

CENTRO DE ENSEÑANZA TÉCNICA Y SUPERIOR



Colegio de Ingeniería
Dirección de Posgrado
Campus Mexicali

Tesis/Proyecto de Ingeniería e Innovación

**Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial.
Caso: Collins Aerospace**

para obtener el grado de
Maestro en Ingeniería e Innovación

Presenta

Miguel Alfonso Hernández Alba

Director de proyecto: Dra. Verónica Rojas Mendizábal

Co-director de proyecto: Dra. Karla Garduño Palominos

Asesor de la industria: Leonel Monteros Torres / Jorge Enrique Návar Arizona

Mexicali, Baja California. Junio de 2019

**Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial.
Caso: Collins Aerospace**

CENTRO DE ENSEÑANZA TÉCNICA Y SUPERIOR



Colegio de Ingeniería
Dirección de Posgrado
Campus Mexicali

Tesis/Proyecto de Ingeniería e Innovación

**Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial.
Caso: Collins Aerospace**

para obtener el grado de
Maestro en Ingeniería e Innovación

Presenta

Miguel Alfonso Hernández Alba

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

Dra. Karla Garduño Palominos

Dr. Alan Escamilla Rodríguez

Dr. Miguel Salinas Yáñez

Agradecimientos y dedicatorias

Quiero agradecer a la empresa Collins Aerospace por haberme brindado su apoyo en la realización de mis estudios de maestría y permitirme el seguirme preparando para crecer personal y profesionalmente. Agradezco a mi gerente del área Jorge Návar por primeramente darme su apoyo para poder comenzar con la maestría, así como también por estar al pendiente de mis avances y darme sus consejos. A mis compañeros del área que siempre me alentaban a seguir adelante durante este proceso, darme sus valiosos consejos y sobre todo por compartir conmigo la satisfacción de seguir creciendo.

Le doy las gracias a mi líder Leonel Monteros que me asesoro y ayudo en varias ocasiones, también por darme consejos y por guiarme durante mis estudios.

A mis amigos Cesar Ávila, Alexis Campos e Iván Morales, quienes son mis amigos desde la universidad y me acompañaron a lo largo de la maestría, con quienes tuve el gusto de compartir experiencias, consejos, trabajos en equipo y desveladas y entendían mejor que nadie el sacrificio que esto representaba.

Este proyecto va dedicado a toda mi familia, ya que principalmente por ellos fue que decidí comenzar con mis estudios de posgrado, mi papá que siempre me ha alentado a ser mejor y a seguir creciendo profesionalmente, mi mamá por darme ánimos cuando me miraba cansado haciendo tareas o proyectos y a mi hermano, sin ellos no sería la persona que soy hoy.

En memoria de mi abuelo Alfonso Alba.

**Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial.
Caso: Collins Aerospace**

Carta Institucional

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace



Ing. Leonel Monteros Torres
Collins Aerospace Avionics
Sierra San Agustín #2498
Col. El Porvenir

Mexicali, Baja California a 26 de Abril de 2019

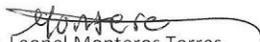
A quien corresponda
CETYS Universidad

8372172
Leonel.Monteros@collins.com

Por medio de la presente hago constar que el proyecto "Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial" será desarrollado por el ingeniero Miguel Alfonso Hernández Alba.

Este proyecto es considerado de vital importancia para el funcionamiento de las áreas de producción y se encuentra alineado con los objetivos de la compañía y la celda donde se desempeña como Ingeniero de Procesos.

Atentamente


Ing. Leonel Monteros Torres

Gerente de Manufactura
Collins Aerospace Avionics

**Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial.
Caso: Collins Aerospace**

Abreviaciones y acrónimos	8
Capítulo I: Introducción	10
1.1 Antecedentes	10
1.2 Justificación	14
1.4 Preguntas de investigación	16
1.5 Objetivos	17
1.5.1 Objetivo general	17
1.5.2 Objetivos específicos	17
1.6 Hipótesis	17
Capítulo II: Marco teórico y referencial	18
2.1 Industrialización.	18
2.1.1 Características de la industrialización.	18
2.1.2 Breve historia de la industrialización.	20
2.1.3 Procesos industriales.	20
2.2 Introducción de nuevos productos y productos mejorados	21
2.2.1 Introducción al proceso de NPI	21
2.2.2 Herramientas para mejorar el proceso de NPI	24
2.3 Transiciones industriales	26
2.3.1 Establecer el equipo de transición	27
2.3.2 Análisis del proyecto (transición)	27
2.3.3 Planeación de la transición	28
2.3.4 Preparación hacia la transición	28
2.3.5 Movimiento del producto	28
2.3.6 Verificación	29
2.3.7 Culminación de la transición	29
2.4 Cables en industria aeroespacial	29
Capítulo III: Metodología	32
3.1 Análisis de capacidad en celda de producción	32
3.1.1 Análisis de demanda actual	32
3.1.2 Clasificación de ensambles	32
3.1.3 Obtener horas por operador disponibles	33

**Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial.
Caso: Collins Aerospace**

3.1.4 Obtener horas requeridos por grupos de ensambles	34
3.2 Propuesta para flujo de operación del CTBC	35
3.2.1 WBS para implementación del CTBC	35
3.2.2 Propuesta para flujo de operación del CTBC	36
Capítulo IV: Resultados	37
4.1 Análisis de capacidad en línea de producción actual	37
4.2 Ajustes preliminares para la implementación del CTBC	41
4.2.1 Ajustes preliminares para el CTBC	41
4.2.2 Implementación de metodología establecida para CTBC.	43
Capítulo V: Conclusiones	48
5.1 Conclusiones	48
5.3 Trabajo futuro	50
Referencias	51

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

Listado de Figuras

Figura 1: Impacto de la introducción de nuevos productos en el ciclo de vida del mismo (Sittig, 2012).	23
Figura 2: WBS para implementación del Cables Transition Build Center (Elaboración propia)	35
Figura 3: Flujo de operación propuesto para el Cables Transition Build Center (Elaboración propia)	36
Figura 4: Diagrama de flujo del proceso a seguir en el CTBC (Elaboración propia)	43

Listado de Tablas

Tabla 1: Horas laborales mensuales disponibles por operador (Elaboración propia)	37
Tabla 2: Clasificación de ensambles de cables y tiempos estándar promedio	37
Tabla 3: Horas totales mensuales requeridas por tipo de cable	38
Tabla 4: Número de operadores asignados por producto	39
Tabla 5: Comparación de horas requeridas contra horas disponibles	39
Tabla 6: Capacidad de producción de la celda contra demanda requerida por los clientes	40

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

Abreviaciones y acrónimos

COE Center of Excellence

CSI Compass & SAP Integration

CTBC Cables Transition Build Center

DFMEA Design Failure Mode and Effect Analysis

FMEA Failure Mode and Effect Analysis

FT Factory Transformation

MRP Material Resource Planning

NDPI New Product Development & Introduction

NPI New Product Introduction

PCP Product Cost Pool

PFMEA Process Failure Mode and Effect Analysis

SAP Systems, Applications and Products

VMI Vendor Managed Item

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

Resumen

Con la reciente consolidación de las empresas Rockwell Collins y UTC en una sola, llamada Collins Aerospace, se comenzó una nueva era en la industria aeroespacial, dando la entrada al mercado a un gran competidor. Esta unión no ha afectado los proyectos que se tenían, y a su vez está abriendo paso a nuevos con el fin de ganar una posición de renombre en el mercado global de la industria aeroespacial.

Los centros de transición (“Mod Centers”) son áreas especializadas en la introducción de nuevos productos al corporativo y la transición de productos entre plantas, estos centros aseguran la entrada a nuevos productos para desarrollarlos y llevarlos a un nivel de industrialización en el que se logre satisfacer las necesidades del cliente en tiempo y calidad.

Durante los últimos años, la manufactura de cables y arneses se ha ido concentrando en la planta de Mexicali, ya que representa una ventaja al corporativo en cuanto a costos. Debido a que Mexicali es la planta que cuenta con el equipo más completo para el procesamiento de este producto, cada vez se busca traer más números de parte lo cual representa una enorme ventaja para nosotros, sin embargo, el proceso para la introducción de nuevas partes involucra ciertas actividades no estándar que se desvían de lo que se realiza en una celda de producción estándar.

El proyecto del Cables Transition Build Center (CTBC) pretende ser una celda no estándar para la introducción y desarrollo de nuevos productos de cables, centrándose en aquellas actividades necesarias para llevar a cabo la industrialización del ensamble con la mejor calidad y tiempo posibles y poder entregar a producción un producto cien por ciento construible.

Mediante la metodología propuesta se pudo comprobar la necesidad que había de segregar estas actividades no estándar de las celdas de producción para así poder soportar la demanda requerida por los nuevos clientes y proyectos en cuanto a transición e introducción de cables nuevos.

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

Capítulo I: Introducción

1.1 Antecedentes

El campo de la ingeniería y tecnología de la manufactura sigue avanzando rápidamente, más allá de las disciplinas e impulsando el crecimiento económico. Este amplio tema, que resulta un gran reto, ha seguido incorporando nuevos conceptos a una velocidad creciente, haciendo de la manufactura un campo de estudio dinámico y excitante.

Una industria que ha ido creciendo exponencialmente durante los últimos años es la industria aeroespacial. Hoy en día el número de aeronaves que se ensamblan es inmenso y se ha convertido en uno de los medios de transporte más concurridos por las personas. Desde pequeños aeroplanos hasta grandes aeronaves militares, esta industria ha ido evolucionando rápidamente utilizando nuevos materiales, tecnologías y diseños capaces de satisfacer las necesidades de la actualidad. La industria aeroespacial es la industria que se ocupa del diseño, fabricación, comercialización y mantenimiento de aeronaves, naves espaciales y cohetes, así como de equipos específicos asociados (propulsión, sistemas de navegación). Es una de las actividades del sector económico de la industria aeronáutica, automovilística y espacial.

En el curso de la primera mitad del siglo XX, la industria aeronáutica estaba repartida en el conjunto del mundo industrializado, aunque con predominancia de Estados Unidos. Desde el final de la Segunda Guerra Mundial y aún más desde el desplome del bloque soviético, la industria aeronáutica ha estado incontestablemente dominada por Estados Unidos. Luego, Europa, por medio del Airbus, logró establecer una competencia eficaz en el dominio del transporte civil. Ciertos países europeos han mantenido una industria militar aeroespacial sea para preservar su independencia frente a la hegemonía estadounidense o bien porque Estados Unidos les ha negado el acceso a su producción. La primacía de Estados Unidos se explica por el tamaño de su mercado interno (militar y civil) que conlleva a la amortización más rápida de los costos

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

de producción y por el dominio de la tecnología avanzada necesaria para el desarrollo de nuevos aparatos o sistemas (Zurda, 2018).

De acuerdo con De la Madrid (2017), en 2016 hubo en el mundo cerca de 3 mil 600 millones de viajes en avión, cerca de 800 millones más de los registrados en 2011. Para 2032 se pronostica que la flota de aviones, tanto de pasajeros como de carga con capacidad de diez toneladas, será de 36 mil 556 aeronaves, lo que implica un aumento significativo si se considera que actualmente existen cerca de 18 mil naves en servicio comercial.

Esta rápida evolución de la industria aeroespacial supone un mercado creciente y rentable para los fabricantes de aeronaves, materiales y componentes, así como para los desarrolladores de tecnología y centros de investigación. No obstante, las industrias participantes en el sector enfrentan importantes retos en varios frentes: en su competitividad, en su cadena de proveeduría, en la necesidad de extender sus operaciones y en la búsqueda de certidumbre macroeconómica. Al mismo tiempo, los clientes de estas compañías buscan mejoras constantes en desarrollo tecnológico, en tiempos de entrega y en precio.

Dentro de este contexto, México se está posicionando a nivel global como un jugador importante para las principales empresas aeroespaciales que deben incrementar su competitividad. Este sector representa una de las principales oportunidades que tiene nuestro país para aprovechar sus ventajas comparativas y su importante desarrollo industrial a fin de incrementar el contenido nacional de nuestras exportaciones, generar más y mejores empleos, e incrementar el nivel de productividad del país.

Actualmente, en México existen más de 300 empresas del sector aeroespacial. De estas 80% son manufactureras, mientras que 20% ofrece servicios de diseño e ingeniería. En la región norte se concentra el mayor número de empresas con 198 en

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

total. En esta zona, la estrategia de desarrollo del sector aeroespacial está basada en la generación de nuevas tecnologías y el fomento de clústeres, en los que confluyen empresas, universidades, centros de investigación y oficinas gubernamentales. En el norte del país, una de las entidades más importantes para el desarrollo del sector aeroespacial es Baja California. Ahí, la actividad industrial se encuentra altamente consolidada tras más de 40 años de manufacturar bienes para dicho sector. Actualmente, en esta entidad se ubican 76 empresas del ramo, enfocadas principalmente a la producción de sistemas de fuselaje y plantas de poder. México es un líder mundial en el sector aeroespacial. En los últimos nueve años, este sector ha crecido 17.2% en promedio anual y pasó del décimo al sexto lugar entre los países que más exportan a la industria aeronáutica de Estados Unidos (De la Madrid, 2017).

Por su parte, la ingeniería aeroespacial es aquella gracias a la cual la industria aeroespacial existe. Desde los primeros experimentos en aeronaves las áreas de ingeniería se han enfocado en el estudio de las mismas y en su comportamiento en el entorno que la rodea. Básicamente, la ingeniería aeroespacial es aquella que se encarga del diseño y manufactura de aeronaves o bien, partes de éstas. Es una de las ramas de la ingeniería más recientes y comienza en el siglo XIX con los primeros experimentos en vuelos propulsados.

Como se ha mencionado, la industria e ingeniería aeroespacial busca innovar constantemente incorporando cada vez tecnologías más nuevas en los modelos más nuevos, las compañías están mejorando continuamente sus productos existentes o introduciendo modelos totalmente nuevos. Lo que la mayoría de las personas no ve o siquiera se imaginan es todo el trabajo que se tuvo que realizar en el diseño, desarrollo e introducción de un nuevo producto. La introducción de nuevos productos que el cliente pide, requiere corregir bastante información, tiempo y recursos dedicados de toda la organización. Las compañías que son más exitosas en el desarrollo y lanzamiento de nuevos productos siguen un proceso bien organizado y planeado.

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

Un programa de Introducción de Nuevos Productos (NPI por sus siglas en inglés), engloba todas las actividades dentro de una organización para definir, desarrollar y lanzar un producto nuevo o mejorado.

¿Porque implementar la introducción de nuevos productos en las empresas? En el mercado actual tan competitivo que se tiene, las compañías deben desarrollar el producto adecuado, en el momento correcto y con el precio correcto. Desarrollando y siguiendo un proceso robusto de NPI puede hacer la gran diferencia entre el éxito o el fracaso. Algunas de las ventajas más notorias de esta área son: reducir costos de desarrollo, llevar un producto más rápido al mercado, manufactura más eficiente y una mejora en la calidad de los productos.

Un proceso de introducción de nuevos productos se divide en fases, las principales fases de este proceso son:

- Definición
- Factibilidad
- Desarrollo
- Validación
- Implementación
- Evaluación

El caso de estudio del presente proyecto se enfoca en la empresa Ensambladores Electrónicos de México (EEMSA), la cual contempla las tres últimas fases del proceso de NPI. EEMSA inicia operaciones en 1966, y es considerada la maquiladora más antigua del país. En su inicio pertenecía al Corporativo Hughes Aircraft, en el 2006 fue adquirida por el corporativo Rockwell Collins y recientemente, fue adquirida por el corporativo United Technologies Company formando la nueva compañía Collins Aerospace. Está dedicada principalmente a la manufactura de componentes electrónicos para la industria aeroespacial, principalmente en sistemas

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

de entretenimiento relacionados con audio, video, navegación, comunicaciones, sistemas climatológicos, entre otros.

La empresa realiza sus ventas a los principales fabricantes de aviones, líneas aéreas, y empresas del sector gubernamental y a la aviación comercial y privada, principalmente en Europa, América y Asia.

Collins Aerospace pone especial énfasis en aquellos clientes a los que considera clientes clave: Airbus, Bombardier, Dassault, Boeing, Lockheed Martin y Gulfstream, ya que son los principales contribuidores en los ingresos de la compañía, además de que están estipuladas algunas penalizaciones por retrasos en cada una de las órdenes de venta con ciertos productos y/o clientes.

1.2 Justificación

Como toda compañía, Collins Aerospace busca la manera de poder aprovechar sus recursos de la manera más eficiente con el propósito de asegurar su rentabilidad, es decir, no obtener o gastar más en un producto de lo que lo puede vender en el mercado. El mercado de la industria aeroespacial cada vez es más demandante, los clientes buscan quien puede ofrecer lo más cercano a sus necesidades al menor precio, por lo que obliga a las empresas a optimizar de la mejor manera sus recursos.

Los productos de cables son en su mayoría baratos, ya que los materiales utilizados para su fabricación, ya sean ensambles top, subensambles o niveles de conveniencia, son de bajo costo. Anteriormente estos productos estaban dispersos en diferentes plantas de Collins por todo Estados Unidos, pero como sabemos, el costo de mano de obra de los Estados Unidos es más alto si lo comparamos con la mano de obra de México. Como una de las estrategias para poder disminuir el costo de producir un cable, se estableció que todo este grupo de productos se comenzarían a mover a la planta de Mexicali para su industrialización.

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

Las áreas de Cables operan de manera continua dos turnos, e incluso se tienen planes para abrir un tercero, por lo que al comienzo de este proyecto de “transiciones”, las actividades se prolongaban más de lo planeado, teniendo un promedio de 2 meses en el que los ensambles se consideraban industrializados. Esto comenzó a representar un problema para el proyecto en sí ya que teniendo en cuenta el promedio de tiempo individual de cada actividad que involucra la industrialización no sumaban más de 1 mes, el problema surgió debido a la falta de recurso tanto humano como material que el área de Cables tenía, ya que todos sus recursos estaban enfocados en sacar el plan diario para no fallar a los clientes.

Así, surge la idea de un área independiente en donde se atendieran dichas actividades y se destinarán los recursos necesarios, estando totalmente enfocados en esta labor y reduciendo costos de mano de obra considerablemente, eso sin mencionar el tiempo en que la ordenes de producción quedaban abiertas, personal necesario para realizar los Primeros Artículos, tiempo extra entre otros.

1.3 Planteamiento del problema

Las transiciones e introducción de nuevos productos han tenido un gran auge durante los últimos años debido al creciente requerimiento de nuevos diseños e innovaciones por parte de los clientes, ya sea para crear algo totalmente nuevo o mejorar diseños previos. En Mexicali, debido a los tipos de productos que ya se manejaban se vio como un punto focal en el cual concentrar la introducción de nuevos productos e incluso enviar productos de otras plantas. Las transiciones de productos de cables llevan años planificándose pero a pesar de ser un producto relativamente sencillo parece ser que siempre ocurren complicaciones durante el proceso de

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

industrialización. Hace aproximadamente 4 años, se comenzó con un proyecto similar al CTBC en Mexicali en donde se comenzó con el trabajo de industrialización de dichos productos, sin embargo hubo muchas complicaciones. A pesar de que el equipo de soporte conformado por los ingenieros, controladores de producción y líder de producción estaban enfocados totalmente en dichas actividades como lo eran revisión de dibujos de ingeniería, creación de ayudas visuales, rutas y listado de materiales y conseguir herramienta necesaria, los recursos humanos no lo estaban, ni las estaciones de trabajo.

Todos los procesos eran compartidos con las áreas estándar de producción de cables, así como el personal, por lo que se tenía que pedir prestado a un operador, una estación de trabajo y la disponibilidad de las máquinas para poder realizar primeras corridas y Primeros Artículos. Esta dinámica no funcionó del todo, ya que seguía presentándose el problema que enfrentaban las celdas producción cuando tenían dichas actividades: capacidad, y por ende, tiempo.

Con el proyecto del CTBC se propone centralizar tanto recurso humano como capital con el fin de llevar a cabo la industrialización de los productos de cables tanto nuevos como provenientes de otras plantas, se estima reducir los problemas de capacidad tenidos anteriormente con personal entrenado y calificado en cables, y dándoles las herramientas estándar y su espacio de trabajo para poder manufacturar. El CTBC se tiene en mente como una celda independiente de producción tratando de compartir el menor recurso posible con las celdas de producción cables COE (Center of Excellence) y PCP (Product Cost Pool).

1.4 Preguntas de investigación

- ¿Es la capacidad de personal operativo realmente la causa raíz del retraso en la entrega de productos recién industrializados?

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

- ¿Cuáles son los errores encontrados en el modelo de transición anterior al CTBC?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Implementar un área especializada en actividades de desarrollo de nuevos cables y cables provenientes de otras plantas de Collins Aerospace con el fin de enfocar los recursos necesarios del corporativo para disminuir así los tiempos de transición, introducción y desarrollo de cables en la planta de Mexicali.

1.5.2 Objetivos específicos

- Realizar los ajustes necesarios en sistema “Sistemas, Aplicaciones y Productos” (SAP por sus siglas en inglés de Systems, Applications & Products) para la creación del área en la planta de Mexicali llámese Planificación de Recursos Materiales (MRP por sus siglas en inglés de Material Resource Planning) y Work Centers (WC)
- Implementar estaciones de trabajo simulando un flujo lo más similar a la celda de producción de Cables (COE/PCP)
- Aumentar la calidad de los diseños propuestos, entregar un proceso confiable a la celda de producción con todos los elementos y herramientas necesarias para cumplir con los requerimientos del cliente, así como los ajustes correctos en el sistema que integra Compass y SAP (CSI, por sus siglas en inglés de Compass/SAP Integration) para seguir su flujo correspondiente

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

1.6 Hipótesis

Mediante análisis de capacidades de las celdas de producción se comprobará que es necesaria la segregación de las actividades no estándar de estas áreas con el fin de enfocar los recursos en actividades de industrialización y así reducir tiempos en transición de cables y mejorar la calidad de este proceso y de productos industrializados.

Capítulo II: Marco teórico y referencial

2.1 Industrialización.

Varios son los términos que se deben analizar para comprender lo que conlleva un proceso de desarrollo de nuevos productos en términos industriales.

Entre los siglos XVIII y XIX, en Europa comenzó a dar lo que se conoció como la Revolución Industrial, era en la que, con la invención de la máquina de vapor, se dio una nueva era en lo que respecta la fabricación de productos, es así como nació el término industrialización. Prasad (2004) habla de la industrialización como un proceso por el cual la industria se convierte en el orden socioeconómico principal y el que domina la mayor parte de los ámbitos de la economía de un país.

Prasad (2004) trata el concepto de industria como de suma importancia, lo refiere al conjunto de operaciones para la producción de bienes o servicios a partir de materias primas en bienes o servicios. También se refiere al conjunto de varias industrias de uno o varios tipos; por ejemplo, la industria textil, la industria farmacéutica y la industria metalúrgica.

El advenimiento de la industrialización hace poco más de dos siglos supuso un cambio importante en la sociedad, la economía, la cultura y la geografía de las áreas urbanas del mundo.

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial.

Caso: Collins Aerospace

2.1.1 Características de la industrialización.

Prasad (2004) define algunas de las características de la industrialización mas importantes, las cuales se describen a continuación.

1. Mecanización de los procesos de manufactura y el trabajo. Los objetos, anteriormente elaborados a mano, se elaboran mediante el empleo de máquinas que reducen el esfuerzo y el tiempo de manufactura.
2. Los procesos se concentran en fábricas. El trabajo industrial se lleva a cabo en un lugar, generalmente cerrado, en el que se encuentran las máquinas necesarias para la manufactura de los bienes o de la transformación industrial. Da inicio al llamado “sistema de fábrica”.
3. El paso de una sociedad agraria a una sociedad industrial. En términos históricos, la industrialización cambió la forma de ser de la sociedad; de agraria, basada en las actividades agrícolas a través de las cuales las personas obtenían comida y otros recursos, a industrial, en la que los bienes comenzaron a obtenerse mediante las actividades industriales.

Hasta la actualidad, el cambio ha sido drástico, pues en la Europa medieval alrededor del 80 por ciento de la población activa practicaba la agricultura de subsistencia.

4. Es un período de cambio económico y social. Además del paso de la sociedad agraria a industrial, se produce una migración abundante de personas del campo a la ciudad y, consecuentemente, de urbanización. Se configuran las poblaciones urbanas más grandes.

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

5. Los mercados de bienes y servicios se expanden y estimulan el crecimiento económico de la región o país.
6. Impulsa el desarrollo de sectores y lugares a lo largo de caminos que divergen entre sí; esto modifica los hábitos y sitios geográficos ya establecidos.

2.1.2 Breve historia de la industrialización.

McColl (2005) nos dice que el proceso de industrialización moderno es resultado de la Revolución Industrial, el fenómeno que marcó la transición de la sociedad agraria a la sociedad industrial y que tuvo lugar entre finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX.

Durante la mayor parte de la historia, la mayoría de las poblaciones humanas sobrevivieron con base en una economía de subsistencia, es decir, aquella en la que las actividades alcanzan para la supervivencia de un pequeño grupo de personas y en la que la producción no genera excedentes con los cuales se pueda comerciar. La fabricación de bienes solía hacerse en casa con herramientas sencillas. Gran parte de la población humana era rural.

La Revolución Industrial comenzó en Gran Bretaña y posteriormente se desarrolló en varias partes de Europa hasta que alcanzó otras regiones del mundo. Su desarrollo inició con pequeñas innovaciones tecnológicas, como la invención de la máquina de hilar y el telar mecánico hasta que la máquina de vapor supuso el inicio del desarrollo de las grandes máquinas y de tecnología más avanzada.

2.1.3 Procesos industriales.

Durante el transcurso de los años las máquinas empezaron a ser más útiles, ya que permitieron el aumento del volumen y la variedad de productos, por lo que

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

comenzó a producirse en masa y se desarrollaron las primeras fábricas tal como se conocen actualmente. Se abrieron centros de trabajo del hierro y el acero, minas de carbón, fábricas textiles y otras.

El tiempo de fabricación y los costes de transporte se redujeron, y el volumen de excedentes permitió la apertura del comercio a gran escala. A su vez, esto ayudó al crecimiento de la economía de los países industrializados. También se acompañó de profundos cambios sociales, pues la llegada de trabajadores del campo a la ciudad aumentó las poblaciones urbanas y modificó la estructura familiar, de familia extensa a nuclear. La calidad de vida aumentó, principalmente para la clase media y alta.

No todos los países del mundo experimentaron la industrialización en el mismo siglo. De hecho, varios países asiáticos la desarrollaron durante el siglo XX.

Si bien la industrialización generalmente es, desde el punto de vista económico, un proceso positivo, también se reconocen los problemas que la acompañaron, como la gran concentración de población y la contaminación del suelo, el agua y el aire. En algunos países o ciudades, antes fuertemente industrializadas, se está experimentando el proceso opuesto: la desindustrialización. Incluso, en Gran Bretaña la industria pesada, otrora dominante, está disminuyendo, y en cambio se está produciendo un gran aumento de la industria de alta tecnología (McColl, 2005).

2.2 Introducción de nuevos productos y productos mejorados

2.2.1 Introducción al proceso de NPI

El proceso NPDI (desarrollo e introducción de nuevos productos) comienza con la identificación de una oportunidad en el mercado y concluye con el exitoso lanzamiento del producto (Rolfe, 2002-2019), por lo que están implicados varios departamentos dentro de la organización del fabricante de equipos médicos están

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

implicados: marketing, ingeniería, finanzas, fabricación, e incluso los proveedores. Se trata de definir las piezas que integrarán el producto, optimizando costos y gestionando las actividades necesarias para ofrecerlo al cliente adecuado en el momento adecuado. Muchas firmas se enfrentan a grandes dificultades en esta fase, debido a las barreras existentes entre los sistemas de organización e información, las cuales impiden el eficaz intercambio colaborativo entre personas clave.

La solución de Dassault Systèmes (3DS) para el Desarrollo e Introducción de Nuevos Productos abarca todo el proceso NPDI y ayuda a la compañía a definir una buena cartera de producto, gracias a procesos en escenarios estándar con alternativas, adecuados para gestionar ideas y aprobar diseños viables. También favorece el consenso multidisciplinario, tras una eficiente discusión y revisión de las alternativas teniendo en cuenta todos los aspectos necesarios. Su aplicación proporciona una completa visión y otorga acceso en tiempo real al flujo de proyectos y datos, para un rápido análisis y toma de decisiones.

Esta también permite coordinar las actividades de control del diseño, necesarias para la comercialización del producto. Todos los documentos que se generan durante el proceso de transformación de los requisitos en especificaciones del producto, desarrollo de procedimientos de prueba, definición de la revisión técnica, evaluación de riesgos y desarrollo de la fase de verificación se incorporan al fichero con el historial del diseño, para un mejor seguimiento y posterior auditoría.

El 75% de todas las introducciones de nuevos productos no alcanzan las expectativas de calidad, costo o entrega. Solo el 25% de las empresas siguen su proceso NPI y el 25% no tiene un proceso definido (Industry Forum, 2018). Esto se traduce en una dependencia significativa de las habilidades, la experiencia y la influencia de las personas clave para hacer que los proyectos funcionen. A menudo, los pasos clave se duplican o se pierden y las decisiones no se escalan a los tomadores de decisiones correctos de manera oportuna, lo que da como resultado un entorno de trabajo altamente reactivo con niveles significativos de retrabajo y estrés.

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

A los proyectos NPI a menudo no se les da suficiente prioridad en el negocio para que se les asigne un recurso específico de administración de proyectos. A menudo, los ingenieros de diseño y desarrollo deben ejecutar proyectos entre sus otras responsabilidades, sin el soporte multifuncional para las actividades del proyecto o la escalada de problemas. Esto puede resultar en un lanzamiento tardío en la fabricación con información incompleta y un impulso estresante a través de las etapas finales de producción en un intento de entregar a tiempo al cliente. La gestión eficaz del proyecto requiere un enfoque acordado, una comunicación clara, recursos definidos y un fuerte apoyo del equipo de gestión.

En la figura 1, se puede apreciar el impacto que un proceso de NPI fuerte o débil puede tener en el ciclo de vida del producto.

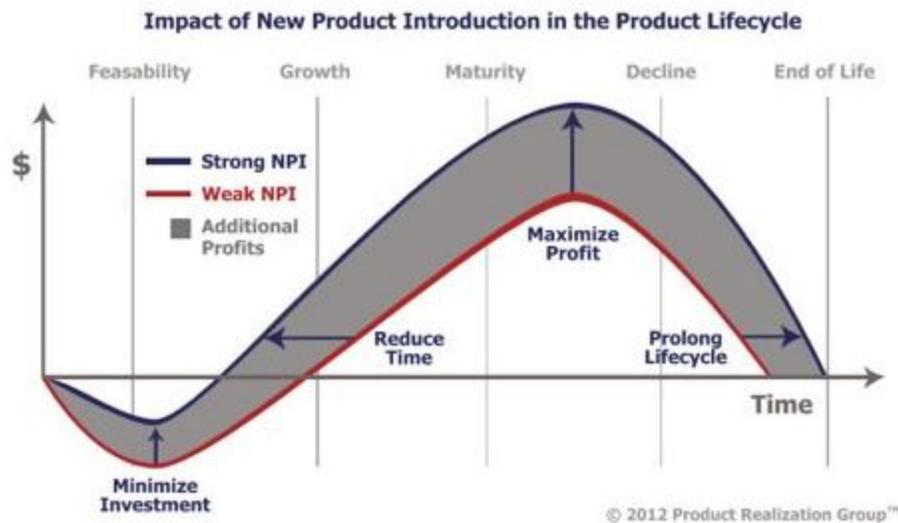


Figura 1: Impacto de la introducción de nuevos productos en el ciclo de vida del mismo (Sittig, 2012).

Sittig (2012) define gráficamente el fenómeno de un proceso de NPI comparando tanto uno débil con uno bien establecido y seguido. Se puede apreciar como la curva del proceso débil da como consecuencia un producto con un tiempo de ciclo de vida más corto, a diferencia del proceso fuerte que además de tener una menor inversión y reducir el tiempo en el que se comienza a obtener la ganancia del producto,

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

alarga el ciclo de vida del producto. Todo esto puede pasar solamente debido a un pobre diseño o poca visión de lo que realmente se necesita del producto a diseñar (ver figura 1).

2.2.2 Herramientas para mejorar el proceso de NPI

Hay numerosos ejemplos destacados de retiros de productos resultantes de productos y/o procesos mal diseñados. Estas fallas se debaten en el foro público con fabricantes, proveedores de servicios y proveedores que se muestran como incapaces de proporcionar un producto seguro. El modo de falla y el análisis de efectos (FMEA por sus siglas en inglés), es una metodología dirigida a permitir que las organizaciones anticipen las fallas durante la etapa de diseño al identificar todas las fallas posibles en un proceso de diseño o fabricación (Iqwan, Goztepe y Armitage 2019).

Como nos dicen Iqwan et al. (2019), desarrollado en la década de 1950, el FMEA fue uno de los primeros métodos de mejora de la confiabilidad estructurada. Hoy en día sigue siendo un método muy eficaz para reducir la posibilidad de fracaso. Los modos de falla son las formas en que un proceso puede fallar. Los efectos son las formas en que estos fallos pueden generar desperdicios, defectos o resultados perjudiciales para el cliente. El modo de falla y el análisis de efectos están diseñados para identificar, priorizar y limitar estos modos de falla.

FMEA no es un sustituto para una buena ingeniería. Más bien, mejora la buena ingeniería al aplicar el conocimiento y la experiencia de un Equipo multifuncional (CFT, por sus siglas en inglés) para revisar el progreso del diseño de un producto o proceso al evaluar su riesgo de falla. Hay dos categorías amplias de esta herramienta, FMEA en diseño (DFMEA por sus siglas en inglés) y FMEA en procesos (PFMEA por sus siglas en inglés).

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

El análisis de modo de falla de un diseño (DFMEA) explora la posibilidad de un mal funcionamiento del producto, una vida útil reducida del producto y problemas de seguridad y normativos derivados de:

- Propiedades materiales
- Geometría
- Tolerancias
- Interfaces con otros componentes y / o sistemas.
- Ruido de ingeniería: entornos, perfil de usuario, degradación, interacciones de sistemas

El análisis de modo de falla en el proceso (PFMEA) descubre fallas que afectan la calidad del producto, la confiabilidad reducida del proceso, la insatisfacción del cliente y los riesgos de seguridad o ambientales derivados de:

- Factores humanos
- Métodos seguidos durante el procesamiento
- Materiales usados
- Maquinas utilizadas
- Los sistemas de medición impactan en la aceptación.
- Factores ambientales en el rendimiento del proceso

Los FMEA son de gran ayuda para ayudar a mitigar los riesgos potenciales que los productos puedan causar, son por tanto una herramienta muy importante también en lo que respecta a la disciplina del manejo de riesgos (Risk Management). Aun cuando son bastante las aplicaciones que pueden tener los FMEA y no reducirse solo a nuevos productos, son muy útiles para poder predecir aquellos factores clave del producto antes de incluso ser lanzado al mercado.

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

El mapeo de flujo de valor (VSM por sus siglas en inglés) es una herramienta de manufactura esbelta que busca mapear su proceso de proveedor a cliente, destacando los flujos de productos e información e identificando retrasos y procesos sin valor agregado. Es una vista de nivel superior de su empresa en lugar de una visión detallada de un proceso individual dentro de ella, pero este mapa es realmente revelador para la administración superior. Esta es una de las herramientas de mapeo más poderosas y, a la vez, fáciles de usar, a su disposición y puede llevar a una mejora rápida y significativa de su negocio si se toman medidas luego del ejercicio de mapeo.

VSM no se trata solo de crear un mapa; se trata de descubrir dónde estamos hoy con un mapa de flujo de valor actual y usar el equipo para crear un mapa de flujo de valor de estado ideal como objetivo al que se debe apuntar, mientras se crea una serie de mapas de estado futuros para trabajar en el viaje hacia nuestro estado ideal (Kanbanize, 2018).

El mapeo de la cadena de valor se realiza generalmente en un solo producto o familia de productos desde el proveedor hasta el cliente. Cuando tenemos varios productos, es tentador intentar mapearlos todos, pero esto solo resultaría en una sobrecarga de información.

El equipo debe elegir un producto o una familia en la cual crear el mapa; cualquier mejora realizada en esta corriente de valor se puede utilizar como una plantilla para mejorar otras corrientes de valor. A veces es difícil encontrar familias de productos si tiene una gran cantidad de productos individuales. El análisis de familias de productos es una herramienta útil que se utiliza para encontrar las similitudes entre productos para permitir la creación de familias.

2.3 Transiciones industriales

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

¿Que son las transiciones de productos en la industria? En muchas empresas el significado se generaliza a cuando se lleva a cabo un movimiento de producto de una planta a otra para ser manufacturado. Este movimiento se puede deber a diversas razones, las cuales por ende deben apuntar hacia un beneficio para el corporativo, como lo pueden ser reducción en costos de mano de obra, planta con equipo mas especializado en el proceso, entra otras.

La adquisición de negocios, consolidar las operaciones y diversificarse en nuevos retos en los que no se es experto es parte esencial para el modelo de negocios de muchas compañías. Estas acciones son dirigidas por el liderazgo ejecutivo para asegurar una competencia de largo plazo de la compañía.

Las transiciones de productos deben preferentemente comunicarse a los empleados de la planta que hará/recibirá la transición, esto con el fin de que todos estén enterados de los movimientos que suceden en la compañía, la estrategia que se está siguiendo y como este gran movimiento contribuye a los objetivos de la empresa, además, abre la puerta a los empleados interesados en ser partícipes de la misma y así tener la oportunidad de un desarrollo laboral notorio.

2.3.1 Establecer el equipo de transición

Al momento en que se toma la decisión de hacer una transición de producto, se debe pensar automáticamente en establecer un equipo especializado en todas las tareas que esto involucra, con el fin de enfocar recursos a esta y poder trabajarla de la mejor manera posible en cuanto a tiempo y calidad. El establecimiento del equipo se engloba a personal administrativo (líderes de proyecto), finanzas, ingenieros (de proceso y/o pruebas eléctricas), en ciertos casos ingenieros de diseño, ingenieros de calidad del producto y por supuesto el personal operativo que recibirá la manufactura de los nuevos productos, en este último punto entra el departamento del Recurso Humano, ya que de ser necesario se debe reclutar a personal para esta actividad.

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

2.3.2 Análisis del proyecto (transición)

En esta etapa es en donde el equipo de líderes evalúa la viabilidad de la transición, se hace un análisis de los números de parte que se pretenden transicionar, y como se podrían ver afectados estos al momento de la transición.

2.3.3 Planeación de la transición

En este punto de la transición es en donde se desglosan todas las actividades necesarias para llevarla a cabo (WBS) y los “milestones” o eventos importantes del proyecto de transición. Una vez definidas se trata de poner una fecha estimada en la que se pretende terminar dicha actividad. Cabe mencionar que este listado de actividades puede verse afectado durante el transcurso de la transición, sin embargo, se debe tener en cuenta al inicio de la planeación para hacer un plan lo mas apegado a la realidad posible, para esto también se hace un análisis previo de la duración de las actividades involucradas.

2.3.4 Preparación hacia la transición

En esta etapa es cuando se pretende inicializar con la transición, todos los preparativos, documentación, listados de productos y el equipo se encuentran listos para comenzar con el proyecto. Previo a comenzar con la transición, es preferente que se haya realizado una inspección a los productos en cuanto a calidad en los procesos, instrucciones de trabajo y dibujos de ingeniería, asegurando en lo mas posible que la transición fluya de manera adecuada, esto es, sin problemas.

2.3.5 Movimiento del producto

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

Se comienza con las actividades listadas (WBS) para la transición, y se comienza a trabajar en conjunto tanto planta receptora como la que deja el producto. Aquí la comunicación es de suma importancia para asegurar que cualquier problema encontrado, duda y/o sugerencia pueda ser atendida de la manera más rápida posible.

2.3.6 Verificación

Es aquí cuando se comienzan a reportar los avances de la transición, actividades pendientes y/o nuevas, se da un estatus general del proyecto desde los niveles jerárquicos más bajos hasta los más altos.

2.3.7 Culminación de la transición

Todas, o al menos las actividades más críticas han sido completadas, el producto se encuentra en un punto en el que no requiere trabajo de introducción y/o industrialización, la mayoría de los Primeros Artículos han sido realizados y la planta receptora se encuentra lista para pasar a ser una celda de producción estándar. Hay mejoras aun tanto en el diseño de la línea de producción, en instrucciones y en proceso, pero el producto puede fluir de manera continua sin problemas.

2.4 Cables en industria aeroespacial

Los sistemas aeronáuticos aeroespaciales tienen un diseño modular para una fácil remoción e instalación, lo que permite que la mayoría de las reparaciones se realicen en el banco de pruebas. Los cables multiconductores con enchufes de desconexión rápida conectan varios componentes de comunicación y navegación, junto con la cabina. Los controles de vuelo, el tren de aterrizaje, la iluminación interior y

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

exterior, y la mayoría de los medidores e instrumentos también se controlan eléctricamente.

Las normas para el diseño y la fabricación de conjuntos de cables son específicas tanto para uso civil como militar. Estas normas no solo pretenden mantener un alto nivel de calidad, sino también la consistencia entre los ensamblajes producidos por diferentes fabricantes. Las normas de especificación militar (MIL-spec) se aplican a la aeronave real en sí misma, así como a los cables y arneses de reemplazo individuales. Las especificaciones militares separadas cubren el cable, los alambres que forman el cable y los conectores (Thomas Industry, 2019).

Thomas Industry (2019) menciona algunos ejemplos de especificaciones militares que deben de ser seguidas para la fabricación y utilización de cables en la industria aeroespacial, a continuación describen algunas especificaciones para alambres, cables y conectores circulares militares.

Las especificaciones militares MIL-C-27500 cubren conjuntos de cables aeroespaciales de aviónica, fuselaje y sistemas misceláneos. Un número de pieza de cable típico sería MIL-C-27500A20MD5F02, por ejemplo. Los gráficos indican los códigos en el número de pieza: después de "MIL-C-27500", "A" denota el método de identificación, "20" es el tamaño del conductor AWG, "MD" es el tipo de aislamiento del cable, "5" es el número total de conductores en el ensamblaje, "F" es la descripción del escudo y "02" es el estilo de la cubierta. Diferentes tipos de cables cubren diferentes aplicaciones. Los cables de alimentación requieren cables y conectores de mayor tamaño que estén aislados y separados para evitar la formación de arco. Los cables de señal están formados por cables de calibre más pequeño y están blindados para evitar fugas de alta frecuencia, mientras que otros cables están diseñados con resistencia a golpes y tensión.

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

Un cable es tan efectivo como su alambrado. Cada alambre en un cable de especificaciones militares tiene sus propias especificaciones militares: al igual que en el ejemplo de montaje de cables anterior, la especificación de cable "MD" se indexa para MIL-W-81044/5 con los siguientes criterios:

- Conductor de cobre recubierto de plata
- Aislamiento extruido de polialqueno XL
- Chaqueta de fluoruro de polivinilideno extruido XL
- 150 grados C. 600 voltios de calificación.

Si existe un peligro, como la contaminación por combustible hidráulico, se debe usar un cable resistente. MIL-W-5086, por ejemplo, es un cable resistente al calor y la abrasión. Tiene un aislamiento de PVC compuesto, una chaqueta de trenzado de vidrio impregnado y un revestimiento de nylon transparente. El conductor es de cobre estañado trenzado.

Los conectores circulares se utilizan a menudo en aplicaciones de montaje de cables aeroespaciales. Comúnmente conocidos como "Tapones de cañón" debido a un fabricante popular, estos enchufes multiconductores están disponibles con desconexiones roscadas, push-pull, de bloqueo de leva y de bloqueo de brecha. Los chaveteros individuales o múltiples aseguran la polarización correcta de los múltiples pines: el lado macho tiene pines, mientras que el lado hembra tiene tomas. Algunos tipos tienen sellos de junta tórica para mantener la humedad y los agentes corrosivos, mientras que otros están sellados herméticamente para soportar grandes presiones y aspiradoras. Las clavijas y los enchufes individuales son reemplazables en conectores circulares, que están engarzados o soldados a los alambres individuales. Los conectores vienen en una variedad de tamaños de diámetros, número de contactos, ángulos de perfil y materiales de la carcasa. Al igual que en los conjuntos de cables, están etiquetados en gran parte por números que detallan sus especificaciones. Los

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

conectores en la misma especificación de especificaciones vienen en diferentes configuraciones para la instalación en cables, equipos y paredes de mamparos.

Dos especificaciones técnicas comunes para los conectores son MIL-C-1505 y MIL-C-38999. Las especificaciones militares cubren no solo los conectores en términos de materiales y dimensiones, sino también los requisitos de parámetros como la durabilidad, la resistencia a las vibraciones y los golpes y la resistencia a la corrosión.

Capítulo III: Metodología

Para implementar el área especializada en actividades de desarrollo de nuevos cables se siguieron los pasos descritos a continuación:

3.1 Análisis de capacidad en celda de producción

Lo primero que se hizo fue determinar la capacidad con la que cuenta actualmente la celda de producción de cables, esto nos podría ayudar a tener una mejor visión de cómo se encuentra el área y si es posible que soporte cargas adicionales de trabajo, es decir, introducir actividades no estándar tales como primeras corridas y primeros artículos.

3.1.1 Análisis de demanda actual

Mediante el sistema SAP, se obtuvo un reporte en el cual se puede ver la demanda de los próximos meses reflejada. Este reporte muestra un listado de todos los números de parte que tendrán un requerimiento durante el mes. En la parte de las columnas se aprecian los días de la semana del mes que se obtuvo el reporte y en la

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

intersección de celdas el número de ensambles que se requerirán por cada cable y el día.

3.1.2 Clasificación de ensambles

Debido a que los números de parte que maneja el área por mes es grande (alrededor de 800 números de parte diferentes) para facilitar el análisis se clasificaron los números de parte de la cedula mensual de acuerdo al tipo de ensamble, cabe mencionar dos cosas, la primera, es que las líneas de producción están diseñadas de acuerdo a las diferentes clasificaciones que existen para los ensambles de cables, y la segunda, es que estas clasificaciones fueron designadas internamente por el área dando una idea o característica del producto que se trata. Las clasificaciones son:

- Coaxiales
- Flat Cable (Ribbon)
- Varios con Soldadura
- Varios sin Soldadura
- Wire Kits
- Varios Complejos
- Sencillos
- Varios sin terminar
- Switches
- Telefónicos
- Spares (SP)
- Abanicos

Teniendo la clasificación, se procedió a agrupar la información de la cedula mensual agrupando todos los números de parte en su clasificación aplicable para facilitar la lectura de los números y el análisis en sí.

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

3.1.3 Obtener horas por operador disponibles

Lo siguiente fue calcular las horas disponibles por cada operador, este calculo es sencillo sin embargo de gran ayuda para poder obtener la capacidad de la celda de producción. En la tabla mostrada a continuación se despliegan las horas disponibles por operador tomando en cuenta lo siguiente:

- Turno matutino es de 8 horas
- Tiempo extraordinario en semana laboral permitido de 9 horas
- Tiempo extraordinario en fin de semana permitido de 6 horas

Tabla 1: Horas laborales mensuales disponibles por operador (Elaboración propia)

Tabla de tiempos horas/operador	
Descripción	Tiempo (Horas)
Horas por turno	8
Horas por semana	40
Horas por mes	160
Horas por semana (Tiempo extraordinario)	49
Horas por mes (Tiempo extraordinario)	196
Horas por semana (T. E. más sábado)	55
Horas por mes (T. E. más sábado)	220

3.1.4 Obtener horas requeridas por grupos de ensambles

Para este cálculo primero es necesario saber cuántos operadores se tienen por cada grupo de ensamble (cable), ya que con este dato más las horas mostradas en la Tabla 1, podemos ver el total de horas por grupo de ensamble.

Una vez teniendo el número de operadores por grupo, obtenemos el total de horas disponibles por grupo de producto, para este caso utilizaremos los datos de

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

horas mensuales, por lo que el cálculo quedaría como se muestra en las ecuaciones 1, 2 y 3:

$$\text{Hrs disponibles (sin sin Tiempo Extraordinario)} = (\text{Hrs por mes})(\text{No. de operadores})$$

$$\text{Hrs disponibles (con T. E.)} = (\text{Hrs por mes con T. E.})(\text{No. de operadores})$$

$$\text{Hrs disponibles (con T. E. y sábado)} = (\text{Hrs por mes con T. E. y sábado})(\text{No. de operadores})$$

Calculando estos datos, se puede ahora pasaríamos a obtener lo requerido de acuerdo a la demanda de la cedula en análisis. Para este cálculo, sólo hace falta obtener el producto del tiempo estándar de los ensambles (por grupo) por la cantidad total de los ensambles que se necesitan, esto se puede ver representado en la ecuación 4:

$$\text{Hrs requeridas} = (\text{Tiempo estándar})(\text{No. total de ensambles})$$

3.2 Propuesta para flujo de operación del CTBC

3.2.1 WBS para implementación del CTBC

y de comprobarse la necesidad de segregar las actividades de transición en un área independiente, se estructuró una propuesta en manera de Work Breakdown Structure (WBS) donde se enlistan todas aquellas actividades necesarias para la implementación del Centro de Transiciones de Cables.

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

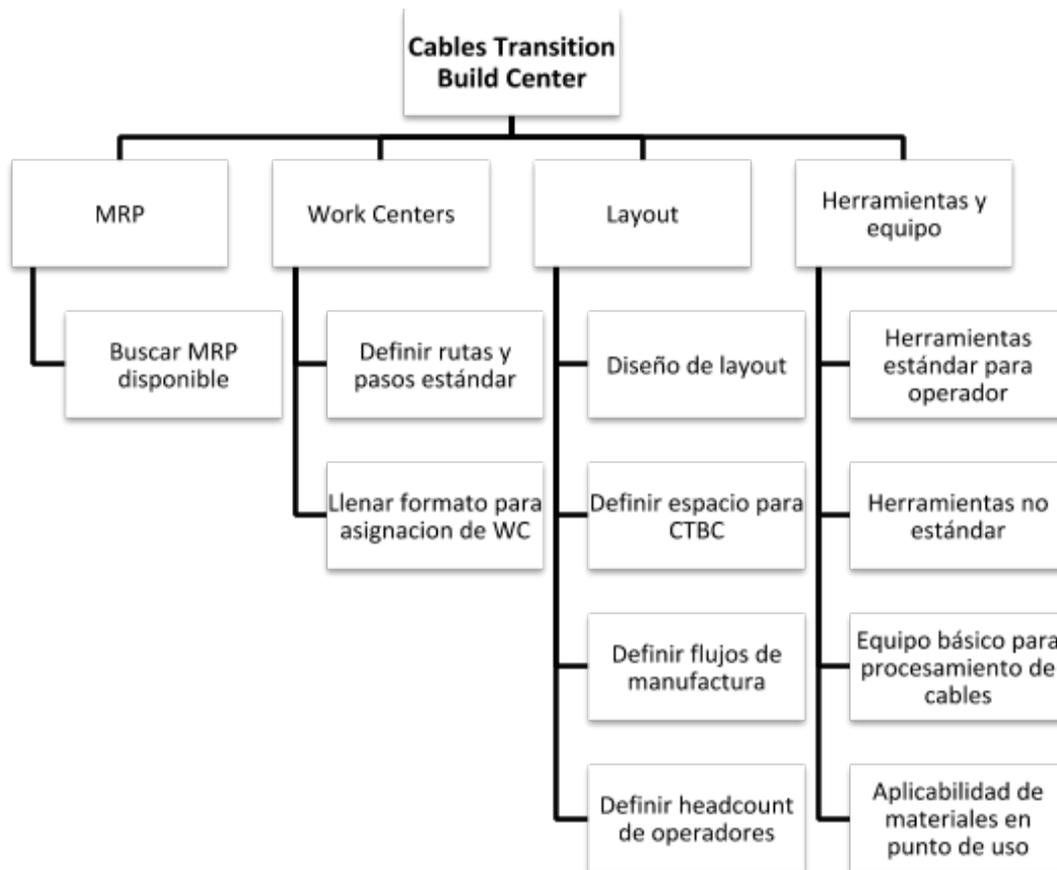


Figura 2: WBS para implementación del Cables Transition Build Center (Elaboración propia)

3.2.2 Propuesta para flujo de operación del CTBC

Una vez desglosadas aquellas actividades necesarias para establecer el área físicamente, se prosiguió a establecer el modo de trabajo que esta iba a tener, es decir, cuál iba a ser el flujo de trabajo que se iba a seguir para asegurar la transición o introducción de un cable nuevo desde su introducción en el área hasta su transferencia a las áreas de producción. Después de analizar las diferentes tareas que se realizan por parte del equipo de producción, se separaron aquellas que pertenecían a tareas diarias de producción y se enlistaron las actividades no estándar en el diagrama mostrado a continuación:

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

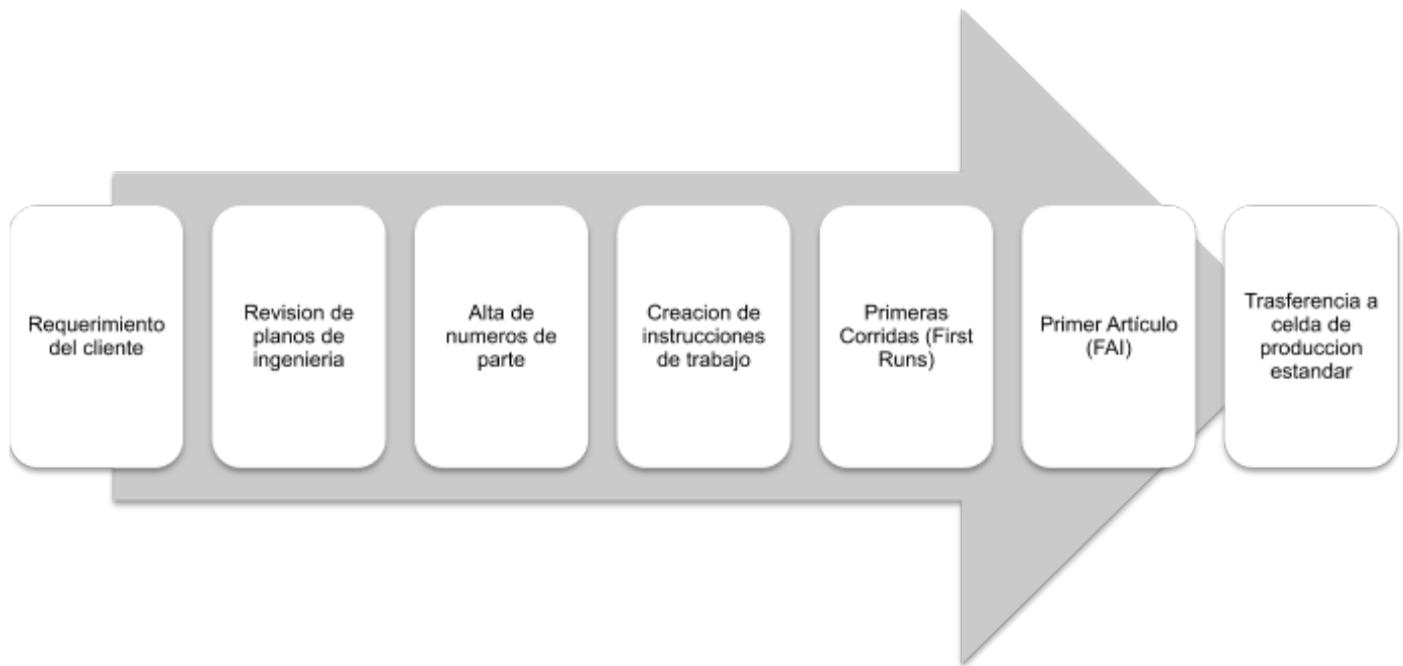


Figura 3: Flujo de operación propuesto para el Cables Transition Build Center (Elaboración propia)

Capítulo IV: Resultados

4.1 Análisis de capacidad en línea de producción actual

Al realizar el análisis de tiempos de capacidad horas/operador por los diferentes tipos de ensambles, se obtuvieron los resultados mostrados en las siguientes tablas. Primeramente, la tabla 1 muestra las horas disponibles por día, semana y mes por cada operador de la línea.

1 (Elaboración propia)

**Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial.
Caso: Collins Aerospace**

Tabla de tiempos horas/operador	
Descripción	Tiempo (Horas)
Horas por turno	8
Horas por semana	40
Horas por mes	160
Horas por semana (Tiempo extraordinario)	49
Horas por mes (Tiempo extraordinario)	196
Horas por semana (T. E. más sábado)	55
Horas por mes (T. E. más sábado)	220

Tabla 1: Horas laborales mensuales disponibles por operador

Ahora, en la tabla 2 se muestran los diferentes tipos de cables con los cuales se realizó el análisis, así como un tiempo estándar promedio para su ensamble.

2

Clasificación de ensambles	
Clasificación	Tiempo estándar promedio (Horas)
Coaxiales	0.25
Cable plano (Ribbon)	0.12
Ensamblados varios con soldadura	0.5
Ensamblados varios sin soldadura	0.5
Kits de cables	0.25
Ensamblados complejos	0.75
Ensamblados sencillos	0.5
Varios	1.2
Switches	2
Cables telefónicos	1
Spares	1.5
Abanicos	1.5

En la tabla 3, a partir de una cédula de producción mensual tomada como referencia, se mostrará el número total de productos por ensamblar con su total de horas necesarias para satisfacer esa demanda.

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

El cálculo para obtener las horas fue como se muestra en la ecuación 6:

$$Total\ de\ horas = (Total\ de\ unidades)(Tiempo\ estándar) \quad (Ec. 6)$$

Tabla 3: Horas totales mensuales requeridas por tipo de cable

Tipo	Tiempo estándar	Cantidad	Horas requeridas
Coaxiales	0.25	12,751	3,187.75
Cable plano (Ribbon)	0.12	12,509	1,501.08
Ensamblés varios con soldadura	0.5	7,467	3,733.5
Ensamblés varios sin soldadura	0.5	3,375	1,687.5
Kits de cables	0.25	3,074	768.5
Ensamblés complejos	0.75	2,708	2,031
Ensamblés sencillos	0.5	2,480	1,240
Varios	1.2	2,326	2,791.2
Switches	2	266	532
Cables telefónicos	1	114	114
Spares	1.5	63	94.5
Abanicos	1.5	51	76.5

Para ciertos productos, se cuenta con personal que manufactura en el segundo turno de igual manera, debido a que son de mayor volumen, las estaciones de trabajo están divididas en 3, por lo que cada una de las unidades listadas en las tablas de arriba se manufactura entre 3 personas, y para aquellos productos que tienen continuación en el segundo turno sería 6 operadores. Con la siguiente expresión, podemos calcular cuantas son las horas con las que se cuenta para cada producto en horario laboral normal, con tiempo extraordinario entre semana y finalmente con tiempo extraordinario en fin de semana (sábado), representado en la ecuación 3:

$$Horas_{operador} \text{ (por producto)} = (Horas\ por\ mes)(No.\ de\ operadores) \quad (Ec. 3)$$

En la tabla 5 se mostrará una comparación de las horas requeridas por los productos versus las horas disponibles de acuerdo al número de operadores

**Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial.
Caso: Collins Aerospace**

(headcount) tomado en cuenta para la línea de dicho producto. El número de operadores por cada línea de producto se puede apreciar en la tabla 4 a continuación:

Tabla 4: Número de operadores asignados por producto

Tipo	Número de operadores
Coaxiales	12
Cable plano (Ribbon)	6
Ensamblados varios con soldadura	12
Ensamblados varios sin soldadura	6
Kits de cables	2
Ensamblados complejos	6
Ensamblados sencillos	6
Varios	6
Switches	3
Cables telefónicos	3
Spares	3
Abanicos	3

Tabla 5: Comparación de horas requeridas contra horas disponibles

Tipo	Horas requeridas	Horas disponibles (Tiempo ordinario)	Horas Disponibles (T. E.)	Horas Disponibles (T. E. y sábado)
Coaxiales	3,187.75	1,920	2,352	2,640
Cable plano (Ribbon)	1,501.08	960	1,176	1,320
Ensamblados varios con soldadura	3,733.5	1,920	2,352	2,640
Ensamblados varios sin soldadura	1,687.5	960	1,176	1,320
Kits de cables	768.5	320	392	440
Ensamblados complejos	2,031	960	1,176	1,320
Ensamblados sencillos	1,240	960	1,176	1,320
Varios	2,791.2	960	1,176	1,320
Switches	532	480	588	660
Cables telefónicos	114	480	588	660
Spares	94.5	480	588	660
Abanicos	76.5	480	588	660

**Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial.
Caso: Collins Aerospace**

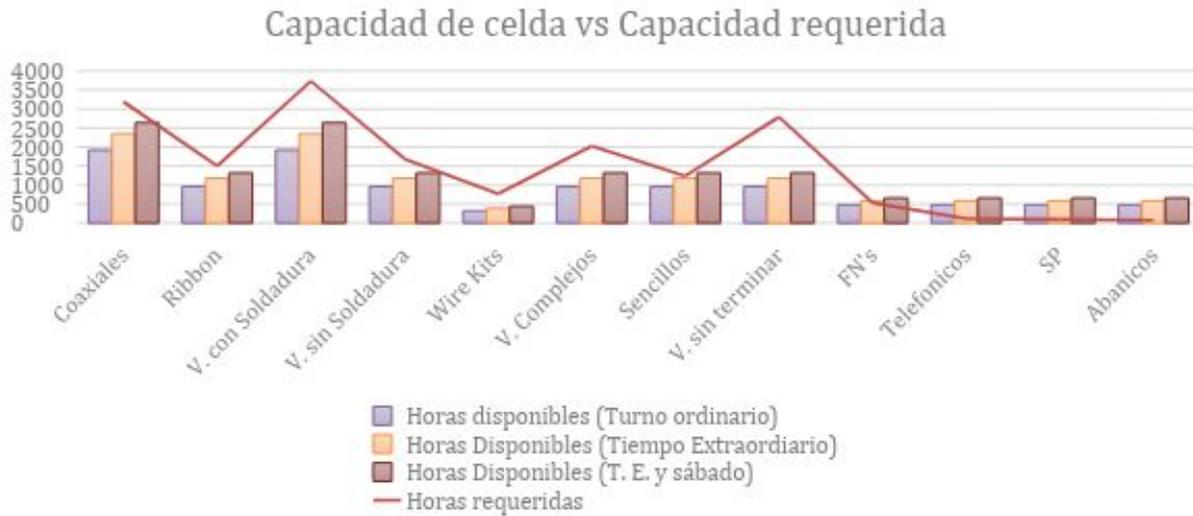


Tabla 6: Capacidad de producción de la celda contra demanda requerida por los clientes

Mediante el análisis efectuado se comprobó la sobrecapacidad a la que se enfrentan actualmente las áreas de producción estándar de cables. Este resultado demuestra la importancia de la creación de un CTBC en la empresa para mejorar los tiempos de producción de cables nuevos.

Una vez comprobada la necesidad de la creación del área de transición se proponen los pasos necesarios para la creación e implementación del mismo. Para implementar el área especializada en actividades de desarrollo de nuevos cables se siguieron los pasos descritos a continuación.

4.2 Ajustes preliminares para la implementación del CTBC

4.2.1 Ajustes preliminares para el CTBC

Para establecer el área de transiciones de cables en la planta de Mexicali, primero se necesita realizar los ajustes necesarios para ello, por lo tanto, los primeros pasos a realizar para su establecimiento son los siguientes:

- Asignación de MRP

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

- Creación de WC únicos para el área
- Implementar layout inicial
- Identificar materiales y herramientas para cada estación de trabajo

4.2.1.1 Asignación de MRP

Este número designa una identidad numérica a cada celda de producción en el sistema SAP. En la planta 1006 (Mexicali), las celdas de producción tienen un MRP asignado entre el número 800 y 900. Hay ciertos espacios o MRP's libres en SAP los cuales se pueden ver a través de un menú, se puede seleccionar cualquiera de estos. Por estandarización, preferentemente se seleccionará uno entre el rango numérico mencionado.

4.2.1.2 Creación de WC únicos para el área

Se crearán WC nuevos para el CTBC, estos designarán la localización de las operaciones a realizar y la localización a donde se deberán entregar los materiales requeridos para los ensambles, es decir, será un código que indique que las operaciones con dichos WC serán realizadas en el CTBC. Se necesitarán WC para las diferentes operaciones que maneja una ruta estándar de ensambles de cables, que sería la siguiente:

- Centro de Corte: Operaciones que implican preparación de cables
- Ensamble: Manufactura del ensamble
- Prueba Eléctrica: Prueba de validación del ensamble en cuanto a continuidad, cortos y fugas. En algunos casos prueba de alta tensión (Hipot).
- Inspección: Verificación de los ensambles respecto al dibujo de ingeniería, criterios de mano de obra, etc.

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

En algunos casos se necesitarán pasos adicionales de ensamble o prueba, sin embargo, los WC se pueden repetir en estos.

4.2.1.3 Implementar layout inicial.

Se hará un diseño inicial del área, tomando en cuenta:

- Personal operativo
- Estaciones de trabajo (centro de corte, ensamble, prueba e inspección)
- Anaqueles de químicos/herramientas
- Racks para inicios
- Flujo de manufactura
- Espacio libre de silla contra silla o silla contra pared.
- Equipos de cómputo necesarios
- Racks para materiales de centro de corte

4.2.1.4 Identificar materiales y herramientas para cada estación de trabajo.

Se hará un listado, tomando como referencia las áreas estándar de producción de cables, de las herramientas necesarias por estación de trabajo para que los operadores puedan realizar todas sus operaciones sin detener el flujo en lo posible. Asimismo, se identificarán las herramientas más especializadas que se necesitarán, tales como torques, remachadoras de alto uso, dados, pinzas, herramientas para inserción y extracción de contactos.

Se identificarán los materiales que por su alto uso puedan ser catalogados como Vendor Managed Items (VMI) para tenerlos disponibles en punto de uso. Estos

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

materiales pueden ser principalmente tornillos, tuercas, rondanas, amarres, tapes, etcétera.

4.2.2 Implementación de metodología establecida para CTBC.

Una vez teniendo el área establecida, se comenzará a trabajar en los nuevos requerimientos de ensambles de cables siguiendo la metodología de la figura 2.

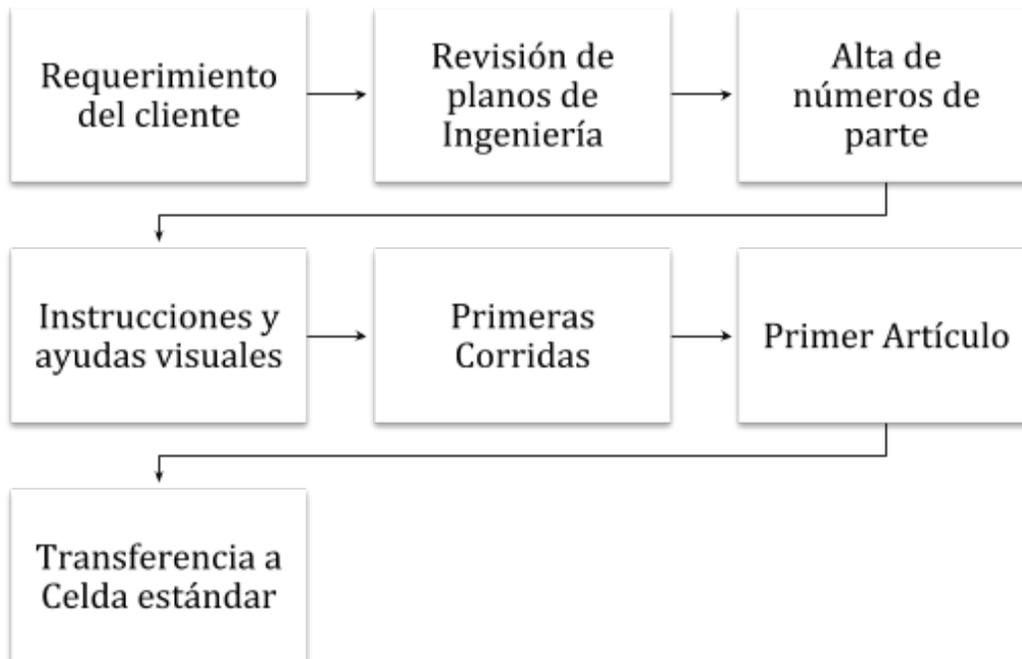


Figura 4: Diagrama de flujo del proceso a seguir en el CTBC (Elaboración propia)

4.2.2.1 Requerimiento del cliente.

Este es el proceso con el cual se inicia la introducción y/o transición de un cable a Collins Aerospace Mexicali. El cliente requiere al equipo vía correo la necesidad de construir un cable, y es en este paso también donde se dan a conocer aquellos números de parte que se desean transicionar.

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

Dentro de este paso también se revisa si se tienen los accesos necesarios al sistema PDM para ver los planos de los números de parte, de no ser así, estos son requeridos vía SAP para el caso de productos EAR. Para los productos ITAR, los planos son controlados por medio de un drive compartido, debido a que por cuestiones de nacionalidad Collins Aerospace Mexicali no tiene permiso de ver (en sistema) dichos planos.

4.2.2.2 Revisión de planos de ingeniería.

Una vez que los nuevos números de parte son dados a conocer, se procede con la revisión de estos por parte de Ingeniería con el fin de validar que el ensamble que se está requiriendo es posible de manufacturarlo, es decir, que se cuenta con la tecnología, equipos, herramientas y procesos que ya se manejan. Esta validación también incluye que las notas del plano, pictoriales, simbología y Bill de materiales (BOM) estén correctos.

Si se identifica una herramienta que no se tiene o algún otro componente necesario para su manufactura y prueba, se procederá con su respectiva orden de compra y basado en esto se podrá dar una fecha estimada de cuándo podrían entregarse las primeras muestras del ensamble.

4.2.2.3 Alta de números de parte en la planta de Mexicali

Los números de parte que se manejan en Collins Aerospace no son dados de alta para todas las plantas del corporativo, solo para las plantas que utilizaran los números de parte, por esto, cuando se busca la transición de un nuevo cable a Mexicali, después de revisar si es posible manufacturarlo, se deberá extender la información pertinente a los números de parte involucrados, ya sean números de

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

ensamble o de componentes, esto permitirá reflejar toda la información necesaria en el sistema SAP como demanda principalmente.

4.2.2.4 Creación de instrucción de trabajo y ayuda visual.

Este paso involucra todo el proceso en el cual se crean ruta, BOM, instrucciones para el operador y gráficos como ayuda visual en sistema Compass/SAP Integration (CSI).

4.2.2.5 Primeras corridas (First Runs)

Se creará demanda independiente para el nuevo número de parte del cable, la cantidad será definida por el equipo de soporte del CTBC.

Esta demanda independiente servirá para la construcción de muestras de los nuevos números de parte, donde se podrá apreciar de manera más fácil aquellos factores que no son previsible al momento de la revisión como pueden ser:

- Cantidades de cable requeridas en instrucción
- Preparaciones especiales
- Componentes que no son posibles de instalar en el ensamble
- Falta de componentes
- Equipo o herramienta faltante

El equipo determinará si estas primeras corridas podrán ser enviadas como posibles muestras o demanda requerida por el cliente, teniendo en cuenta la calidad de estas, y que la muestra es 100% conformante de acuerdo a plano de ingeniería y especificaciones, de no ser así las muestras podrán quedarse con el equipo para validación de ingeniería o procesarlas como “scrap”.

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

4.2.2.6 Primer Artículo (First Article Inspection)

El primer artículo de un producto consiste en una auditoria en donde se valida que el proceso llevado a cabo para el ensamblaje del producto, así como las instrucciones de trabajo, herramientas utilizadas y valores aplicados (torques, temperaturas para curado, etc.) sean conformantes de acuerdo al plano de ingeniería y especificaciones, comprobando así que el proceso e instrucciones son 100% confiables, y que el producto es enviado con calidad.

Esta auditoria se realiza a cada uno de los pasos de la ruta del ensamble y una vez que este es inspeccionado y aprobado por el Técnico en Aseguramiento de Calidad (QAT por sus siglas en ingles), el Primer Artículo se considera como completo y es entonces cuando es posible enviar unidades al cliente.

4.2.2.7 Transferencia a celda de producción estándar

Una vez terminada la labor de industrialización, se procede con transferir el ensamble a la celda de producción estándar, ya sea al COE de cables si se trata de clientes internos, o a PCP cuando son cables que son entregables directamente al cliente como Boeing. El ensamble es revisado y validado por el área receptora, ellos validan que todos los requerimientos tanto del plano de ingeniería como de las instrucciones de trabajo se encuentren bajo los estándares que se manejan en su área. El CTBC transferirá de igual manera todas aquellas herramientas, materiales y/o equipo necesario para la manufactura del ensamble al área receptora una vez que haya sido aceptado con el fin de que el flujo no les sea interrumpido.

Se realiza el cambio de MRP al correspondiente del área donde se va a transferir y es a partir de ese momento cuando la demanda de igual manera se transfiere al área de producción.

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

Capítulo V: Conclusiones

5.1 Conclusiones

Como conclusión podemos decir que de acuerdo a la gráfica 1 mostrada, la capacidad requerida sobrepasa en la mayoría de estos a lo que realmente la línea de producción puede soportar, estos tiempos son exclusivos de ensambles pertenecientes ya a la línea de producción, por lo que el agregar actividades de industrialización

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

afectaría considerablemente los tiempos del proceso de transición, o las prioridades ya comprometidas con los clientes.

Respondiendo a las preguntas de investigación previamente planteadas:

¿Es la capacidad de personal operativo realmente la causa raíz del retraso en la entrega de productos recién industrializados?

La respuesta es sí, la capacidad representa el problema principal de retraso en los productos a industrializar ya que, al ser unidades ya comprometidas con el cliente, no se pueden descuidar dichas prioridades y entran en conflictos con cualquier actividad adicional que se suma al equipo de operaciones, a pesar de que se cuenta con opción de tiempo extraordinario, no es el estado ideal depender de este ya que es un tiempo restringido y por lo general con menos disponibilidad por parte de un equipo de soporte tanto interno como externo.

¿Cuáles son los errores encontrados en el modelo de transición anterior al CTBC?

Uno de los errores encontrados es el diseño de la línea de producción, ya que al no tener contemplada un área especial para actividades de industrialización, y tener capacidad muy justa para sus requerimientos no hay manera de que el área soporte tales actividades sin depender de tiempo extraordinario o laborar fines de semana, es por eso que la segregación del área de transiciones CTBC se vio como algo necesario para la empresa, para así poder acelerar este proceso y tener una línea diseñada especialmente para este fin. Asimismo, se decidió tener un equipo de soporte adicional y exclusivo para el centro de transiciones debido a que el soporte dado a las celdas de producción absorbe el turno del equipo, esto por cambios y mejoras en las ayudas visuales, cambios de revisión de ingeniería en los planos, lo cual obliga a implementar dichas actualizaciones en todos los documentos y procesos aplicables, soporte a la

**Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial.
Caso: Collins Aerospace**

línea de producción en cuanto a dudas, material dañado, herramientas, procesos mal balanceados, entre otras actividades.

**Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial.
Caso: Collins Aerospace**

5.2 Recomendaciones

Durante la investigación y el desarrollo de este proyecto en la empresa, hubo ciertas lecciones aprendidas sobre problemáticas que se presentaron, a continuación, se enlistan algunas recomendaciones que de tomarse en cuenta en investigaciones relacionadas pudiesen evitar algunos inconvenientes:

1. Un análisis de capacidad en una celda de producción y/o un equipo cualquiera debería ser realizado previo a ingresar actividades o proyectos adicionales. Para esto se toman en cuenta actividades y proyectos de larga duración o que requieran una labor mas enfocada por parte del equipo

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

2. Inicialmente, durante el análisis los números de parte no estaban clasificados por grupos como se mostró en esta investigación, esto facilitó en gran parte la obtención de los resultados ya que ayudó en gran manera a leer los datos que los reportes arrojaban

3. Otra herramienta de gran ayuda para encontrar los posibles cuellos de botella, desperdicios o inconvenientes en un proceso (tanto operativo como administrativo) es el Value Stream Mapping, esta herramienta pudo ser otra opción en donde se viera de manera un poco mas visual en que partes específicamente del proceso de transición es en donde se detenía más, y de esta manera, atacar dichos desperdicios buscando un proceso más óptimo.

5.3 Trabajo futuro

A pesar de que la implementación del CTBC ya sucedió, aún quedan diversas tareas para poder mejorar tanto los procesos como los tiempos descritos en este documento, algunas tareas que quedan como trabajo futuro para el desarrollo de esta celda de producción no estándar son:

- Introducción de equipos para procesamientos de cables nuevos, esto para evaluar nuevas tecnologías que puedan mejorar la calidad de los procesos y reducir tiempos de los mismos
- La intención es tratar de igualar en lo posible la celda de producción estándar, para poder tener un flujo lo más óptimo posible siguiendo las filosofías lean ya conocidas. A pesar de que los tiempos por primeras corridas y primeros artículos serán más tardados, el diseño de una línea más adecuada y de tener la mayor cantidad de materiales a la mano pueden hacer de estos procesos un poco más rápidos, eliminando desperdicios, esperas y movimientos innecesarios.

Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial. Caso: Collins Aerospace

Referencias

De la Madrid, E. (2017). La industria aeroespacial y el despegue de la productividad en México. Revista Comercio Exterior. Recuperado de <http://www.revistacomercioexterior.com/articulo.php?id=54&t=la-industria->

Industry Forum (2018). NPI Process Pillar Workshop. Birmingham, UK. Industry Forum: Business Excellence Through Inspired People. Recuperado de: <https://www.industryforum.co.uk/training/new-product-introduction/npi-process-pillar-workshop/>

Iqwan, N., Goztepe, K., Armitage, G. (2019). Failure Mode and Effect Analysis. ACADEMIA. Recuperado de https://www.academia.edu/30238597/FAILURE_MODE_AND_EFFECTS_ANALYSIS

Kanbanize (2019). What is Value Stream Mapping? Kanbanize Software Solutions. Recuperado de: <https://kanbanize.com/lean-management/value-waste/value-stream-mapping/>

**Implementación del área de transición de cables en una industria aeroespacial.
Caso: Collins Aerospace**

McColl, R. W. (2005). Encyclopedia of World Geography. Facts on File Library of World.

Prasad, K. (2004). Economics of Industrialization. Sarup & Sons.

Rolfe, J. (2002 – 2019). New Product Development and Introduction. Francia. Dassault Systemes. Recuperado de: <https://www.3ds.com/industries/life-sciences/business-processes/new-product-development-and-introduction/>

Sittig, A (2018) Best Practices for New Product Introduction. California, E. U.: Arena Solutions. Recuperado de <https://www.arenasolutions.com/blog/post/best-practices-new-product-introduction/>

Thomas (2019). Aerospace Cable Assemblies. THOMAS For Industry. Recuperado de <https://www.thomasnet.com/articles/custom-manufacturing-fabricating/aerospace-cable-assemblies>

Zurda, T. (2019). Industria Aeroespacial: Breve reseña de la industria de la aviación. Recuperado de <https://en.calameo.com/books/004770443725ea8c200e5>