indicadores, etc.

3.5.1 Seguimiento al plan maestro de producción.

Semanalmente se revisan en una junta con miembros del equipo de trabajo de producción, calidad, logística, ensamble, todos los problemas que se encuentran en cada estación a producirse en el período de tiempo marcado en el programa maestro de producción. Los problemas encontrados son problemas que ya afectan de alguna manera a una o varias estaciones de prueba eléctrica que ya están planeada, por lo que se piden en ése momento acciones para solucionar el problema.

Las actividades de planeación de la producción de estaciones de prueba eléctrica no existen en algún papel, sin embargo el conocimiento de ensamble se tiene por las personas que tienen mayor tiempo haciendo el ensamble de las estaciones. Con el documento generado de actividades de la Tabla 11 a la Tabla 19 se puede planear de manera mucho más detallada desde su creación. Además como parte de la selección del equipo se han creado ayudas visuales para ayudar a los elementos a conocer las fases de construcción de las estaciones de prueba eléctricas.

El llevar un archivo con la información de las actividades y las ayudas visuales de herramientas, es parte de la solución a la falta de un documento concentrado para ensamble.

En cuanto a dispositivos de prueba también se encuentran dentro del plan maestro de producción que se revisa semanalmente. De los problemas existentes de planes de producción para estos componentes se tienen en la Figura 2, donde cambios de logística representan cerca de un 50%.

Además, también se tiene la variable de requerimientos de cliente súbitos o no contemplados, lo cual cambia por completo la estrategia inicial, ocasionando en consecuencia el movimiento del plan maestro de producción. Cuando esto sucede un análisis de materiales es realizado y el programa de producción es cambiado en consecuencia.

En caso de que haya un cambio de estrategia por cambio de prioridades de cliente se notifica al equipo para que pueda hacerse el cambio correspondiente en todos los departamentos involucrados.

Para modificar una estación de prueba eléctrica se ocupan 12 semanas. Cuando un cliente decide modificar una estación y el tiempo es menor a 12 semanas no es posible garantizar una entrega. La restricción es la compra de materiales, pues para una estación de prueba eléctrica representa solamente por sí mismo 12 semanas de llegada. Cliente puede intercambiar estaciones en proceso de construcción con características similares de componentes, tamaño y material para otra estación de prueba eléctrica que sea urgente. Por otro lado ante la necesidad de un cambio en las prioridades o la sustitución, se buscan opciones como incrementar la capacidad, compra de materiales de manera urgente al precio que sea. Estos casos no son muy comunes y como se puede deducir salen de los presupuestos de costos en todas las áreas.

El cambio en la estrategia se realiza cada vez que cliente hace un movimiento en sus prioridades, o la capacidad de producción no es suficiente, entonces se modifican fechas de acuerdo a la posibilidad de recibir una estación de prueba eléctrica y las posibilidades de producirla.

3.5.2 Tamaño de la producción.

El tamaño de producción está comprendido entre las 1-55 unidades por año.

Aunque la producción de estaciones de prueba eléctrica es baja, Prueftechnik también realiza la producción de componentes para las estaciones a razón de 1-8000 dispositivos de prueba anuales, que coloca un tamaño de producción media (hasta 10 000 unidades se considera todavía media de acuerdo con la teoría de categorización de producción de acuerdo al tamaño).

Se emplea la ecuación 1 y 2 para calcular la cantidad de recursos necesarios para una carga de trabajo y la velocidad de producción basada en recurso para que se puedan construir estaciones de prueba eléctrica, con una determinada cantidad de recursos humanos.

3.5.3 Variabilidad entre estaciones de prueba eléctrica.

Para la definición de la variabilidad, se puede mencionar que las estaciones de prueba eléctrica tienen un número alto de modelos, ya que estas deben ser construidas en una variedad de tamaños, con una variedad de componentes y variedad en formas; que involucran diferentes pruebas realizadas. Debido a lo anterior; la correlación entre la variabilidad de las estaciones de prueba eléctrica es alta y la cantidad de estaciones de prueba eléctrica producida en el año es baja.

En la Figura 16 de vista superior, se puede apreciar algunas de las formas que pueden tomar las estaciones de prueba eléctricas. Las divisiones permiten diferencia de tamaños por segmentos y "renglones".

La Figura 16 a), muestra una estación con forma de Y, donde dos secciones se componen de ocho segmentos con doce renglones, una sección de un segmento con doce renglones, una sección de siete segmentos con doce renglones y una sección de cinco segmentos y doce renglones.

La Figura 16 b), muestra una estación de forma rectangular en una sola sección de ocho segmentos y doce renglones.

La Figura 16 c), muestra una estación con forma de H, con dos secciones de ocho segmentos y doce renglones, dos secciones de cinco segmentos y doce renglones y una sección de doce segmentos con doce renglones.

La Figura 16 d), muestra una estación con forma de L, compuesta por dos secciones de ocho segmentos con 12 renglones.

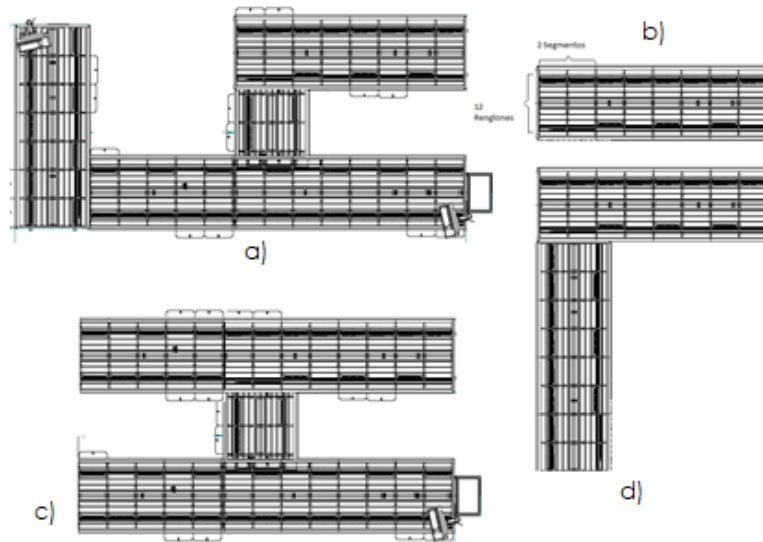


Figura 16. Variabilidad de construcción en cuanto a estaciones de prueba eléctrica. Vista superior.

Fuente: elaboración propia.

3.5.4 Limitaciones físicas del producto.

El peso y tamaño del producto no es una limitante si se considera que el espacio que se tiene puede contener hasta seis estaciones ensamblándose al mismo tiempo de hasta 7-8 metros de largo cada una formados por diferentes segmentos, con un ancho de 3-4 metros.

En cuanto al tamaño no se tiene limitación para la actual carga de trabajo, sin embargo; se tiene la limitante de personal, de tamaño de producción y la capacidad instalada. No todo el personal está capacitado para llevar a cabo el ensamble de una estación de prueba eléctrica, sólo tres personas pueden realizarlo.

También otra limitante es que es un producto pesado y el cuál cuando llega a cierta fase de construcción ya no puede cargarse, por lo que los materiales y las personas encargadas del su ensamble deben ir hacia donde se encuentra la estación, lo que provoca inversiones de tiempo en traslados. Los tiempos de todas las actividades se han descrito en las tablas 11-19.

3.5.5 Capacidad de producción.

En cuanto al equipo de trabajo y las herramientas de trabajo, se tienen disponibles para dos equipos de trabajo completos que pueden ser de dos personas cada uno trabajando simultáneamente.

Dentro de la capacidad tecnológica del proceso se tiene lo siguiente:

Se tienen dos grupos de trabajo: 1 de 2 personas y 1 de 1, trabajando en un horario de 8:00 a 17:00 horas diariamente de lunes a viernes; además se tiene el apoyo de 4 personas (no permanentes) para realizar ensambles que no son parte del área, pero que se dispone de ellas regularmente. La capacidad tecnológica total es de 8.5 horas por 7 personas=59.5 horas diarias de trabajo. 59.5 horas diarias de trabajo por 5 días a la semana= 297,5 horas semanales disponibles de trabajo en horario normal de trabajo.

En caso de ser requerido se puede disponer de hasta 3 turnos diferentes de trabajo, lo cual incrementa la capacidad instalada hasta 13,5 horas por día x 5 días x 7 personas = 472,5 horas de capacidad instalada con tiempo extra.

En la Tabla 7 se muestran los turnos posibles de trabajo, donde cada persona puede rotar hasta 2 turnos por día.

Tabla 7 Capacidad instalada para ensamble de estaciones por persona en sus horarios normales o extras.

Fuente: elaboración propia.

Número de turno	Horario	Horas disponibles	Horario doble turno	Horas disponibles
1	6-15	8.5	06:00-20:00	13.5
2	7-16	8.5	07:00-21:00	13.5
3	8-17	8.5	8:00-22:00	13.5

En la Tabla 8 se muestra la capacidad instalada original con cálculos basados en tiempos de producción de Rumania, para hacer ensamble de estaciones, dentro del cual se puede hacer el cálculo de una estación en un tiempo aproximado al real. Los datos se incluyen para una estación de seis segmentos, dos sistemas, estación de re-uso, una sola parte.

Tabla 8. Capacidad disponible de archivo original de Rumania.

Fuente: elaboración propia.

No de PA's en estacion	250	Fram	42.0	PA's Available from MPT
Numero de segmentos	1	GRV	32.0	Deliver to QS
Numero de tecnicos	1	PST	89.0	Deliver to Customer
¿Estacion de reuso?	si			
Sistema doble?	si	Wirin	6.0	
assembly TS				
Actividad				o invertid
Desensamble de Frame, wiring y limpieza				12
Preensambles				12
Ensamble de FRAME				16
Coordenadas				2
Union de frames				0
Wiring sistema doble				16
Wiring				16
Preparacion de PA's (etiquetado y marcado)				42
Instalacion de PA's				21
Revison de pines				7
Lay out				3
Secutest				4
Probar Arnés				8
Empaque				4
Tiempo total Horas				159
Tiempo total semanas				0
Tiempo total de Días				20
Horas totales por cobrar				159

Para la distribución de cargas de manera balanceada se ha dispuesto el control mediante las ecuaciones 1, 2 para la velocidad de trabajo y capacidad disponible con eficiencia determinada por quien calcula. De ésa manera se puede establecer

la velocidad de trabajo basándose en la carga y el tiempo disponible para su realización.

En cuanto a la capacidad del proceso, se realiza una lista de actividades mostrada en las Tablas 11-19, en las que se pueden apreciar que, para el ensamble de una estación como la mencionada, se requieren 159 horas originalmente contra 107 horas medidas, por lo que se obtiene una nueva tabla de valores para calcular correctamente.

3.6 COMPRA DE MATERIALES

La coordinación de la cadena de suministro es revisado por el área de logística, y también en conjunto por las áreas de ensamble de estaciones de prueba eléctricas con almacén, donde en conjunto se comparten información de materiales faltantes, materiales entregados, o materiales no necesarios entregados extras. Como la teoría de cadenas de suministro lo indica, se tienen las acciones encaminadas a la mejora y compartición de información entre las áreas involucradas en toda la cadena de suministro. De esta manera se establece una coordinación de la cadena más eficiente cada vez para evitar proveer materiales no necesarios, para evitar faltantes de materiales al ensamble de estaciones de prueba eléctrica, y de compras en tiempo.

En cuanto a las palancas administrativas para la coordinación de la cadena de suministro, el tiempo de abastecimiento es estándar para materiales de Europa, pero se disminuyeron errores de planeación de compra y además se ha utilizado el proceso de desarrollo de proveedores locales para compra de materiales que sean requeridos.

Éstas dos medidas mitigan el problema de entregas tardías o con componentes faltantes y fuera de tiempo.

Dentro de la cadena de suministro de las estaciones de prueba eléctricas no se tiene un reabastecimiento por proveedor de manera automática, aunque sistema

SAP, realiza órdenes de compra automáticas, siempre depende de la confirmación del requerimiento de las personas encargadas de las compras para que el proveedor pueda proveer cualquier material.

Para incluir en sistema un *safety stock* o stock de seguridad se toman en cuenta el costo, el tiempo que tarda en moverse el material y el espacio. Por ello no se realiza de manera uniforme, sino que las personas que ensamblan la estación realizan un chequeo acerca de las necesidades de un material en específico que es difícil de conseguir localmente, lo comenta a logística y el departamento encargado de hacer la compra analiza en cuanto a los 3 criterios: costo, demanda, espacio para hacer el seteo final y la compra del material.

Se tienen sistemas de punto de reorden para hacer compra de materiales, y al mismo tiempo se ha optado por poner una cantidad de seguridad en inventario dependiendo de los materiales y su costo. Los sistemas e inventarios son monitoreados con cierto tiempo de anticipación para evitar faltantes al ensamble y los que en algunos casos llegan a faltar, se buscan conseguir con plantas hermanas dentro de México o con proveedores locales cuando es posible.

Dentro del sistema SAP es posible agregar la cantidad de *stock* de seguridad de algunos materiales, tomando en cuenta el costo, el tiempo que puede permanecer en inventario y las cantidades que puede ocupar. De acuerdo a un criterio establecido anteriormente en sistema SAP es ajustado semanalmente para evitar sobre inventario con respecto a las necesidades. Personal de logística revisa esas órdenes y descarta las que no son necesarias y confirma las que son necesarias.

El sistema SAP también hace un registro de los materiales que podrían faltar basado en la demanda y prepara órdenes de compra para completar los *stocks* que se han determinado previamente (si el material no tiene *safety stock* no es comprado si no se ha utilizado dentro de un tiempo determinado).

Dentro del mismo SAP aparte de comprar, reservar material, planear, seguir el proceso de producción de las estaciones de prueba eléctricas, es posible hacer una consulta de un material en específico y saber lo que falta para que esté completo.

En cuanto al manejo de los materiales, algunas veces por la naturaleza del producto no se tienen todas las máquinas necesarias como tornos o cortadoras especiales para producir todos los materiales para una estación de prueba eléctrica. En el caso del área Prueftechnik se decide el comprar materiales con algún tipo de acabado, con algún tipo de pretrabajo como orificios, etc., que de otra manera implicaría una inversión de tiempo aún más grande el hacerlos en planta.

El tiempo es el criterio a seguir para decidir hacer o comprar, sin embargo, existen algunas ocasiones que el tiempo de envío desde Rumania o Alemania impacta directamente en la realización de una estación de prueba eléctrica. Para solucionar el tema se ha optado por comprar con cierto tiempo de anticipación de acuerdo con la estrategia de construcción de estaciones de prueba eléctrica, material estándar.

Los materiales externos e internos, son parte de los problemas internos más frecuentes (de acuerdo a la Figura 2) y es por eso por lo que se actuó haciendo las revisiones semanales de materiales en equipo, y seleccionando proveedores locales.

Las decisiones de comprar local se toman también por parte de logística cuando el tiempo del material ha llegado a su límite de poder traerlo de Europa.

Los volúmenes de producción también inciden en la compra de materiales de manera externa. Varios de los materiales que se ocupan son utilizados por cientos o decenas, son pesados y son caros y es por ello que se compran contra requerimiento.

En cuanto a material como tornillería como lo menciona la teoría de cadena de suministro, es mejor comprarla, previendo suficiente demanda como para producir componentes por 3 meses.

El seguimiento de los materiales (seguimiento con los proveedores para conocer el estatus de los transportes de las fechas estimadas de entrega, urgencias, etc.) tanto para proveedor local como externo es revisado por el área de logística.

Se ha catalogado a la cadena de suministro como un proceso de tirón, ya que la cadena de suministro es realizada en base a la demanda. Y sin embargo, también se menciona que es una cadena de tipo mixto para la producción de dispositivos de prueba, ya que existen componentes estándar para dispositivos de prueba, que se compran con mayor frecuencia, ya que son componentes que no pueden faltar en caso de recibirse algún requerimiento urgente.

3.7 ENSAMBLE DE ESTACIÓN

En cuanto a los procesos de manufactura que se distinguen en el proceso del ensamble de estaciones de prueba eléctrica son los siguientes:

Operaciones de ensamble, procesos de unión permanente. Un ejemplo de estos procesos en las estaciones de prueba eléctrica es el pegado con adhesivos de las coordenadas que sirven de localización de los adaptadores de prueba.



Figura 17. Vista de un ensamble de coordenadas, estación de prueba eléctrica.

Fuente: elaboración propia.

Operaciones de ensamble, ensamble mecánico, sujetadores roscados. Un ejemplo de ellos son la tornillería mencionada en el Anexo d) que se utiliza para unir dos o más perfiles, estructuras que sostienen el peso del arnés, placas guías para cableado, etc.

En las estaciones de prueba eléctrica se tienen 2 tipos de sujeción que permiten desensamble. Básicamente son remaches pop, tornillos, tuercas, opresores, silicones, pegamentos.

Dentro de las operaciones de ensamble también se tienen uniones con adhesivos que forman nuevas entidades.

De uniones se tienen muchos ejemplos en cuanto a uniones de perfiles, de componentes neumáticos, de componentes metálicos, etc.

En las figuras 17-19 se presentan algunos de los ensambles que se pueden encontrar y que son mencionados posteriormente:



Figura 18. Uniones externas en estaciones de prueba eléctrica.

Fuente: elaboración propia.

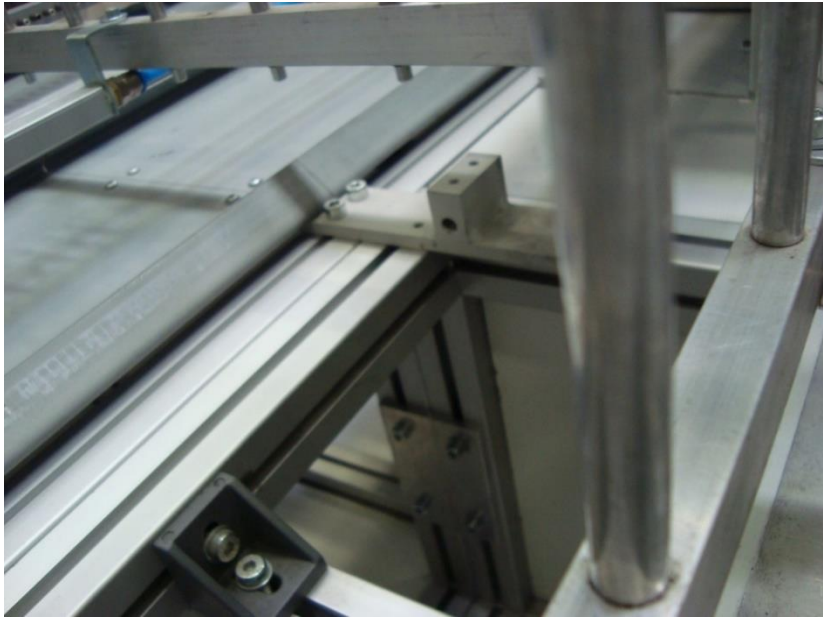


Figura 19. Uniones internas en estaciones de prueba eléctrica.

Fuente: elaboración propia.

Para la selección de materiales se tiene una base de datos estandarizada que desarrolló Rumania (donde se diseña la estación) basándose en las cualidades del proceso y también tomando en cuenta las propiedades para las que están siendo ocupadas, además se tiene en cuenta los lugares en donde estarán operando las estaciones de prueba eléctrica, por lo que la humedad está contemplada. En el caso de los perfiles de aluminio están diseñados para ofrecer una estructura robusta en la cual pueden ser montados todos los componentes y si acaso puede ser mejorado (pero no incluido) en cuanto al material con que se producen otros componentes que sí sufren de oxidación.

Los materiales de la estación de prueba eléctrica vienen como parte de una lista de componentes para ensamble, el área de almacén es quien provee todos los materiales de la lista.

Se utilizan tarimas de material en cantidades suficientes y cajas para proveer a los ensambladores todo lo necesario para producirlas.

Dentro de los materiales que se entregan a ensambladores, hacen distinción entre los materiales de estructura y los que corresponden a cableado o *wiring*.

Personal de ensamble de estaciones entonces hace el movimiento y separación de los materiales por cada parte que se tiene que ensamblar para facilitar y acelerar los subensambles que conformarán la primera parte de la estación.

Cuando una estación se reutiliza de una anterior, se hace limpieza de sus componentes.

Dentro de los subensambles se tienen algunos ensambles de perfiles, ensamblado de placas con postes, todo se hace de manera manual, ensamblado de puertas con cerraduras, puertas con manijas, etc.

Las estaciones de trabajo 1,2 y 3 de la Figura 20 trabajan para proveer subensambles de estaciones de prueba eléctrica al espacio donde se ensambla de manera final.

La base de la estación de prueba eléctrica es lo primero que se realiza, siguiendo la reglas de DFMA de diseñar para ensamblar de abajo hacia arriba.

En cuanto a los sistemas de producción se tiene disponible tanto mano de obra que se mencionó anteriormente en la parte de capacidad instalada como los sistemas necesarios para llevar control del producto. En caso de los sistemas, SAP es utilizado para el control de las órdenes de materiales ocupados y su confirmación.

Debido a la flexibilidad de trabajo en la diferencia de modelos de estaciones de prueba eléctrica a construir, se considera como una línea de modelo mixto.

El avance de actividades se especifica con detalle en las Tablas 11-19.

El ensamble final y los tiempos finales de fabricación dependen del tamaño de la estación.

En la estación de trabajo 1 y 3 se hace la preparación de dispositivos de prueba que conforman la parte superior de la estación que es donde un arnés de prueba eléctrica será probado.

En la Figura 20 se aprecia un acomodo de la distribución actual del área de producción de estaciones:

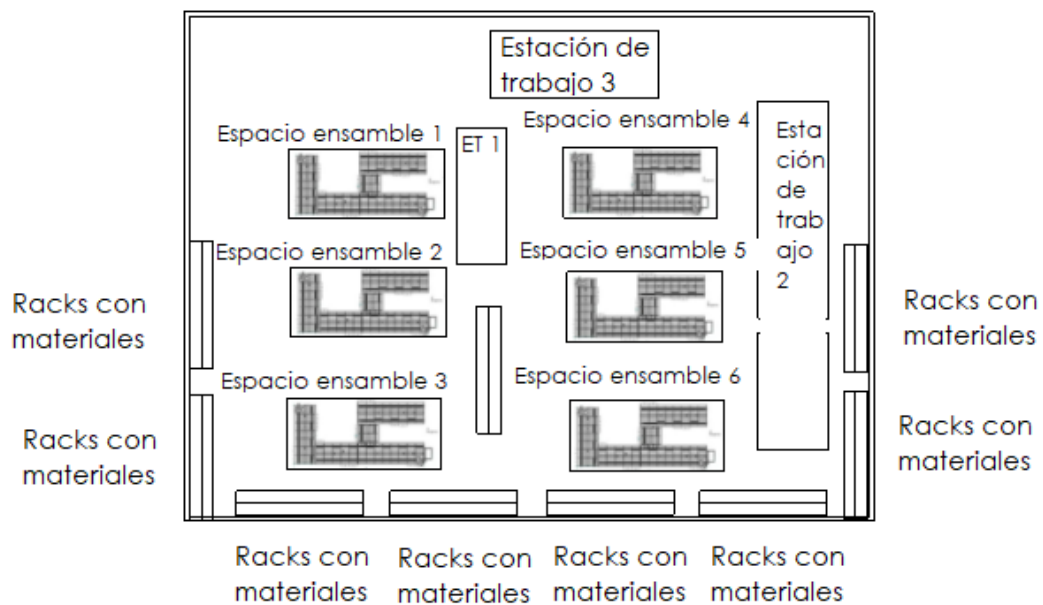


Figura 20. Disposición de estaciones de trabajo en el área de producción.

Fuente: elaboración propia.

Existen una variedad de tamaños de estaciones (Figura 16 muestra por lo menos 4 ejemplos diferentes), para los cuáles se tienen tiempos estándar, pero que varían con el tamaño de los componentes que se incluyen para la prueba de los arneses.

La carga de trabajo en cada estación está definida, y pueden estar trabajando 1, 2, o las 3 estaciones de trabajo al mismo tiempo o solamente 1 de acuerdo con la Figura 20.

La producción de ensamble de estaciones de prueba eléctrica no es producción masiva, por lo que no se puede catalogar como una necesidad el que se tenga una línea de producción, sin embargo, si se tiene un acomodo determinado y que puede mejorar. Se presenta en la Figura 20, las diferentes estaciones de trabajo con las que se cuenta en producción, con la definición de la distribución de equipos se puede cerrar el punto.

La estación más lenta es la de preparación de los adaptadores para introducirlos en la estación con la cantidad de 5 minutos por adaptador para ser preparado.

En el caso del análisis que se realiza para conocer si hay faltantes o diferencias contra lo que realmente debe ser, también es una actividad lenta, pero que solamente en el caso de que se realice en secuencia con el ensamble de la estación puede representar un problema. Esto porque muchas de las veces es posible hacer el análisis mencionado mientras la parte inferior y superior de la estación está siendo ensambladas.

La programación de actividades se centra en los siguientes puntos de manera muy general:

Desensamble de Frame, wiring y limpieza (en caso de que frame sea de reuso): Si existe un *frame* o una estructura que sea reutilizado de una estación anterior se desensambla y se hace limpieza del mismo para habilitarlo y que funcione correctamente y/o reemplazar las piezas que se encuentren en mal estado. La parte inferior se separa de la superior. En algunos casos el desensamble corresponde a que solamente es necesario trabajar con la parte inferior y la superior no debe sufrir ninguna modificación.

Preensambles: Corresponden a ensambles de partes que son ocupados dentro de la estación de prueba eléctrica, pero que por su naturaleza deben ser previamente

ensamblados, aquí se encuentran como ejemplos: Uniones de bases, guías de cableado, unión de puertas con manijas, preensamble de *backplanes*, ensamblado de base de frame inferior, etc. Dentro de ésta actividad también se encuentran el ensamble de puertas con chapa, ensamble de postes de rieles, enumeración de las extensiones de pines, conectar las extensiones de tarjetas electrónicas, puesta del inserto de bronce, **Ensamble de marco estructural**. Conjunto de preensambles y otros materiales, la parte inferior y superior de la estación de prueba eléctrica que se compone de perfiles, soportes, tomas neumáticas, cableado, rieles, tapas, unidades neumáticas y de voltaje, tierras, etc. agregado de tapas con aislamiento.

Coordenadas: Líneas guía de números a los costados de la estación para identificar una posición dentro de la estación. Son letras por un lado y números por otro.

Union de marcos estructurales: Diferentes segmentos pueden unirse para hacer la forma de una estación requerida por cliente. Básicamente es la unión de varias partes ensambladas independientemente para dar la forma requerida inicialmente en el manual de requerimientos. Existen estaciones que por el tamaño manejado se pueden mantener sin necesidad de hacer uniones de marcos estructurales. Existen modificaciones a estaciones de prueba eléctrica, en cuanto a tamaño lo cual también puede implicar unión de marcos después de modificar un segmento de la estación de prueba eléctrica.

Cableado sistema doble: Una estación puede tener capacidad para probar 2 arneses al mismo tiempo en distintos espacios de una estación. La prueba de 2 arneses de prueba eléctrica simultáneamente incluye el tener la estación preparada con 2 sistemas.

Cableado: El cableado de la estación correspondiente a las extensiones de cables, a las tarjetas electrónicas, *backplanes*, instalación de tarjetas de extensiones para probar un sistema o un arnés a la vez o dos.

Preparación de PA's (etiquetado y marcado): Identificación física y digital de adaptadores que se montarán en una sección definida en una tarjeta electrónica en la estación.

Instalación de PA's: Componentes de la estación de prueba eléctrica que probarán los conectores de un arnés específico. Se conectan a una tarjeta electrónica específica de una extensión de pines.

Revisión de pines: Ubicación de las direcciones de cada adaptador.

Lay out: Posicionamiento de adaptadores dentro de la estación de prueba eléctrica.

Secutest: Prueba encaminada a la seguridad eléctrica y tierras en buen estado.

Probar arnés: Revisión del ensamble con un arnés real provisto por cliente en un modelo como el que se va a estar corriendo en producción.

Liberación por calidad: La liberación de la estación se hace mediante el seguimiento de un protocolo y la revisión de cada componente que es instalado en la estación.

Existe una posibilidad de que los materiales utilizados tengan algún problema o presenten algún tipo de error como falta de barrenos, falta de machuelos en placas, falta de tornillería, problemas en el funcionamiento de algún componente, lo que significa que las personas que ensamblan la estación tendrán que hacer un reclamo al departamento de calidad para que quede una constancia con el proveedor y de esa manera se pueda seguir la queja. En el caso donde los materiales se pueden retrabajar para su uso correcto así se hace en el área de ensamble de estaciones.

Los problemas de materiales no provistos y el movimiento de materiales al lugar donde se ensamble hacen que sea baja la eficiencia.

3.7.1 Operaciones de ensamble y diseño para ensamble (DFA).

Referente al diseño para ensamblajes, o en cuanto al diseño del producto con la menor cantidad de piezas necesarias fue algo que se tomó en cuenta, sin embargo, al buscar algunas mejoras se encontró que los materiales, el análisis del ensamble, los diseños estaban ya muy apegados al DFMA. La estación se compone de una gran variedad de materiales incluyendo una gran cantidad de tornillos, pero es complicado proponer un estándar que se controla en Europa. Seguramente es posible proponer incluso algunos tipos de sujeción como anclas, pero no se realiza debido a la complejidad en la implementación y el control del proceso fuera de México.

En cuanto al diseño hay una parte compleja que es el ensamble de abajo hacia arriba, hay una fase del ensamble de estaciones de prueba eléctrica donde se tiene casi completa y se tiene que regresar a la parte inferior para montar componentes y hacer pruebas. Ésta es un área de oportunidad, que no abarca el proyecto.

Los ensamblajes sí están realizados para que se ensamblen con facilidad y sin mucho análisis en los dibujos para quien se dedica al ensamble de estaciones de prueba eléctrica.

3.8 REVISIÓN DE ESTACIÓN POR CALIDAD

Referente al control de la calidad se tiene el departamento de inspección final orientado a liberar el producto terminado.

De los requerimientos de calidad que se tienen, se puede mencionar que cada uno de los componentes con que se ensambla la estación pasa por una inspección para evitar que se ensamblen materiales incorrectos.

Cuando un material no se puede ensamblar por venir incorrecto se prepara una queja al departamento correspondiente, al mismo tiempo que se consigue más material correcto o se trabaja el que se tiene para continuar con el ensamble.

Con la entrega en tiempo de los equipos también se busca que la calidad del producto sea cumplida. Para poder hacer la entrega de una estación de prueba eléctrica pasa por un proceso minucioso de revisión por parte de dos personas de calidad que checan cada componente de la estación.

Terminada la revisión de una estación de prueba eléctrica se hace la liberación en cualquiera de los tres estatus posibles: rojo, verde o amarillo. En rojo no es posible entregar a cliente, salvo si se autoriza por parte de Alemania por el encargado de *Prueftechnik*, en amarillo puede haber algunos detalles en el ensamble de algún componente, pero que no pone en riesgo el uso del producto como el nivel de un componente un poco más antiguo que otro y finalmente el verde que es entrega sin observaciones.

3.9 CREACIÓN DE INDICADOR PARA OBTENER LOS PUNTOS DE MEJORA

El indicador de puntos de mejora de la Figura 2, se realiza para obtener de manera interna los problemas que más aquejaban a la construcción de las estaciones de prueba eléctrica.

El archivo con las categorías de problemas para estaciones de prueba eléctrica se ordenaron por columnas y cada una de las estaciones de prueba eléctrica tiene una hoja con las diferentes categorías, se presenta como anexo a).

En la Figura 21 se muestra el llenado del indicador de una estación de prueba eléctrica.

En el encabezado se tiene información de la estación de prueba eléctrica: el nombre de la estación de prueba eléctrica, con su número de identificación en sistema y la fecha de entrega de acuerdo al plan maestro de producción.

Los números dentro de cada celda representa la cantidad de problemas que se tienen para la estación en la semana definida y en la categoría que corresponde de acuerdo al anexo a).

número	Estación	6 MR (SAP Nr semana entrega		7	
	Semana	Materiales	Materiales exmble adaptac	Conectores	
3	47				
4	48				
5	49				
6	50				
7	51				
8	52				
9	1				
10	2		2		2
11	3			19	
12	4		2	26	
13	5			11	1
14	6		1	3	
15	7				2
16	8				
17	9				
18	10				
19	11				
20	12				
21	13				
22	14				
23	15				
24	16				
25	17				

Figura 21. Sección de indicador de problemas estaciones.

Fuente: elaboración propia.

Cada hoja de cada una de las estaciones tiene una suma total de los problemas por categoría y de esa manera se obtiene el concentrado de totales de problemas y porcentajes totales que tenemos en indicador final como se ha mostrado y hecho referencia a la Figura 2.

En cuanto a lo observado en el indicador inicial de la Figura 2, y lo ya mencionado, los resultados se muestran en la Figura 22.

Tabla 9. Lista de problemas más frecuentes para 2017.
Fuente: elaboración propia.

Problema	Porcentaje	Lugar
Cambios logística	50.00	1
Materiales local	13.32	2
Materiales ext	10.52	3
BOM incorrecto	7.31	4
Ensamble adaptadores	5.19	5

En la Tabla 9, se pueden reconocer los cinco mayores problemas que representan mayor volumen en 2017, sobre ellos se realizan las propuestas de solución.

En la Figura 22 se aprecia el concentrado de problemas de 2019.

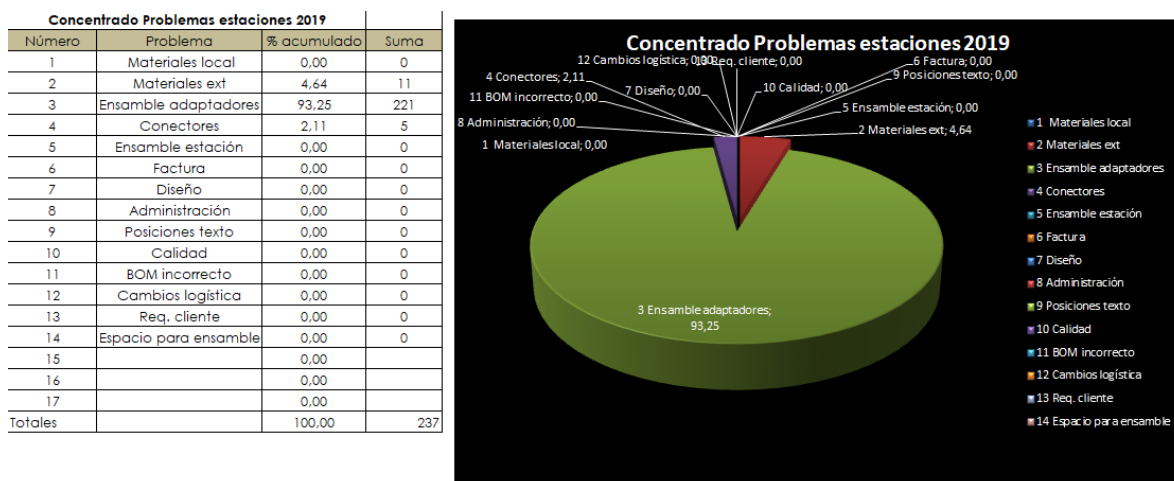


Figura 22. Resultados de indicador del año 2019 a Mayo 2019.

Fuente: elaboración propia.

Para 2019 la lista de problemas frecuentes cambió:

Tabla 10. Lista de problemas frecuentes 2017.

Fuente: elaboración propia.

Problema	Porcentaje	Lugar
Ensamble adaptadores	93.25	1
Materiales ext	4.64	2
Conectores	2.11	3
Materiales local	0,00	0
Ensamble estación	0,00	0

El indicador 2018 no fue realizado, pues la carga de trabajo lo impedía. Pero se analizaron los resultados del indicador de 2017.

3.10 PROPUESTAS DE SOLUCIONES A LOS PROBLEMAS QUE REPRESENTAN MÁS VOLÚMEN

3.10.1 Mejora en compra de materiales y mejora en el ensamble de estaciones de prueba eléctrica para entrega completa.

De acuerdo con la Figura 2 y los resultados de la Tabla 9 obtenidos, se deduce que se requerían hacer mejoras en la compra de materiales, en cambios de logística, BOM incorrecto y ensamble de adaptadores.

La compra de materiales para ensamble, fue mejorado ajustando las compras de acuerdo con el plan maestro de producción. Anteriormente la compra de materiales se realizaba de acuerdo con la planeación de logística y con sus respectivos requerimientos en sistema MRP, no se tomaba en cuenta la fecha de compra de componentes, al no existir el plan maestro de producción.

La investigación del proceso de construcción, del proceso de compra de materiales y de la planificación de la producción se realizaron para poder corroborar las mejoras de compras de materiales en tiempo y la velocidad de producción.

Se incluye un proceso de *stock de seguridad* para la realización de compra de materiales estándar.

La solución a uno de los principales problemas en la manufactura de las estaciones de prueba eléctricas sigue a continuación:

Como parte de la Planeación y control de la producción: Con el SAP mismo se calculan los materiales que se van a ocupar para los componentes de acuerdo con una fecha de realización y tiempos establecidos. Anteriormente la compra de materiales se realizaba dentro de los planes originales de un año y ya no se daba un seguimiento correcto.

En cuanto al manejo del sistema, ahora es necesario hacer reportes semanales que indican los materiales que están faltando. Esto da como resultado una información no confiable debido a que lo almacenado disminuye por la producción de esos componentes y faltantes para los prioritarios.

La mejora de acuerdo a los hallazgos de indicador en la Figura 2 consiste en realizar un plan maestro de producción para hacer la planeación de componentes, de compra de materiales de acuerdo a los requerimientos de cliente.

Se realiza un plan maestro de producción en donde se puede revisar el estado del orden de trabajo. La planeación de producción se realiza en el área de logística tomando en base el plan maestro de producción y su orden. Los tiempos de compra de materiales se amplían y los procesos de compra local son mejorados y seguidos para poder cumplir con los tiempos.

Un ejemplo del plan maestro de producción que se manejó durante 2018 es como sigue y contiene las mejoras realizadas:

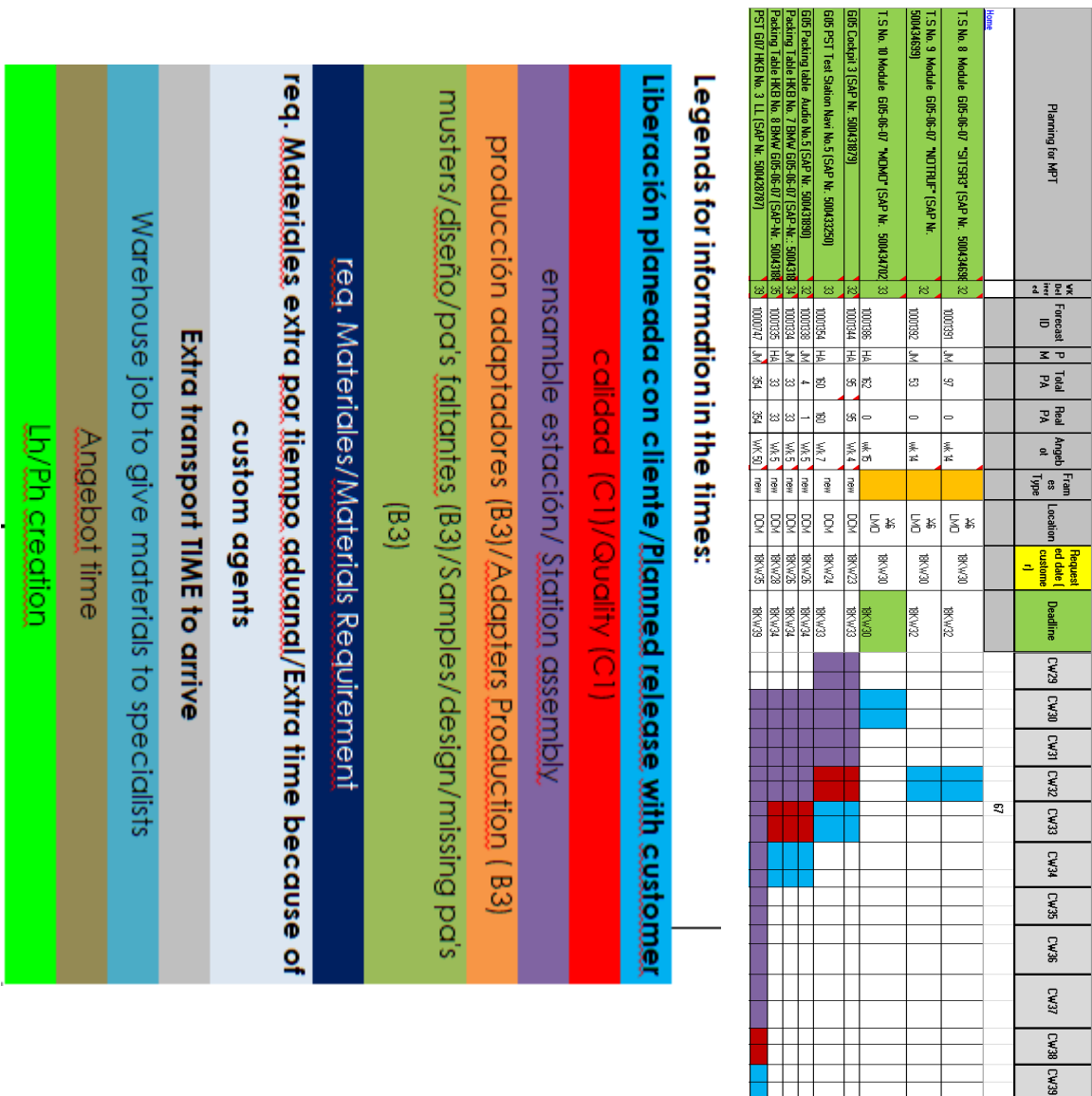


Figura 23. Vista de una parte de un plan maestro.
Fuente: elaboración propia.

3.10.1.1 Análisis de tiempos para estaciones de prueba eléctricas.

Como parte de la especificación del ensamble de estaciones de prueba eléctricas, identificar las actividades, los tiempos, las estaciones de trabajo y especificarlas, se generó un archivo con los tiempos y las actividades que involucran la realización de una estación (Los tiempos se toman en base a tiempos normales y sin presiones para quien ensambla):

En las Tablas 11 - 19, se muestra ejemplo con una estación de 6 segmentos, 1 parte, doble sistema, de 250 adaptadores.

Una estación de 6 segmentos, con 2 sistemas, 1 parte, se refiere a una estación como la siguiente:

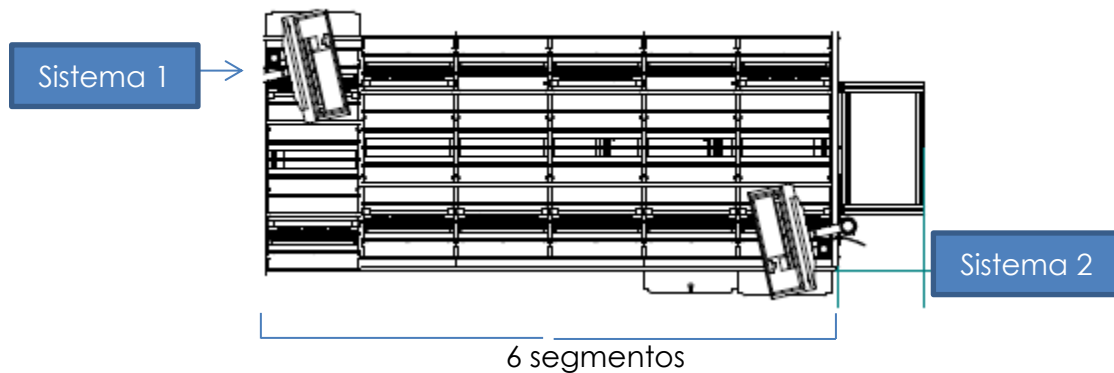


Figura 24. Estación de ejemplo para toma de tiempos con 6 segmentos, 12 renglones, 2 sistemas, 1 parte.

Fuente: Lastenheft de estación de mpt de empresa draexlmaier.

En las Tablas 11-19 se generaron las actividades que involucra el ensamble de estación de prueba eléctrica de la Figura 23.

Tabla 11. Los tiempos tomados después del análisis de videos 1.

Fuente: elaboración propia.

Número de actividad	Actividad	Tabla de Tiempos (minutos)	Estación de trabajo
1	Requerimiento surtimiento de frame y/o adaptadores	-	
2	Preparación de materiales (separación de wiring y frame en carritos)	60	Materiales
3	Montaje de manijas en puertas (2 por puerta)	24	estación de trabajo 2
4	Preparación de cables para wiring (tarjeta de extensión de pines, etiquetado, unión de tarjeta y cable)	160	estación de trabajo 2
5	Preparación de tapa con mediciones	20	estación de trabajo 2
6	Ensamble de tapa con rendija	59.52	estación de trabajo 2

Tabla 12. Los tiempos tomados después del análisis de videos 2.

Fuente: elaboración propia.

Número de actividad	Actividad	Tabla de Tiempos(minutos)	Estación de trabajo
7	Tiempo de material para placas de extensiones de pies	6	estación de trabajo 2
8	Preparado de placas para extensiones de pines	240	estación de trabajo 2
8.1	Ensamble de insertos para tierras	4	estación de trabajo 2
9	Preensamble de rieles	30.45	estación de trabajo 2
10	Unión de perfiles para base inferior	10	estación de trabajo 2
11	Montaje de ruedas	90	estación de trabajo 2
12	Montaje de postes parte inferior	4.66	estación de trabajo 2
13	Montaje de puertas con escobillas	8	estación de trabajo 2
14	Alineación de perfiles/Apretado de tornillos de postes, parte inferior	8	estación de trabajo 2
15	Requerimiento de perfiles horizontales para unión de postes superior de parte inferior	5	estación de trabajo 2
16	Montaje de postes horizontales para unión de parte inferior con superior	8	estación de trabajo 2

Tabla 13. Los tiempos tomados después del análisis de videos 3.

Fuente: elaboración propia.

Número de actividad	Actividad	Tabla de Tiempos(minutos)	Estación de trabajo
17	Agregado de sujetadores para puertas	6	estación de trabajo 2
18	Agregado de esquineros para perfiles	35	estación de trabajo 2
19	Probado de puertas	6	estación de trabajo 2
20	Medición/ corte y montaje de perfil para esconder hueco de perfil para 1 sección	8	estación de trabajo 2
21	Inserción de barras horizontales para costillas	22.2	estación de trabajo 2
22	Corte de perfil para soportes horizontales extras (inferiores y superiores)	4.5	estación de trabajo 2
23	Corte de perfil para el montaje de unidad neumática, computadoras	28.8	estación de trabajo 2
24	Montaje de perfil de soporte superior de parte inferior de frame	11	estación de trabajo 2
25	Montaje de perfil para sujeción de unidad neumática, fuente, PC'S	21	estación de trabajo 2
26	Fijado de base para 2 pc, fuente	20.4	estación de trabajo 2

Tabla 14. Los tiempos tomados después del análisis de videos 4.

Fuente: elaboración propia.

Número de actividad	Actividad	Tabla de Tiempos(minutos)	Estación de trabajo
27	Ajustes de distancias a perfiles	10.2	estación de trabajo 2
28	Agregado de cables de tierra	39	Espacio ensamble de estación 6, 5
29	Montaje de unidad neumática	15	Espacio ensamble de estación 6, 5
30	Montaje de unidad de contactos	30	Espacio ensamble de estación 6, 5
31	Montaje de costillas	7	Espacio ensamble de estación 6, 5
32	Montaje de 6 charolas	6	Espacio ensamble de estación 6, 5
33	Montaje de 6 distanciadores para costillas	8.4	Espacio ensamble de estación 6, 5
34	Montaje de tapas parte superior de puertas	8.64	Espacio ensamble de estación 6, 5
35	Apretado de opresores para costillas	4.2	Espacio ensamble de estación 6, 5
36	tiempo para traer material con rieles	5	Espacio ensamble de estación 6, 5
37	Apretado de tornillos de charolas	1.332	Espacio ensamble de estación 6, 5
38	Montaje de barras con rieles	7	Espacio ensamble de estación 6, 5
39	Chequeo de distancias	12	Espacio ensamble de estación 6, 5

Tabla 15. Los tiempos tomados después del análisis de videos 5.

Fuente: elaboración propia.

Número de actividad	Actividad	Tabla de Tiempos (minutos)	Estación de trabajo
40	Montaje de barra inmovilizadora de rieles	10	Espacio ensamble de estación 6, 5
41	Montaje de tapa de segmento	7	Espacio ensamble de estación 6, 5
42	Montaje de puertas	24	Espacio ensamble de estación 6, 5
43	Montaje de botón de paro de emergencia	60	Espacio ensamble de estación 6, 5
44	Montaje de tomas neumáticas	60	Espacio ensamble de estación 6, 5
45	Montaje de tapones para tomas neumáticas	32	Espacio ensamble de estación 6, 5
46	Montaje de tapas de plástico	31.2	Espacio ensamble de estación 6, 5
47	Montaje de cerraduras (incluye cilindro, montaje, tuercas para sujeción, seguro y prueba de funcionamiento).	42	Espacio ensamble de estación 6, 5
48	Montaje de postes para monitor, teclado	60	Espacio ensamble de estación 6, 5
49	Material para pc, fuente, desembalaje de los materiales	6	Espacio ensamble de estación 6, 5
50	Búsqueda de tornillería para montaje de computadoras, fuente	3	Espacio ensamble de estación 6, 5

Tabla 16. Los tiempos tomados después del análisis de videos 6.

Fuente: elaboración propia.

Número de actividad	Actividad	Tabla de Tiempos (minutos)	Estación de trabajo
51	Montaje de computadoras, fuente	21	Espacio ensamble de estación 6, 5
52	Preparación/Montaje de multicontactos (tomas europeas) y extensión	70	Espacio ensamble de estación 6, 5
52.1	Fijado de portaplacas (de extensiones de pines en parte superior)	2.76	Espacio ensamble de estación 6, 5
53	Ensamble de tarjeta de interfaz	10.6	Espacio ensamble de estación 6, 5
54	Búsqueda de tornillos para montaje de tarjeta de interfaz	5	Espacio ensamble de estación 6, 5
55	Montaje de tarjeta de interfaz	6	Espacio ensamble de estación 6, 5
56	Conexión de tarjetas de interfaz con fuente, unidad neumática, cables de red, cables de datos con fuente	12	Espacio ensamble de estación 6, 5
57	Material para backplanes, unión, desempaque	2.6	Espacio ensamble de estación 6, 5
58	Montaje/unión de backplanes	22	Espacio ensamble de estación 6, 5
59	Encintado de terminales harting no ocupadas/conectado de puente de tarjetas	28	Espacio ensamble de estación 6, 5

Tabla 17. Los tiempos tomados después del análisis de videos 7.

Fuente: elaboración propia.

Número de actividad	Actividad	Tabla de Tiempos (minutos)	Estación de trabajo
60	Montaje de backplane en estación	10	Espacio ensamble de estación 6, 5
61	Conexión de cable de red, conexión harting, relevador de sistema 1	9	Espacio ensamble de estación 6, 5
62	Preparación de etiquetas para tarjetas ASK, placas, puertas	58.88	Espacio ensamble de estación 6, 5
63	Etiquetado de backplanes, bases de tarjetas de extensiones de pines.	64	Espacio ensamble de estación 6, 5
64	Pegado de etiquetas en puertas de estación y bases para extensiones	89.6	Espacio ensamble de estación 6, 5
65	Montaje de extensiones de pines con cableado	192	Espacio ensamble de estación 6, 5
66	Montaje de placas de identificación	30	Espacio ensamble de estación 6, 5
67	Fijado de portahojas	40	Espacio ensamble de estación 6, 5
68	Conexión de extensiones de pines en backplane (parte inferior)	360	Espacio ensamble de estación 6, 5
68.1	Inserción de tarjetas ASK en backplanes	16	Espacio ensamble de estación 6, 5
69	Instalación de manómetro digital	20	Espacio ensamble de estación 6, 5

Tabla 18. Los tiempos tomados después del análisis de videos 8.

Fuente: elaboración propia.

Número de actividad	Actividad	Tabla de Tiempos (minutos)	Estación de trabajo
70	Instalación de sistemas, sw	60	Espacio ensamble de estación 1,2,3
71	Probado de pines para tarjetas previo a montaje de backplane	16	Espacio ensamble de estación 1,2,3
72	Probado de backplanes previo a montaje de segundo sistema	8	Espacio ensamble de estación 1,2,3
73	Montaje de segundo sistema	15	Espacio ensamble de estación 1,2,3
74	Detección de tarjetas con PT diagnostic, entradas, salidas	14	Espacio ensamble de estación 1,2,3
75	Conexión de cables de pressure observation, seguros.	7	Espacio ensamble de estación 1,2,3
76	Montaje y conexión de pin sonde	2.8	Espacio ensamble de estación 1,2,3
77	Preparación de etiquetas de wiring	60.9	Espacio ensamble de estación 1,2,3
78	Etiquetado de wiring	121.1	Espacio ensamble de estación 1,2,3
79	Revisión de pines después de montaje de segundo sistema con pin sonde	64	Espacio ensamble de estación 1,2,3
80	Prueba secutest	60	Espacio ensamble de estación 1,2,3
81	Desempaque adaptadores para montaje	147.5	Materiales

Tabla 19. Los tiempos tomados después del análisis de videos 9.
Fuente: elaboración propia.

Número de actividad	Actividad	Tabla de Tiempos (minutos)	Estación de trabajo
82	Etiquetado de adaptadores para montaje en estación (cc, pin, coordenada)	1250	estación de trabajo 1
82.1	Preparación de archivo para instalación en estación (depende de las bases de datos y adaptadores)	350	estación de trabajo 3
83	Agregado de adaptadores	1250	Espacio ensamble de estación 1,2,3
84	prueba de arnés	277.5	Espacio ensamble de estación 1,2,3
85	Empaque estación	120	Espacio ensamble de estación 1,2,3
TOTAL		6222.742 MINUTOS, 103.71 HORAS	

De acuerdo con los tiempos medidos por video, se obtiene una reducción de 159 horas a 103 horas en el cálculo de la realización de la estación.

Además se generan ayudas visuales, ver Figura 25.

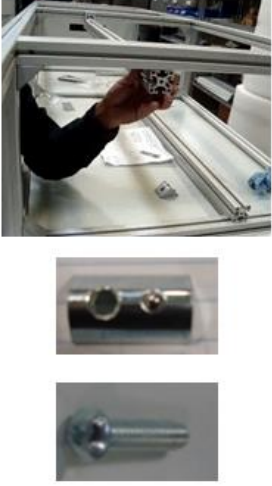
Actividad	Herramientas	Materiales
24 Montaje de perfil de soporte superior de parte inferior de frame		

Figura 25. Ejemplo de ayuda visual creada para la actividad 24 generada después del análisis de actividades.

Fuente: elaboración propia.

En el caso de la velocidad de producción del ensamble de estaciones de prueba eléctrica, se puede definir en base a la ecuación 2.

Para el caso de la determinación de la cantidad de trabajadores, usando la Ecuación 1 y siendo las variables $D_g=14$, $S_w=10$, $H_{sh}=8$, 18 semanas de trabajo.

La velocidad de trabajo está dada por el uso de la Ecuación 2, siendo la variable $R_p=.01$.

Para la aplicación de tiempos de ciclo, turnos por semana, se tienen las ecuaciones para el cálculo de los tiempos, con lo cual se tiene la Tabla 20 para la carga de trabajo que se tiene en 2019 para 14 estaciones en 15 semanas, con 10 turnos de trabajo de 2 personas por 5 días, 8 horas de trabajo y una eficiencia de 85 %, con el uso de Ecuación 3, siendo las variables $E=85\%$, $R_p=.01$

Tabla 20. Tiempos de ciclo, para la realización de 14 estaciones en 18 semanas con eficiencia del 85%.

Fuente: elaboración propia.

Tiempo de producción promedio (convertido a minutos)	6171.43
Rp (velocidad de producción requerida para cumplir con el requerimiento)	0.01
Demanda anual Da (estaciones en el año a construir)	14.00
semanas por año	18.00
Turnos por semana (1 persona o 2 en 1 turno)	10.00
Horas /turno	8.00
Tiempo de ciclo en minutos	5245.71
minutos	60.00
Eficiencia	0.85

La información obtenida, representa el control que se tiene del avance en producción de ensamble de estaciones de prueba eléctrica. Es decir con la información de la Tabla 20 se puede calcular la velocidad de trabajo con una cantidad de capacidad de trabajo instalada. También permite conocer si se

requiere incrementar la eficiencia, o hacer requerimiento de capacidad extra para satisfacer la demanda de estaciones de prueba eléctrica. Éste tipo de control no se tenía previamente.

La Tabla 20 permite la evaluación de diferentes estaciones.

La Tabla 21, muestra el ejercicio para una estación en 2 semanas, 10 turnos de trabajo.

Tabla 21. Tiempos de ciclo, para la realización de 1 estación en 2 semanas y eficiencia del 85%.

Fuente: elaboración propia.

Tiempo de producción promedio (convertido a minutos)	9600.00
Rp (velocidad de producción requerida para cumplir con el requerimiento)	0.01
Demanda anual Da (estaciones en el año a construir)	1.00
semanas por año	2.00
Turnos por semana (1 persona o 2 en 1 turno)	10.00
Horas /turno	8.00
Tiempo de ciclo en minutos	8160.00
minutos	60.00
Eficiencia	0.85

En cuanto al balanceo de la línea con las ecuaciones 1 y 2 se puede generar la capacidad necesaria para satisfacer la demanda de trabajo basada en el programa maestro de producción por estación de trabajo.

En cuanto a la planeación de procesos del ensamble de estación de prueba eléctrica sigue la secuencia de trabajo en las estaciones de trabajo especificadas, como se menciona en la lista de actividades de las Tablas 11 a la 19. Existen variaciones en cuanto a los preensambles, ya que algunos pueden ser realizados al inicio o cuando se ocupan, poco antes.

En cuanto a los estándares de trabajo, las Tablas de 11 a la 19 sirven de base para la estandarización de los tiempos de las operaciones, mediante la preparación de las herramientas y los materiales que se ocupan y las ayudas visuales (ver Figura 25). Las ayudas visuales generadas permiten aprovechar el tiempo cuando personal que tiene menos experiencia puede trabajar sin supervisión, usándolas.

Teniendo las Tablas 11 a 19 con tiempos es más fácil hacer un cálculo de costos totales o hacer una planificación de tiempo para una determinada estación.

También con las Tablas 11 a la 19 de las actividades de ensamble de estaciones de prueba eléctrica, se encuentra que hay actividades donde se pueden preparar los materiales señalados a ocupar dentro del proceso definido.

La velocidad de operación queda definida en el uso de la ecuación 2 para el cálculo de la velocidad promedio de producción.

La transformación de materiales para el ensamble de las estaciones de prueba eléctricas es bajo y se limitan a algunos cortes, o generación de algunas roscas para algunos materiales.

El desperdicio de material se presenta en el ensamble, sin embargo se busca que lo que se tiene se ocupe, y es por eso que los perfiles se encuentran bajo dimensiones y

tolerancias de tamaño y grosor de acuerdo con el plano de fabricación para ser utilizados tal cual están y evitar el desperdicio.

Existen restricciones de precedencia para algunas actividades específicas, dentro de la lista de actividades de las Tablas 11 a 19, se mencionan perforaciones, ensambles de puertas, de cerraduras, de preparación de extensiones de pines, etc.

Dentro del ensamble de estaciones de prueba eléctricas existen actividades innecesarias, ver Tablas de actividades 11 a 19, que son provocados por falta de material no provisto por almacén. Se busca reducir la incidencia de las actividades innecesarias con las ayudas visuales generadas, de tal manera que no se detenga al personal en producción por búsqueda de un material cuando ya están realizando el ensamble, sino que se pueda conseguir el material antes de entrar a hacer cada actividad.

Los cambios de logística eran el lugar número 1 (50% de los problemas internos) en cuanto a problemas para el ensamble de una estación en 2017, seguido de la compra de materiales tanto externos como internos con un 23.8 % de los problemas.

En el caso de la flexibilidad del proceso, existe cierto grado, un ejemplo son algunos perfiles que son perfiles cortos para el uso de alturas de la estación, y sin embargo también existen los mismos, pero con longitudes más grandes para dar el largo a la estación. En algunos casos se puede cortar alguno de los perfiles más largo en longitudes más cortas para no detener un ensamble, las herramientas para el corte se tienen y el tener esas características con perfiles le da cierto grado de flexibilidad a los procesos de ensamble.

En cuanto al costo se puede apreciar en la Tabla 19 con los tiempos medidos de las actividades de ensamble de las estaciones de prueba eléctricas, que la disminución de horas permite hacer un ahorro en el costo final de la estación. Existe un apartado en la Tabla 19 que incluye la cantidad de horas invertidas en su ensamble, por lo que el incremento en la eficiencia contribuye a minimizar el costo.

Un ejemplo del cálculo de costo de una estación por inversión de tiempo se muestra en la Figura 26:

Pos	Bezeichnung	Stück	Einzelpreis €	Gesamt €	Pos	Bezeichnung	Stück	Einzelpreis €	Gesamt €
10	working-out and creation of layouts per testadapter	275	3	825	10	working-out and creation of layouts per testadapter	174	3	522
				825		Zwischensumme Erstellung Layout			522.00
Transport und Verpackung					Transport und Verpackung				
10	Packagng	1		350	10	Packagng	0		
20	Transportkost	1		5100	20	Transportkost	1		4416
	Zwischensumme Transport/Verpackung			5450		Zwischensumme Transport/Verpackung			4416
	Berechnung Angebotspreis					Verrechnungspreis			
1	Zwischensumme Pröfstation			66.428.19	1	Zwischensumme Pröfstation			50.109.42
2	Zwischensumme Layouterstellung			825	2	Zwischensumme Layouterstellung			522.00
3	Zwischensumme Transport/Verpackung			5450	3	Zwischensumme Transport/Verpackung			4416
	Zwischensumme			72.703.19		Zwischensumme			55.047.42
	Kfm. Verrechnung DCM/DPM mit 3%Risiko+3%Ertrag			4.427.62		Kfm. Verrechnung DCM/DPM mit 3%Risiko+3%Ertrag			3352.387596
	Angebotspreis			77130.81					58.399.80
	Merkosten BDA								-18.731.01
	Verrechnungspreis MPT								58.399.80

Figura 26. Ejemplo del costo final en una estación.

Fuente: archivo de cobro de estaciones de prueftechnik

La Figura 26 muestra un comparativo entre lo proyectado de inversión en horas para una estación de prueba eléctrica. A la izquierda, originalmente se proyectaron 275 horas de trabajo. A la derecha, se aprecia la cantidad real de horas con la aplicación de los tiempos medidos. Existe un ahorro de 101 horas de inversión.

El plan maestro de producción va ligado a las estaciones de prueba eléctrica que se realizan, ver Figura 27.

Planeación PT	id. de estación	PM	Total PA	Real PA	Oferta	Tiempo	Lugar	FEC HA CLIE	FECHA PLAN PT
Home									
PRFST VW 416 IR (SAP Nr. 500446982)	4	10001537	JM	270	273	Wk 36	reused	DPM	18KW45 18KW50
VW416 Coupe Packing Table Inner #1 (SAP Nr. 500446987)	4	10001540	JM	6	6	Wk37	reused	DPM	18KW45 18KW02
VW416 Coupe Packing Table motor #1 (SAP Nr. 500449781)	4	10001539	HA	7	7	Wk37	reused	DPM	18KW45 19KW02
G05 Equipo #5 Seats: wk07_2019 - Sinergia (SAP Nr. 500449788)	7	10001297	HA	270	171	Wk39	reused	DPN	18KW46 19KW05
PST G05 TS Doors nr.4 (SAP Nr. 500449800)	7	10001456	HA	48	46	Wk39	reused	DPN	18KW49 19KW06
PRFST_VW416 MR (SAP Nr. 500446985)		10001538	HA	244	248	Wk41	reused	DPM	19KW07 19KW07
G05 Equipo #6 Adapters: wk05_2019 (SAP Nr. 500449802)		10001462	HA	280	238	Wk40	reused	DPN	19KW09 19KW09
PST Navi 7 Reparatur G05-6-7 Mexico (SAP Nr. 500449804)		10001548	HA	155	155	Wk 39	new	DCM	19KW07 19KW09
Test Station Mini ksk Door #7 Reparatur G05-6-7 Mexico (SAP Nr. 500449806)		10001549	HA	69	66	Wk41	new	X6	19KW07 19KW10
Test Station Mini ksk Adapters #4 Reparatur G05-6-7 Mexico (SAP Nr. 500449812)		10001550	JM	82	82	Wk41	new	X6	19KW07 19KW11
BMW G01/G02 Cockpit No.4 (SAP Nr. 500449817)		10001752	HA	170	170	Wk44	Reused	LMO	19KW16 19KW12
Packing Table Audio No.1 BMW G01/G02 (SAP Nr. 500449810)		10001547	JM	11	11	Wk 41	new	DCM	19KW07 19KW13
PRFST_Packing Table Audio No.4 BMW G01/G02 (SAP Nr. 500449834)		10001749	JM	12	12	Wk46	new	DCM	19KW07 19KW14
Packing Table Audio-Navi BMW G01/G02 No.2 (SAP Nr. 500455416)		10001747	HA	15	15	Wk47	new	DCM	19KW07 19KW15
Packing Table Audio-Navi BMW G01/G02 No.3 (SAP Nr. 500455414)		10001748	HA	15	15	Wk47	new	DCM	19KW07 19KW16
PRFST_Packing Table Audio No.5 BMW G01/G02 (SAP Nr. 500455434)		10001753	JM	12	12	Wk47	new	LMO	19KW17 19KW17
Packing Table No. 11 BMW G05-06 (SAP Nr. 500455441)		10001936	JM	44	44	Wk50	new	DCM	19KW12 19KW18

Figura 27. Programa maestro de producción. Fuente: elaboración propia.

Fuente: elaboración propia.

Donde:

Planeación PT: Es la lista de estaciones de prueba eléctrica a producir durante el año.

Enviada: Es la semana en la que una estación de prueba eléctrica se entregó a cliente.

Id de estación: Identificador de estación a producir a nivel mundial.

PM: Administrador de Proyecto encargado de la entrega a cliente de la estación de prueba eléctrica.

Total PA: Total de Adaptadores de prueba planeados por cliente en requerimiento de estación de prueba eléctrica.

Real PA: Adaptadores reales producidos para una estación de prueba eléctrica.

Oferta: Llegada de cotización a cliente para una estación de prueba específica.

Tipo: Si la estación de prueba eléctrica será con una estructura reusada o nueva.

Lugar envío: Lugar al que se enviará la estación de prueba eléctrica.

Fecha cliente: Semana en la que cliente ha pedido cada estación de prueba eléctrica.

Fecha plan MPT: Fecha entrega compromiso de Prueftechnik por capacidad de trabajo.

En cuanto a la preparación de lotes pequeños y reducción de la preparación, se observa durante el ensamble de las estaciones de prueba eléctricas, fue precisamente que existe preparación de materiales para determinadas secciones de ensambles de estaciones de prueba eléctrica, pero algunas herramientas o materiales faltantes se tienen que buscar aparte, lo que provoca que el tiempo de producción se alargue. Las ayudas visuales como la mostrada en Figura 25 generadas son para que personal de apoyo pueda identificar la actividad siguiente, pueda recabar el material que va a ocupar y disminuya el tiempo de preparación y la preparación en consecuencia.

En cuanto a la separación de trabajo por estaciones, se tiene ya el concentrado de las actividades por estación de trabajo en las tablas 11 a 19, haciendo la parte de

método, y es en las ayudas visuales como en Figura 25, donde se puede apreciar que las actividades con similar herramienta, o actividad son desarrolladas.

El transporte que se hace de los materiales dentro del área de producción es importante mencionarlo, ya que los mismos son transportados de almacén al punto de la línea donde se almacenan los materiales para su uso. El método de proveer materiales a estaciones de prueba eléctrica presenta problemas al momento de realizar el ensamble, pues se ha encontrado materiales ausentes y eso provoca que las personas encargadas del ensamble tengan que hacer el requerimiento de los materiales a almacén, lo que hace que la eficiencia de la cadena se vea afectada. En cuanto al aprovisionamiento, se tienen bien establecidas las actividades que realiza el personal de almacén, es decir quién surte, quién almacena, etc. Las actividades mencionadas se realizan de acuerdo con la estrategia de año, en donde se tienen las prioridades que se tienen que ir surtiendo, además de que los materiales se piden con cierta antelación para surtirse en sistema y físicamente en cuanto van a ser utilizados, que puede ser unos cuantos días antes del ensamble de una estación de prueba eléctrica.

El uso de las Tablas de tiempos 11 a 19 generada ayuda a la realización de un cálculo de costos más eficiente en cuanto a las horas invertidas a una estación. En las Tablas 11 a 19 vienen desglosadas las actividades, sus tiempos y se adecúan de acuerdo al tipo de estación que se ensambla por tamaño, de ésta manera la mejora también está en el costo.

En cuanto a la administración del riesgo de llegada de materiales se tiene contemplado el revisar proveedores locales, el aprovechar a las plantas hermanas en América o conseguir un proveedor con un tiempo de respuesta urgente.

Los casos en donde se tiene que comprar de urgencia siempre implican que los materiales pueden tener un costo mayor al previsto por cobro de transporte urgente. Además, también existe la situación en la que se puede incrementar el *stock* de

seguridad para incrementar el inventario y prevenir algunas de las situaciones de faltante de materiales.

Dentro de la flexibilidad de la cadena de suministro se tiene el tipo de flexibilidad combinada: pues como dice la teoría de capacidad de producción, se tienen que hacer una variedad de productos en período corto de tiempo (considerando que 100 horas es un tiempo corto para hacer una estación de prueba completa). La cadena larga de suministro y de actividades favorece que muchas veces las personas encargadas de ensamblar la estación puedan estar haciendo otras actividades para la misma estación, lo que lleva a aprovechar el tiempo o capacidad disponible. No es posible aprovechar la capacidad en cualquier momento del ensamble de la estación, por limitante de secuencia en el ensamble, pero si en un alto porcentaje.

La planeación de la demanda es una de las acciones implementadas más útiles para el ensamble. A inicios del trabajo se muestra que la compra de materiales representa una gran parte de los problemas originales (en 2017 representaban en conjunto un 23.18%) que se tenían cuando se empezó con la administración de las estaciones de prueba eléctricas, en éstos momentos a inicios de 2019 representan solamente un 4.64% de los problemas en 2019 como se puede apreciar en la gráfica actual.

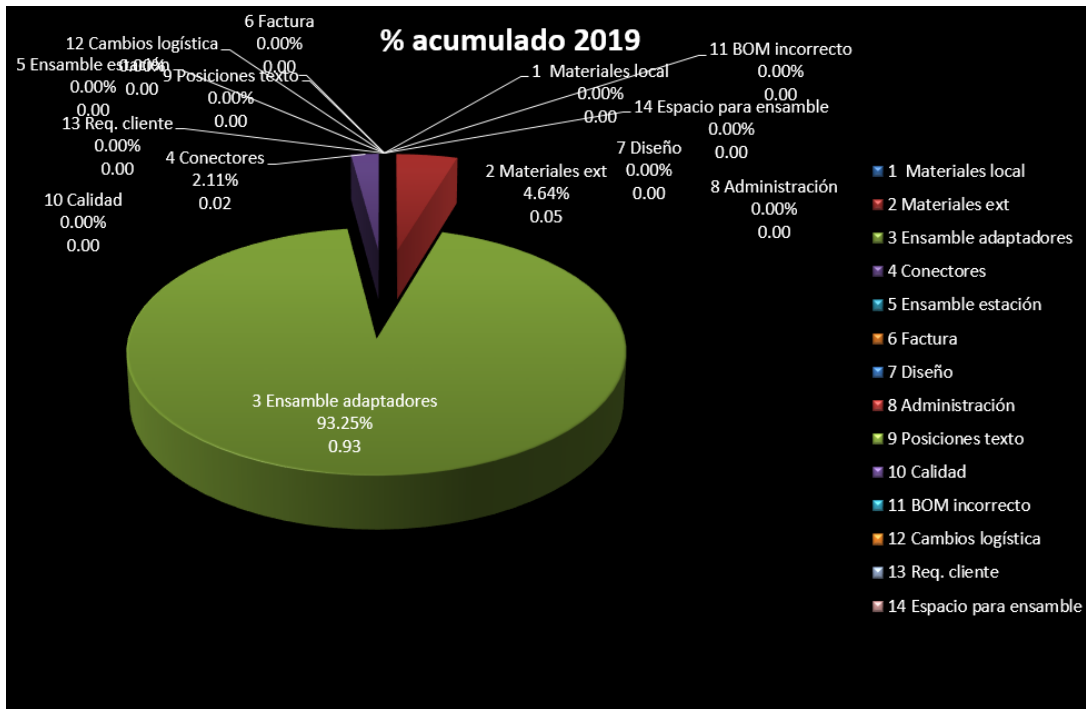


Figura 28. Gráfica de los problemas, 2019 (febrero).

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 22, se aprecia, la cantidad de problemas encontrados para inicios de 2019 en comparación con los del año 2017:

Tabla 22. Concentrado de problemas para inicios de 2019 (febrero) contra 2017.
Fuente: elaboración propia.

Concentrado de problemas estaciones							
No	Problema	% acumulado 2019	Suma 2019	% acumulado 2017	Suma 2017	Dif. cant. 2019 vs 2017	Dif. % 2019 vs 2017
1	Materiales local	0,00	0	13,32	75,00	-75,00	-13,32
2	Materiales ext	4,64	11	10,52	66,00	-55,00	-5,88
3	Ensamble adaptadores	93,25	221	5,19	20,00	201,00	88,06
4	Conectores	2,11	5	4,03	5,00	0,00	-1,92
5	Ensamble estación	0,00	0	2,8	17,00	-17,00	-2,80
6	Factura	0,00	0	0	0,00	0,00	0,00
7	Diseño	0,00	0	2,53	0,00	0,00	-2,53
8	Administración	0,00	0	0	0,00	0,00	0,00
9	Posiciones texto	0,00	0	2,53	0,00	0,00	-2,53
10	Calidad	0,00	0	0,2	0,00	0,00	-0,20
11	BOM incorrecto	0,00	0	7,31	62,00	-62,00	-7,31
12	Cambios logística	0,00	0	50	583,00	-583,0	-50,00
13	Req. cliente	0,00	0	1,5	22,00	-22,00	-1,50
14	Espacio para ensamble	0,00	0	0,07		0,00	-0,07
15		0,00		0,00		0,00	0,00
16		0,00		0,00		0,00	0,00
17		0,00		0,00		0,00	0,00
Tot.		100,00	237	100,00	850		

La Tabla 22 muestra en color naranja los problemas que representaban el mayor porcentaje en los años 2019 y 2017 respectivamente, en color verde de las columnas dif. cant. 2019 vs 2017 y Dif. % 2019 vs 2017 se aprecia la diferencia entre los porcentajes manejados en 2019 y 2017 y la suma de los problemas presentados en 2019 y 2017, la diferencia es negativa, se han disminuido en esas cantidades y porcentajes.

En color rojo la categoría de ensamble de adaptadores se ve afectada y la diferencia es ahora positiva, lo que significa que se incrementan los problemas en el departamento de producción de dispositivos de prueba. La razón de éste incremento es debido a que se hizo un requerimiento de adaptadores no contemplado en plan maestro de trabajo que afecta la planeación original de producción de dispositivos de prueba. Ésos no fueron dispositivos destinados a estaciones de prueba eléctrica, sino a un pedido extra por parte de cliente, lo que genera el movimiento al plan.

3.10.2 Aplicación de QFD para conocer el punto de vista de cliente y la manera de mejorar el producto desde su punto de vista.

Por otro lado, con la parte de la investigación se hizo un trabajo de QFD, para la detección de mejoras de acuerdo a la percepción de cliente.

Una de las aplicaciones de QFD es tanto hacer un producto que se acerque más a las necesidades o deseos del cliente, como también para conocer el deseo de cliente por mejorar un producto existente o el servicio que recibe.

La encuesta fue diseñada como parte de la metodología de QFD para obtener respuestas que acercaran en todos sentidos a lo que cliente desea obtener como estaciones de prueba eléctrica como los son los qué de cliente y los cómo de cliente. La encuesta se aplicó a 7 clientes, quienes recibieron estaciones durante 2017.

Para la aplicación de QFD a la mejora del ensamble que cliente deseaba se aplicó una encuesta, de la cual, las respuestas de la Tabla 23, que son de mayor interés para QFD, se concentraban en la pregunta de los “qué” de cliente, y los “cómo” de cliente.

Tabla 23. Respuestas de cliente a mejora a estaciones, preguntas 7 y 8.
Fuente: elaboración propia.

Amegilla Nahum	Pérez Mireya	Amezquita Rubén	Ferro Jesús	Gállegos Jesús Eric	Grimaldo Jon	Nicolás Diana	Hernández Adrián
He observado que la producción de PA's es una gran problemática para poder acortar las fechas de entrega. Se podría ampliar la capacidad de producción ya que la demanda esta sobrepasando esta, ya que una vez con todos los componentes la estación se ensambla en una semana.	Requiriendo el Angbot a Alemania con la DMV/1H que se envía a los PL de Indio, y si contiene errores mínimos poder quedar muy dardo es que los clientes siempre nos piden mejores cosas en menor tiempo. Y últimamente nuestro proveedor nos pide más tiempo para hacer lo mismo, o menos que antes. Simplemente no podemos competir en el mercado actualizándolo específicamente de estaciones/PA's).	Esa es una buena pregunta pero no sé si yo pueda responderla, lo que sí me queda muy claro es que los clientes siempre nos piden mejores cosas en menor tiempo. Y últimamente nuestro proveedor nos pide más tiempo para hacer lo mismo, o menos que antes. Simplemente no podemos competir en el mercado actualizándolo específicamente de estaciones/PA's).	Tomando en cuenta los tiempos establecidos de construcción de estaciones quizás podemos determinar que es correcto, sin embargo cuando MPT esta atendiendo mas proyectos, lo cual ha sido el estándar de los últimos 5 años, ese tiempo estándar no se cumple, por tal motivo la mayoría de las veces se tarda mas. Tomando esta tendencia se debe hacer lo necesario/incrementar capacidad).	Tomo OK	Incrementar capacidad de producción de PA's, ensamble de estaciones y personal de calidad para liberación de estaciones.	Sin comentarios	Que el proceso de nuevos diseños fuera en la región y agilizar el proceso. Que se pueda tener un stock de perfiles estándar para poder hacer los equipos en una mejor tiempo y no esperar a que pare de Europa
Me gustaría que la estación trajera un concepto de plug and play	Tengo una tecnología más rápida la actual ya es obsoleta, y limitada a las pruebas que se podrían realizar al producto	Me gustaría recibir una estación con el enfoque a producción, que esté orientado el layout a que lo utilicen personas mortales y no robots que tienen que saltar al frame para insertar las posiciones	-Me gustaría que las estaciones consideren un kit de refacción de adaptadores especiales y críticos (grem, adaptadores clavos, bolsas de aire, creteros de motor, detectores específicos.)	Me gustaría que la construcción de las estaciones de pruebas se construyeran en un bipo mas corto, me agradecería que contrataran con sistemas más baratos para probar la presencia más allá de un botón de presencia.	Incluir todo lo necesario para su uso inmediato en producción, por ejemplo cambio de diámetro para la europea por americana, incluir mouse	Facilidad a las demandas y necesidades del cliente. Revisión de ergonomías y entregas de estaciones sin fallantes	Me gustaría recibir información del equipo: <ul style="list-style-type: none"> ☑ Funcionamiento ☑ Información técnica ☑ Fotos, diseños -Me gustaría que los equipos fueran diseñados ergonómicamente, acorde a la región donde se fuera a usar. -Que llegaran con iluminación para producción, que llegara lista para ensamblarse y solo conectarse en las bajadas correspondientes. -Que el equipo llegue ya con todas sus configuraciones de idioma del site y conexiones al sistema de la compañía. -Que el equipo fuera separado por el proveedor y que el cliente lo reciba funcional (listo para producción) -Que llegaran con un kit de spare parts necesario. -Que el personal técnico responsable del servicio técnico, cuente con el conocimiento técnico para dar el mantenimiento al equipo.
Que fuera mas fácil de adaptar a lo que requiere el producto como un Lego.	Tener el mismo concepto de prueba eléctrica, pero con diferentes tamaños, lo cual ayudaría a optimizar el espacio en layout en planta.	Me gustaría recibir, una estación que corra la monotonía de 2D y ayude al operario con las características del arnés a probar. Que ayude al proceso y no limite la interfaz.	-Me gustaría que cuando compre una estación, esta venga al 100% con adaptadores (evitar las posiciones pin text)				

Las preguntas de la encuesta, se muestran como anexo b.

Los “qué” de cliente que implicaban una muy compleja tarea para llevar a cabo se les dá una ponderación compleja. Como ejemplo: Un concepto de “plug and play”, implica cambiar o desarrollar un nuevo concepto de conexiones rápidas, cuyo desarrollo implicaría recursos que no se tienen o procesos que no se llevan a cabo en México.

Entonces al aplicar QFD se armó la casa de la calidad de la siguiente manera:

Se ocupó un formulario en Excel donde se introducen los “qué” de cliente de acuerdo a la metodología de QFD, en la parte de la columna izquierda. En cuanto a los “como” solucionar el problema se acomodaron en la parte de la base del techo del formulario, de acuerdo a la metodología de QFD. Continuando, se establecieron las relaciones entre cada qué y cada cómo, donde cada relación tiene una ponderación diferente. Se asignaron valores de importancia a los qué y también se asignaron valores de complejidad a las tareas.

Los resultados de la encuesta y la información incluida en el formulario se muestran en la Figura 29.

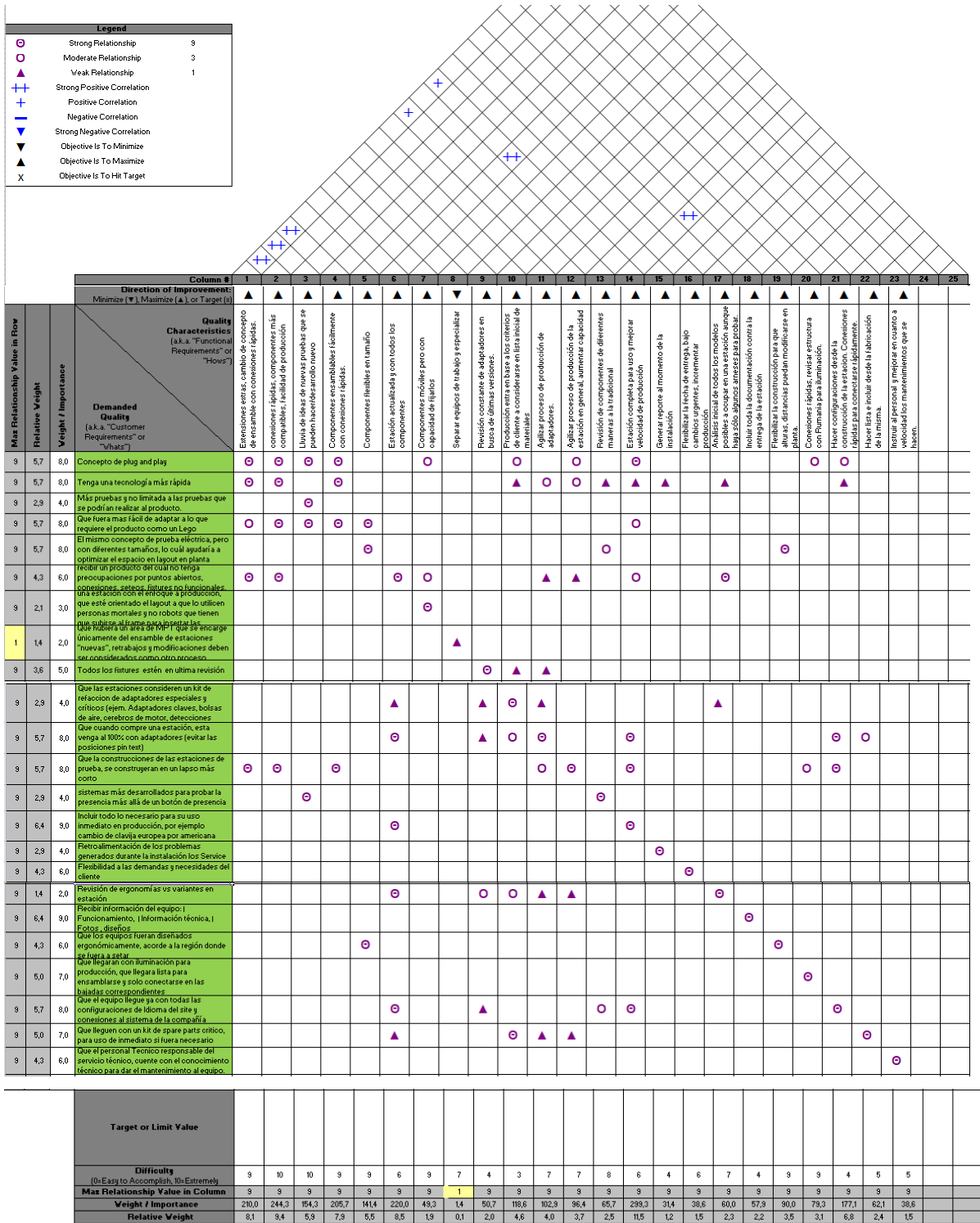


Figura 29. Resultados de encuesta aplicada a cliente en la casa de la calidad.
Fuente: elaboración propia.

En el anexo c), se pueden encontrar los “qué” de cliente plasmados en el formulario, así como los “cómo” de cliente interpretados de la encuesta de cliente.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▼	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
Extensiones extras, cambio de concepto de ensamble con conexiones rápidas.	conexiones rápidas, componentes más compatibles, facilidad de producción	Lluvia de ideas de nuevas pruebas que se pueden hacer/desarrollo nuevo	Componentes ensamblables fácilmente con conexiones rápidas.	Componentes flexibles en tamaño	Estación actualizada y con todos los componentes	Componentes móviles pero con capacidad de fijarlos	Separar equipos de trabajo y especializar	Revisión constante de adaptadores en busca de últimas versiones.	Producción extra en base a los criterios de cliente a considerarse en lista inicial de materiales	Agilizar proceso de producción de adaptadores.	Agilizar proceso de producción de la estación en general, aumentar capacidad	Revisión de componentes de diferentes maneras a la tradicional	Estación completa para uso y mejorar velocidad de producción	Generar reporte al momento de la instalación	Flexibilizar la fecha de entrega, bajo cambios urgentes, incrementar producción	Análisis inicial de todos los modelos posibles a ocupar en una estación aunque haya sólo algunos armados para probar.	Incluir toda la documentación contra la entrega de la estación	Flexibilizar la construcción para que alturas, distancias puedan modificarse en planta.	Conexiones rápidas, revisar estructura con Rumania para iluminación.	Hacer configuraciones desde la construcción de la estación. Conexiones rápidas para conectarse rápidamente.	Hacer lista e incluir desde la fabricación de la misma.	Instituir al personal y mejorar en cuanto a velocidad los mantenimientos que se hacen.	
8.1	9.4	5.9	7.9	5.5	8.5	1.9	0.1	2.0	4.6	4.0	3.7	2.5	11.5	1.2	1.5	2.3	2.2	3.5	3.1	6.8	2.4	1.5	

Figura 30. Resultados más altos para mejorar de acuerdo a QFD.

Fuente: elaboración propia.

La información recabada en la primer encuesta, muestra mejoras que el cliente podría desear. La implementación de una de ellas está condicionada al desarrollo que se hace en Alemania de las estaciones de prueba eléctrica del futuro de algunos de los campos.

El valor más alto (11.5) de acuerdo con la sección de peso relativo del análisis de QFD indica que cliente valora tener la estación de prueba eléctrica completa para su uso y mejorar velocidad de producción, luego con la ponderación de 8.5, que para cliente es tener una estación actualizada y con todos los componentes. En cuanto al uso de conexiones rápidas (9.4) se ha mencionado que por la complejidad cliente valora tener la facilidad de poner en marcha la estación de prueba eléctrica lo más pronto posible, sin embargo; los requisitos para desarrollo no se pueden hacer en México y no se podrían realizar.

CAPITULO 4. RESULTADOS

4.1 RESULTADOS EN CUANTO A COMPRA DE MATERIALES Y SUS PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

Se investiga el proceso completo de ensamble de estaciones de prueba eléctrica y se documenta.

Se describe el proceso de estaciones de prueba eléctrica y de acuerdo a la Figura 2, las categorías de problemas principales para las estaciones de prueba eléctricas incluían cambios de logística (50%), proveer materiales locales (23%), y materiales externos, BOM incorrecto (7%) y ensamble de adaptadores (5%). En total se determina que en base a indicador planteado para los problemas, los cinco principales abarcaban el 86% de los problemas en las estaciones de prueba eléctrica en 2017.

Se realiza un plan maestro de producción que alinea todas las acciones involucradas en el ensamble de estaciones de prueba eléctricas.

Logística es capaz con el plan maestro de producción, de realizar la planeación de la compra de todos los materiales para una estación de prueba eléctrica en tiempo, además de que planeó la producción de componentes para estar en tiempo de ensamblarse en la estación de prueba eléctrica y entregar en tiempo a cliente. Los cambios abruptos de logística en planeación, no se presentaron para 2019 como se aprecia en la Tabla 19 donde se comparan los problemas encontrados en 2019 y 2017.

Las prioridades de logística en cuanto a los materiales externos e internos de estaciones de prueba eléctrica cambiaron y se tomaron en cuenta para la compra de materiales.

Además, se realiza el plan maestro de producción que ayuda, en conjunto con el desarrollo de algunos proveedores locales y la definición de materiales con *stock* de seguridad y disminuir problemas con materiales externos y locales.

De acuerdo a la Tabla 22, por las medidas tomadas en materiales externos e internos disminuyeron en 2017 de 23% a 4% en la incidencia de problemas por compra de material.

Dentro de la Tabla de actividades en 11 a 19 se establece la acción de analizar el BOM de estación de prueba eléctrica inicial contra las estaciones existentes en producción o en su defecto contra la documentación oficial de un arnés de prueba. El resultado en la Tabla 22 muestra que el problema con BOM, se redujo en gran medida al no presentarse el problema en 2019 hasta ahora. En 2017 el porcentaje de problemas representaba 7.31 %, ahora es de 0%. Es decir los problemas por BOM incorrecto de cliente se han disminuido para 2019.

Se fabricaron 42 estaciones de las cuales 39 estaciones de prueba eléctricas completas (y 3 se entregaron en 2018). Ésta cantidad de estaciones entregadas fue récord para el área de *Prueftechnik* México.

Se determina por medio de una encuesta (anexo b), que la manera en que prefería ver una mejora en las estaciones de prueba eléctrica era en la entrega completa de estaciones de prueba eléctrica y la entrega en tiempo de acuerdo con el estudio de QFD realizado.

Se realiza un proceso de QFD para conocer lo que para cliente sería más valioso recibir con su estación de prueba eléctrica en cuanto a mejoras.

Las entregas a cliente fueron mejoradas mediante hacer más eficiente el proceso, con la definición de las actividades en las Tablas 11-19, además se determina mediante una ecuación la velocidad de avance basada en la capacidad instalada

y se definieron medidas para contemplar cuando fuera necesario obtener mayores recursos humanos.

Con los resultados de hacer más eficiente el proceso y poder determinar la velocidad de trabajo, genera la entrega de estaciones de prueba en tiempo como se muestra en la Figura 31, donde la fecha de entrega requerida por cliente contra la fecha entregada por Prueftechnik, fue a la par.

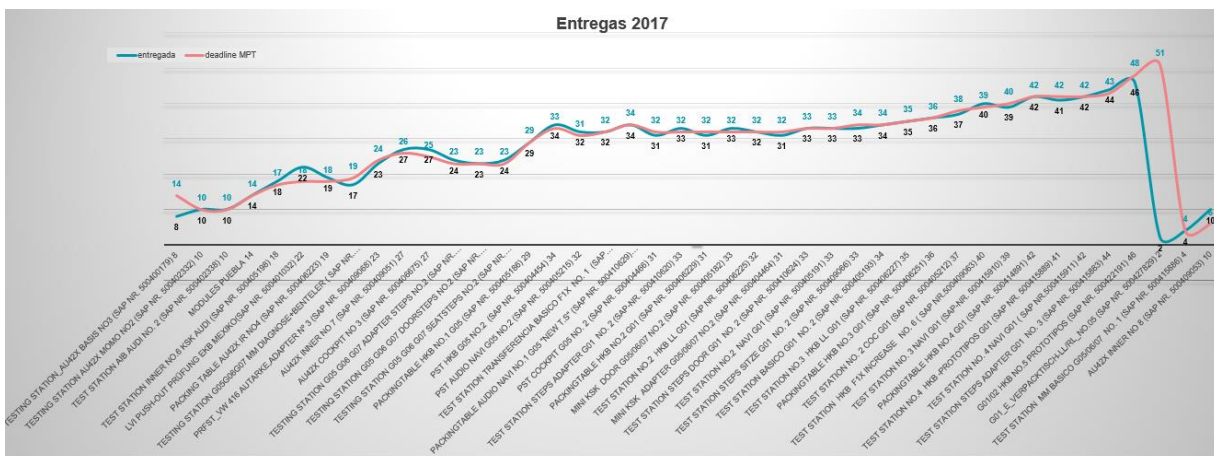


Figura 31. Gráfica de semana de entrega real contra lo planeado en 2017
Fuente: elaboración propia.

Los datos de la figura 31, se concentraron en la Tabla 24 (anexo e) para obtener los datos de mediana como diferencia de semanas entre lo requerido por cliente y lo entregado en realidad.

Tabla 24. Concentrado de entrega previa durante 2017.
Fuente: elaboración propia.

Entregas 2017	
mediana	0
moda	0
promedio/media	0.35714286
maxima	4
mínima	-6

Existe solamente una estación con un retraso de entrega de 4 semanas (máxima de Tabla 24).

La estación con menor tiempo de entrega contra lo requerido por parte de cliente fue de 6 semanas antes de lo requerido.

El promedio de semanas extras que se tarda en la entrega de una estación es de 0.35 semanas, es decir 2 días extras en promedio con respecto a la semana requerida por cliente. Que el promedio de semanas extras en entrega sea de 0.35 es positivo, conociendo el estatus anterior donde cliente frecuentemente se quejaba de estaciones fuera de tiempo e incompletas y donde se conocía que pasaban 2 a 4 meses posterior a fecha requerida para entregar una estación de prueba eléctrica.

4.2 RESULTADOS EN CUANTO A COSTOS

Durante el trabajo se expuso la fabricación de una estación de prueba eléctrica de seis segmentos, una parte, doble sistema, de 250 adaptadores para la generación de las Tablas 11 a 19. En la manera tradicional de cálculo se obtienen una cantidad de 157 horas de trabajo, a ser cobradas bajo el concepto de la estación de prueba eléctrica.

Se ahorra con las tablas de tiempos generadas por actividad (Tablas 11-19) un total de 103.7 horas para la misma estación lo que representa un 34.39 % de tiempo menos, que se puede apreciar en la Tabla 19 en la sección de totales.

Tabla 25. Comparación de tiempos antes de la toma de tiempos vs los toma dos físicamente.

Fuente: elaboración propia.

Propuesta externa	Propuesta – medición- materiales- planeación	Diferencia	Porcentaje de diferencia mejorada	Diferencia en costo
157 horas	103 horas	-54	34.39 %	54*13 euros*23 pesos por euro: 16146 pesos por estación

Tabla 26. Ahorros generados totales para 17 estaciones de prueba eléctricas para 2019.

Fuente: elaboración propia.

Horas ahorradas	Euros	Pesos por euro	Estaciones en el año	Ahorro
54	13	23	17	274,482

El ahorro consistió en 54 horas de trabajo menos, lo que implica un ahorro para el costo por estación de 16,146 pesos, que corresponde a un 34% menos de tiempo de inversión, así como una más rápida entrega por producir en menor tiempo

Para la planeación de personal que se requiere para una cantidad de trabajo, se calculó con las ecuaciones 1, 2 y Tabla 20 que significa adelantarse a un requerimiento de personal temporal.

Dependiendo de las restricciones de tiempo o capacidad las ecuaciones se adaptan para introducir datos y obtener ya sea una cantidad de horas hombre requeridas, un tiempo de velocidad de producción.

CONCLUSIONES

Se documenta el proceso completo de ensamble de estaciones de prueba eléctrica y se realizó el indicador interno con categorías mostrados en la Figura 2 y se observaron las principales causas que afectaban las entregas de estaciones de prueba eléctrica en tiempo por parte del equipo de Prueftechnik.

El indicador creado (Figura 2) fue de especial apoyo para conocer los principales problemas existentes.

Se establecieron las principales razones por las que no se entregaba a tiempo las estaciones y de acuerdo con éstas se genera la lista de principales problemas que aquejaban las entregas y en base a ellas se obtienen algunas propuestas de soluciones que tenían que ver con los sistemas de soporte a la manufactura. Se obtuvo que durante 2017 los cambios de logística eran la principal causa de entrega tardía con 50 % de las causas, la compra de materiales representaba una gran parte de los problemas originales con 23% aproximadamente, lo que significaba un costo para cliente de retrasos en estaciones de prueba eléctrica. Con el ajuste de los sistemas de manufactura se logra obtener un resultado satisfactorio de entregas.

Se aprecia una mejora con las actividades realizadas para evitar problemas de 2017 (ver la Tabla 22) donde se redujeron en gran medida los principales temas que causaban problemas en estaciones de prueba eléctrica.

Se crea el plan maestro de trabajo para evitar problemas en entregas en tiempo de planeación de producción, compra de materiales, ensamble de estaciones de prueba eléctrica lo que causaba entregas tardías a cliente.

La eficiencia de las entregas se mide por primera vez y se obtiene la Tabla 24 con las modas, media, medianas que se lograron durante el año para conocer el grado de confiabilidad de las entregas en general.

Se logra una mejora de 34.39% en tiempo con respecto a la manera de trabajo original que era de acuerdo a los tiempos de Europa y agregados hacía varios años por Rumania. Los tiempos reales fueron contabilizados con evidencia en video y fotografías, con lo cual se llegó a poder aplicar la ecuación que lleva al cálculo de personas necesarias para la elaboración de un trabajo específico. De igual manera la ecuación ayuda a conocer la velocidad de producción para alcanzar la meta en base al número de requerimientos de estaciones de prueba eléctrica.

Se genera además la documentación para poder seguir aplicando las mismas fórmulas/herramientas que llevan a trabajar de una manera más planificada.

Se realiza tanto el análisis del proceso como una encuesta a cliente que fue plasmada en un formato de QFD para obtener lo que desde el punto de vista de quien recibe las estaciones era más relevante mejorar en una estación y con qué prioridad. De acuerdo a la información proporcionada por cliente nos condujo a que, con un valor de 11.5, cliente requería que se mejorara la estación completa para uso y su velocidad de producción. Se genera la gráfica donde se puede apreciar las estaciones que presentaron un retraso en su entrega como parte de las medidas aplicadas, lo cual es parte de la documentación generada.

APORTACIÓN DE LA TESIS

Por un lado, se realiza la documentación del proceso completo de ensamble, lo que lleva a que nuevo personal pueda consultar el documento y en caso de ser personal nuevo, tenga una referencia de saber el proceso, las actividades, las herramientas, los detalles de los departamentos, los archivos, los cálculos, etc. Por otro lado, se tiene un ahorro en tiempo, que representa una cantidad económica para la empresa, Cuando se multiplica la cantidad que se puede ahorrar por una determinada cantidad de estaciones de prueba eléctrica, el ahorro es significativo. Aunado a lo anterior, una forma de trabajo más ordenada, con un plan, con indicadores adaptados a recabar información, a indicar responsabilidades es una más de las aportaciones de la tesis.

APORTACIÓN SOCIAL DE LA TESIS

Además de mejorar los procesos, promueve una mejor organización entre departamentos al estar orientados a un mismo objetivo, una forma de trabajo más armónica evitando que cliente-proveedor tengan fricción entre ellos, la comunicación constante con los equipos de trabajo es algo que además se observó se logró. En caso de aplicarse a una comunidad o un grupo social aporta la documentación de los procesos que sirven de guía para personal nuevo, una mejor estructura organizativa, una proyección del estatus en el que se encuentra cada proyecto, mejora la actitud de los colaboradores, y hace accesible el conocimiento a personal completamente nuevo.

RECOMENDACIONES

Durante la realización del trabajo fue de especial ayuda el hacer una búsqueda exhaustiva de procesos de manufactura, métodos de mejora de productos desde el diseño y se reconoce que muchas de las debilidades de los procesos de manufactura están en su análisis inicial, por lo que la aplicación del trabajo para cualquier proceso de manufactura debe empezar por su análisis y clasificaciones y la documentación de los mismos. Éste trabajo puede servir a la documentación del proceso de ensamble de estaciones de prueba eléctrica, sin embargo, debe ser editado para los formatos correspondientes de una instrucción de trabajo o una descripción de trabajo.

Los datos que se obtienen durante el proceso de ensamble de la estación de prueba eléctrica deben ser generados en su momento, ya que representan una radiografía del estado del proyecto que ayudan a reconocer cualquier proceso que sale de su período de ejecución. A partir de ahí es mucho más fácil poder hacer propuestas de mejora, o volver al proceso correcto.

Los resultados obtenidos del presente trabajo, deben servir para hacer cálculos de personal a la planeación de las actividades de ensamble desde varios puntos de vista: capacidad, necesidad de entrega, tiempos disponibles, y deben servir para controlar los factores de atraso de una estación o una actividad de manufactura en general. Específicamente ayuda a controlar los tiempos para una entrega de estaciones de prueba eléctrica en tiempo.

En cuanto a los métodos para la manufactura se hizo un estudio de tiempos en la sección de las Tablas 11 a 19, donde se mencionan en algunos casos un período tiempo para por ejemplo ir por material, acomodar cierto material, montar algo, etc., lo cual también está sujeto a mejora, pero cuyo estudio también se encuentra fuera de éste trabajo y se menciona también para tomarse en cuenta a futuras mejoras del proceso.

Durante el estudio se trabajó con información para ensamble de estaciones de prueba eléctricas con voltajes de hasta 12 volts. Sin embargo también existen estaciones que trabajan con voltajes de 1000 volts. Se debe determinar si es posible aplicar los mismos procesos para cuando se ensamblen estaciones de alto voltaje, que llevan algunos procesos distintos de los de bajo voltaje. La tendencia de las estaciones de alto voltaje es a ser de mayor uso, debido a que se está en un *BUM* de los autos eléctricos que usan ese tipo de arneses.

La aplicación de DFA, DFMA queda pendiente, pues aunque se dedica una breve sección a mencionar la posibilidad de mejora en algunos rubros del ensamble de estaciones de prueba eléctrica, es necesario dedicar tiempo y esfuerzo a “convencer” que una mejora en el diseño puede ser de ayudar para el ensamble de los *backplane* que se instalan cuando la estación está casi completa.

La distribución de la planta se menciona, sin embargo; no se propone una mejora en la distribución del mismo. La distribución del *layout* de trabajo también puede ser revisado para disminuir los tiempo de traslado.

Un estudio de movimientos a las actividades de ensamble de estaciones de prueba eléctrica, también puede ser considerado para mejorar la ergonomía e incluso mayores ahorros de tiempo a esa actividad.

Los procesos de entrega de materiales deben ser revisados en almacén para evitar inversión de tiempo en obtener un material para ensamble.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Groover, Mikell P.** *Fundamentos de manufactura moderna*. México, D.F. : Mc Graw-Hill, 2007.
2. **Draexlmaier.** Draexlmaier: strong solutions with character from premium vehicles. <https://www.draexlmaier.com/en/>. [Online] Draexlmaier, 2016. <https://www.draexlmaier.com/en/>.
3. *Mejoramiento de la productividad mediante la reducción de costos en una línea manufacturera de arneses eléctricos.* **Moreno Perea, Karlos Gerardo y Reyes López, Octavio.** 1, Medellín, Colombia : Facultad de Ingenierías. Universidad de San Buenaventura, enero-junio 2015, Ingenierías USBMed, Vol. 6, págs. 5-12.
4. **Castro Pérez, María Luz.** *Programación en VBA-Excel del método estimativo de costes de fabricación, por DFMA. Proyecto Fin de Máster, Ingeniería Aeronáutica.* Sevilla : Universidad de Sevilla. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Mecánica y Fabricación, 2016. pág. 112.
5. *QFD: conceptos, aplicaciones y nuevos desarrollos.* **Yacuzzi, Enrique y Martín, Fernando.** [ed.] Universidad del CEMA. Buenos Aires : ECONSTOR, 2003, Vol. Serie Documentos de Trabajo 234.
6. **Chopra, Sunil y Meindl, Peter.** *Administración de la cadena de suministro: estrategia, planeación y operación.* 3. México, D.F. : Pearson, 2013. pág. 536.
7. **Zaïdi, A.** *QFD: despliegue de la función de calidad.* s.l. : Ediciones Díaz de Santos, 1993. 9788479780609.
8. **Schey, John A.** *Procesos de Manufactura.* México, D.F. : Mc Graw Hill, 2002.
9. **Stephens, Fred E. Meyers & Matthew P.** *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales.* México : Pearson Prentice Hall, 2006.
10. **S. Kalpakjian, S. R. Schmid.** *Manufactura, Ingeniería y Tecnología.* México : Pearson Prentice Hall, 2008.
11. **Juan Carlos Hernández Matias, Antonio Vizán Idoipe.** *Lean manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación.* Madrid : Escuela de organización industrial, 2013.
12. **Sánchez, Francisco Aguayo González & Víctor M. Soltero.** *Metodología del diseño industrial.* Madrid : Ra - Ma, 2003.
13. **Arbós, Lluís Cuatrecasas.** *Organización de la Producción y Dirección de Operaciones.* Madrid : Ediciones Díaz de Santos, 2012.

14. **Francisco Javier Miranda González, Sergio Rubio Lacoba, Antonio Chamorro Mera, Tomás Manuel Ibañegil Palacios.** *Manual de dirección de operaciones.* Madrid : Paraninfo, 2015.

15. **Kohser, E. P. de Garmo & J. T. Black & R. A.** *Materiales y Procesos de Fabricación.* Barcelona : Reverté, 2002.

16. **Jay Haize, Barry Render.** *Principios de Administración de Operaciones.* México : Pearson Educación, 2004.

ANEXOS

Anexo a) Tabla de categorías en archivo de indicador de problemas para estaciones de prueba eléctrica.

Tabla 27. Categorías de problemas empleadas en indicador diseñado para estaciones de prueba eléctrica.

Fuente: elaboración propia.

No.	CATEGORÍA	REPRESENTA
1	Materiales local	Materiales que se compran dentro de México, representan proveedores locales.
2	Materiales ext	Materiales externos que se compran fuera de México, representan proveedores Europeos
3	Ensamble adaptadores	Retraso por parte del área de producción al plan realizado por problemas con componentes, fallas, falta de capacidad.
4	Conectores	Se listan los componentes que se ocupan para probar dispositivos de prueba para estaciones de prueba eléctrica.
5	Ensamble estación	Retraso por parte del área de ensamble de estaciones de prueba eléctrica por capacidad.
6	Factura	Retraso en venta de estación después de ensamble por envío a una locación fuera de México. Las estaciones no pueden irse sin factura por cuestiones de aduanas.
7	Diseño	adaptadors con problemas en el diseño que atrasan la prueba de la estación
8	Administración	Problemas con documentación faltante para inicio de producción de estaciones de prueba eléctrica.
9	Posiciones texto	Dispositivos de prueba que no terminan en tiempo su proceso de documentación o diseño para producirse dentro de una estación de prueba eléctrica.
10	Calidad	Retraso en la revisión de los aspectos y características de calidad de la estación de prueba eléctrica
11	BOM incorrecto	Materiales incorrectos requeridos por cliente con respecto a lo que tiene que probar en estación de prueba eléctrica.
12	Cambios logística	Retraso en producción de componentes para estaciones de prueba eléctrica por situaciones urgentes, mal planeadas, o no requeridas en tiempo.
13	Requerimiento de cliente	Requerimientos extras de cliente no contemplados al inicio del requerimiento.
14	Espacio para ensamble	Falta de espacio para ensamble de estaciones de prueba eléctrica por saturación de requerimientos.

Anexo b) Encuesta aplicada a cliente para obtener las mejoras en QFD que debían aplicarse en proceso de estaciones de prueba eléctricas.

Encuesta de Satisfacción (proceso de Project Management de estaciones)

Con el fin de identificar los puntos de mejora en Project Management de estaciones, mejorar la calidad, y hacer más eficientes nuestros procesos se pide contestar la siguiente encuesta (favor de evaluar el servicio recibido el año 2017).

Instrucciones:

Seleccione 1 de las respuestas que se acerque más a su opinión en cada pregunta y si es el caso explique detalladamente con sus comentarios.

1.- Comunicación

1.1 Cuando usted requirió información de Project Management (técnica, soporte, acuerdos) la respuesta que recibe para sus requerimientos es...?

- A) Adecuada
- B) Insuficiente
- C) Nada útil

Explique su respuesta

1.2 Cómo cataloga la comunicación (correo, teléfono, persona a persona) con Project Management

- A) Clara
- B) A veces confusa
- C) Confusa

Explique su respuesta (especificando el tipo de comunicación que evalúa)

2.- Proceso

2.1 Cómo considera el proceso desde que usted hace un requerimiento hasta su entrega?

- A) Claro/Ágil
- B) Complicado/Lento
- C) Necesario/Justo

2.2 ¿De qué manera cree usted que el proceso pueda mejorar para realizar la entrega de la estación en menor tiempo o con menos pasos?

3.- Tiempos

3.1 ¿Cómo considera usted el tiempo de respuesta de de Project Management a la entrega de la estación?, ¿ha habido mejora con respecto a los anteriores años?

A) Ágil B) Lento C) Justo

3.2 ¿Cómo considera usted el tiempo de reacción para atender un requerimiento (incluyendo LH, QM, Angebot) por parte de Project Management?

A) Ágil B) Lento C) Justo

4.- Cambios

4.1 ¿Cómo considera el proceso de cambios para una estación en cuanto a documentación, proceso?

- A) Mucho (conoce a profundidad los detalles del trabajo)
- B) Medio (Tiene la idea general del proceso y lo que se hace)
- C) Poco (Sólo conoce los canales de comunicación, tiempos)
- D) Nada (Carezco de cualquier conocimiento de Project Management, y su proceso)

5.- Trato

5.1 ¿Cómo considera el trato en cuanto a atención a cliente?

- A) Bueno
- B) Adecuado, ¿De qué manera se puede mejorar?
- C) Deficiente, ¿De qué manera se puede mejorar?

6.- Principales problemas

6.1 ¿Dónde considera que se encuentra la mayor parte de dificultades con el proceso de entrega de estaciones?

- A) Project leader
- B) Documentación
- C) Generación Angebot

D) Cambios a estaciones

E) Requerimientos fuera de tiempo Por requerimientos de cliente o proceso

F) Cambios a documentación Por requerimientos de cliente o proceso

G) Requerimiento con anticipación

Especifique en cada una de sus elecciones o escriba en el espacio de abajo alguna otra causa.

7.- Puntos de mejora.

7.1 ¿Qué aspectos considera que se pueden mejorar de la forma de trabajo entre Project Management y su departamento para proporcionar un mejor servicio?

8.- Los "qué del cliente".

8.1 Imagine que nunca ha recibido una estación, enuncie lo que le gustaría recibir con la misma (por favor extienda los límites de su mente para contestar la pregunta, cualquier tema puede incluirse aquí), Ejemplo: me gustaría que la estación fuera más barata, me gustaría que la estación tuviera sistema de conexión más rápido, me gustaría que no fuera pesada, etc. No hay límite de tema en la pregunta.

Anexo c) Lista de “qué de cliente” y “cómo de cliente” obtenidos de análisis de encuesta

¿Qué de cliente?	¿Cómo de cliente?
Concepto de plug and play	Extensiones extras, cambio de concepto de ensamble con conexiones rápidas.
Tenga una tecnología más rápida	conexiones rápidas, componentes más compatibles, facilidad de producción
Más pruebas y no limitada a las pruebas que se podrían realizar al producto.	Lluvia de ideas de nuevas pruebas que se pueden hacer/desarrollo nuevo
Que fuera más fácil de adaptar a lo que requiere el producto como un Lego	Componentes ensamblables fácilmente con conexiones rápidas.
El mismo concepto de prueba eléctrica, pero con diferentes tamaños, lo cuál ayudaría a optimizar el espacio en layout en planta	Componentes flexibles en tamaño
recibir un producto del cual no tenga preocupaciones por puntos abiertos, conexiones, seteos, fixtures no funcionales, etc.	Estación actualizada y con todos los componentes
una estación con el enfoque a producción, que esté orientado el layout a que lo utilicen personas mortales y no robots que tienen que subirse al frame para insertar las posiciones	Componentes móviles pero con capacidad de fijarlos
Que hubiera un area de MPT que se encargue únicamente del ensamble de estaciones "nuevas", retrabajos y modificaciones deben ser considerados como otro proceso	Separar equipos de trabajo y especializar
Todos los fixtures estén en última revisión	Revisión constante de adaptadores en busca de últimas versiones.

¿Qué de cliente?	¿Cómo de cliente?
Que las estaciones consideren un kit de refacción de adaptadores especiales y críticos (ejem. Adaptadores claves, bolsas de aire, cerebros de motor, detecciones específicos.)	Producción extra en base a los criterios de cliente a considerarse en lista inicial de materiales
Que cuando compre una estación, esta venga al 100% con adaptadores (evitar las posiciones pin text)	Agilizar proceso de producción de adaptadores.
Que la construcciones de las estaciones de prueba, se construyeran en un lapso más corto	Agilizar proceso de producción de la estación en general, aumentar capacidad
sistemas más desarrollados para probar la presencia más allá de un botón de presencia	Revisión de componentes de diferentes maneras a la tradicional
Incluir todo lo necesario para su uso inmediato en producción, por ejemplo cambio de clavija europea por americana	Estación completa para uso y mejorar velocidad de producción
Retroalimentación de los problemas generados durante la instalación los Service locales	Generar reporte al momento de la instalación
Flexibilidad a las demandas y necesidades del cliente	Flexibilizar la fecha de entrega, bajo cambios urgentes, incrementar producción
Revisión de ergonomías vs variantes en estación Entrega de estaciones sin faltantes	Análisis inicial de todos los modelos posibles a ocupar en una estación aunque haya sólo algunos arneses para probar.
Recibir información del equipo: Ø Funcionamiento, Ø Información técnica, Ø Fotos , diseños	Incluir toda la documentación contra la entrega de la estación
Que los equipos fueran diseñados ergonómicamente, acorde a la región donde se fuera a setear	Flexibilizar la construcción para que alturas, distancias puedan modificarse en planta.
Que llegaran con iluminación para producción, que llegara lista para ensamblarse y solo conectarse en las bajadas correspondientes	Conexiones rápidas, revisar estructura con Rumania para iluminación.

¿Qué de cliente?	¿Cómo de cliente?
Que el equipo llegue ya con todas las configuraciones de Idioma del site y conexiones al sistema de la compañía	Hacer configuraciones desde la construcción de la estación. Conexiones rápidas para conectarse rápidamente.
Que lleguen con un kit de spare parts critico, para uso de inmediato si fuera necesario	Hacer lista e incluir desde la fabricación de la misma.
Que el personal Técnico responsable del servicio técnico, cuente con el conocimiento técnico para dar el mantenimiento al equipo.	Instruir al personal y mejorar en cuanto a velocidad los mantenimientos que se hacen.

Anexo d) Listado entrega de estaciones 2017

Estación	semana entregada	Semana deadline MPT
TESTING STATION_AU42X BASIS (SAP. 500400179)	8	14
TESTING STATION_AU42X MOMO NO2 (SAP NR 500402332)	10	10
TEST STATION AIB AUDIO NO. 2 (SAP NR. 500402338)	10	10
MODULES PUEBLA	14	14
TEST STATION INNER NO. 6 KSK AUDI (SAP NR. 500405198)	18	17
LVI PUSH OUT PRÜFUNG EKB MEXIKO (SAP NR. 500401032)	22	18
PACKING TABLE AU42X IR NO. 4 (SAP NR. 500406223)	19	18
TESTING STATION G05G06G07 MM DIAGNOSE+BENTELER	17	19
PRFST_VW416 AUTARKE ADAPTER No 3 (SAP NR. 500409068)	23	24
AU42X INNER NO 7 (SAP NR. 500409051)	27	26
AU42X COCKPIT NO. 3 (SAP NR. 500406675)	27	25
TESTING STATION G05 G06 G07 ADAPTER STEPS NO 2	24	23
TESTING STATION G05 G06 G07 DOOR STEPS NO 2	23	23
TESTING STATION G05 G06 G07 SEAT STEPS NO 2	24	23
PACKINGTABLE HKB NO. 1 G05 (SAP NR. 500405186)	29	29
PST HKB G05 NO.2 (SAP NR. 500404454)	34	33
PST AUDIO NAVI G05 NO. 2 (SAP NR. 500405215)	32	31
TEST STATION TRANSFERENCIA BASICO FIX NO. 1	32	32
PACKING TABLE AUDIO NAVI NO. 1 G05 "NEW T.S."	34	34
PST COCKPIT G05 NO. 2 (SAP NR. 500404466)	31	32
TEST STATION STEPS ADAPTER G01 NO. 2 (SAP NR. 500410620)	33	32
PACKINGTABLE HKB NO.2 G01 (SAP NR. 500406229)	31	32
MINIKSK DOOR G05/G06/G07 NO. 2 (SAP NR. 500405182)	33	32
TEST STATION NO. 2 HKB LL G01 (SAP NR.500406225)	32	32
MINI KSK ADAPTER G05/G06/G07 NO. 2 (SAP NR. 500404464)	31	32
TEST STATION STEP DOOR G01 NO. 2 (SAP NR. 500410624)	33	33
TEST STATION NO.2 NAVI G01 (SAP NR. 500405191)	33	33
TEST STATION STEPS SITZE G01 NO.2 (SAP NR. 500409086)	33	34

Estación	semana entregada	Semana deadline MPT
TEST STATION BASICO G01 NO.2 (SAP NR. 500405193)	34	34
TEST STATION NO. 3 HKB LL G01 (SAP NR. 500406227)	35	35
PACKINGTABLE HKB NO.3 G01 (SAP NR. 500406251)	36	36
TEST STATION NO. 2 COC G01 (SAP NR. 500405212)	37	38
TEST STATION HKB FIX INCREASE NO. 6 (SAP NR. 500409063)	40	39
TEST STATION NO. 3 NAVI G01 (SAP.NR. 500415910)	39	40
PACKINGTABLE HKB NO.4 G01 (SAP NR. 500414891)	42	42
TEST STATION NO.4 HKB-PROTOTIPOS G01 (SAP NR. 500415889)	41	42
TEST STATION NO. 4 NAVI G01 (SAP NR. 500415911)	42	42
TEST STATION ADAPTER G01 NO. 3 (SAP NR. 500415883)	44	43
G01/G02 HKB NO.5 PROTOTIPOS (SAP NR. 500422191)	45	48
G01_E_VERPACKTISCH LL (SAP NR. 500427829)	2	51
TEST STATION MM BASIC (SAP NR. 500415686)	4	4
AU42X INNER NO. 8 (SAP NR. 500409053)	10	6