



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

**Proyectos de mejora en un
centro de manufactura de la
industria eléctrica**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniero industrial

P R E S E N T A

Liu Kane Segovia Apazza

ASESOR DE INFORME

M.I. Ricardo Torres Mendoza



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019

Contenido

1. Introducción	4
1.1 Planteamiento del problema	4
1.2 Objetivos	5
2. Capítulo I – Antecedentes y situación actual de la empresa	5
2.1 Sector eléctrico en el mundo	5
2.2 Sector eléctrico en México	6
2.3 Empresa	7
2.3.1 Historia de la empresa	7
2.3.2 Análisis de ventas de la empresa a nivel mundial	8
2.3.3 Descripción general de la empresa en México	9
2.3.4 Organigrama y actividades de la práctica profesional	10
3. Capítulo II – Proyectos realizados	13
3.1 Proyecto 1 – Balanceo de línea	13
3.1.1 Diagnóstico de la situación actual	14
3.1.2 Planteamiento del problema	19
3.1.3 Objetivos	20
3.1.4 Metodología	20
3.2 Proyecto 2 – Plan for every part	23
3.2.1 Diagnóstico de la situación actual	23
3.2.2 Planteamiento del problema	29
3.2.3 Objetivos	29
3.2.4 Metodología	30
3.3 Proyecto 3 – Embalaje	32
3.3.1 Diagnóstico de la situación actual	32
3.3.2 Planteamiento del problema	37
3.3.3 Objetivos	37
3.3.4 Metodología	38
4. Capítulo III – Resultados	41
4.1 Proyecto 1 - Balanceo de línea	41
4.2 Proyecto 2 - Plan for every part	42
4.3 Proyecto 3 - Embalaje	44
5. Capítulo IV – Conclusiones	44
5.1 Proyecto 1 – Balanceo de línea	44

5.2	Proyecto 2 – Plan for every part	45
5.3	Proyecto 3 – Embalaje	45
6.	Glosario.....	47
7.	Anexos	49
8.	Referencias.....	50

1. Introducción

A continuación se presentarán proyectos los cuales tuvieron lugar durante el tiempo que laboré en una empresa industrial del ramo de manufactura de dispositivos para medir y distribuir la energía eléctrica. Estos proyectos fueron llevados a cabo por el área de manufactura en la cual realicé mis actividades laborales durante un periodo de un año con cinco meses. Dentro de dos posiciones; como becario en el área de manufactura por 10 meses y como ingeniero especialista de procesos en MPH (Manejo y entrega de materiales, por sus siglas en inglés) los siguientes 7 meses.

Se hablará acerca de 3 proyectos, el primero enfocado directamente sobre la manufactura de los equipos que se ensamblan dentro de la planta de producción, para los cuales al momento de mi llegada a la planta de producción no se tenía estandarizado el proceso ni se conocía la capacidad máxima de producción, por lo que un mapeo de proceso y balanceo de línea era necesario para mejorar las prácticas llevadas a cabo.

Los dos proyectos restantes tienen un mayor acercamiento a los métodos de manejo y distribución de la materia prima requerida por las líneas de producción, el primer proyecto tiene un mayor acercamiento al movimiento de la materia prima del almacén hacia las líneas de producción y su almacenaje en las mismas, este proyecto derivado de la necesidad de mejorar la seguridad, eficiencia y disminuir el desabasto “fantasma” en el almacén.

El segundo proyecto tiene como enfoque el método de embalaje que se requiere para garantizar que la materia prima que entre a la planta de producción este en óptimas condiciones listas para su uso sin la necesidad de realizar traspaleo para llevarlas al almacén, la cual fue una petición por parte del equipo de recibo en la planta para disminuir sus tiempos y darle mayor fluidez al material.

Para cada uno de los 3 proyectos se utilizó un acercamiento diferente ya que debido a que los objetivos particulares de cada uno así lo proponen. De esta forma se tratará cada uno de los proyectos de manera individual explicando cuales fueron los motivos, los indicadores que se utilizaron y el desarrollo que se llevo a cabo para cada uno, de igual forma se expondrán los resultados al termino de cada proyecto para su análisis.

1.1 Planteamiento del problema

Debido a que la planta fue inaugurada poco tiempo antes de que estos proyectos se llevaran a cabo los procesos que se mudaron a esta nueva locación heredaron las deficiencias que se tenían en la planta anterior y debido a decisiones estratégicas que se tomaron al realizar este cambio de locación, que se explicarán más adelante, los métodos utilizados no eran los óptimos lo cual dejaba mucho espacio para estandarización y mejora de los procesos.

1.2 Objetivo General

Mejorar el uso de los recursos (humanos, materiales y financieros) de los siguientes procesos: proceso de ensamble en las líneas de producción, manejo de la materia prima del almacén a las líneas de producción y su almacenaje dentro de las mismas y la recepción de materia prima a las instalaciones de la planta y su posterior paso a almacén.

Objetivos particulares

- Para el primer proyecto dentro del cual se analiza el proceso de ensamblaje dentro de las líneas de producción el principal objetivo es reducir el tiempo necesario para producir un equipo y reducir los tiempos ociosos entre estaciones de trabajo.
- En el segundo proyecto se tiene como objetivo reducir el tiempo que el material se encuentra en línea de producción esperando a ser utilizado dentro del proceso.
- Para el tercer y último proyecto la reducción de material que no cumple con las especificaciones de calidad necesario para su uso así como reducir el tiempo de traspaleo para su acomodo en el almacén de materia prima.

2. Capítulo I – Antecedentes y situación actual de la empresa

2.1 Sector eléctrico en el mundo

El sector eléctrico se puede comprender en 3 grandes sectores: motores eléctricos y generadores, que comprende la manufactura de motores generadores y transformadores, equipo de distribución y control de electricidad que incluye aparatos eléctricos para la conexión y protección de circuitos eléctricos, aparatos para corte, entre otros y finalmente el segmento de alambres cables y baterías que se conforma por hilos y cables aislados, incluye manufactura de acumuladores, fabricación de lámparas eléctricas, aparatos de iluminación y otros equipos eléctricos. En la siguiente tabla se observa la producción de cada segmento en el año 2012:

Producción Mundial del Sector Eléctrico 2012	
Segmento	Producción (Mdd)
Alambres, cables y baterías	978,378
Motores eléctricos y generadores	371,770
Equipo de distribución y control de energía eléctrica	332,370
Total	1,682,518

Tabla 1|Producción mundial del sector eléctrico 2012, ProMéxico con datos de Global Insight, 2012

“Se estima que la producción mundial del sector eléctrico crecerá a una tasa promedio anual de 10.5% durante 2013 - 2020. “¹

Producción Global del sector, 2012 (MDD)				
Región	Motores eléctricos y Generadores	Equipo de distribución y control de energía eléctrica	Alambres, cables y baterías	Producción total
Asia-Pacífico	277,528	175,793	590,032	1,043,353
Unión Europea	46,821	71,339	188,377	306,537
América del Norte	25,127	31,768	97,425	154,319
Latinoamérica	6,929	4,311	24,518	35,758
Otros	15,365	49,159	78,027	142,551
Total	371,770	332,370	978,378	1,682,518

Tabla 2|Producción global del sector, 2012, ProMéxico con datos de Global Insight, 2012

La empresa en la cual realicé mis actividades profesionales tiene operaciones en todas las clasificaciones dentro del sector, así como en todas las regiones enlistadas, sin embargo en la planta de producción en la que se realizaron estos proyectos se realiza el ensamble de equipos de distribución y control de energía eléctrica.

2.2 Sector eléctrico en México

“En 2012, la producción total del sector alcanzó un monto de 28,843 mdd.

Se estima que la producción del sector eléctrico crezca a una tasa promedio anual de 7.9% durante 2013 - 2020.

En el país existen un total de 1,060 unidades económicas* especializadas en el sector eléctrico. En 2012, el sector empleó a 127,252 personas.”²

2. ProMéxico con datos de EMIM, INEGI

*Las unidades económicas se refieren a oficinas, plantas manufactureras y centros de distribución¹

Contribución del sector al PIB 2012-2018			
Año	Producto Interno Bruto	3353 - Fabricación de equipo de generación y distribución de energía eléctrica	Porcentaje del PIB
2012	15,817,755	27,386	0.173
2013	16,277,187	27,351	0.168
2014	17,473,842	33,593	0.192
2015	18,551,459	43,696	0.236
2016	20,118,101	50,062	0.249
2017	21,897,091	49,194	0.225
2018	23,517,608	52,276	0.222

Tabla 3| Contribución del sector al PIB 2012 - 2018, Autor, 2019²

Cifras revisadas

Fuente: INEGI

Fecha de consulta: 17/06/2019 17:51:36

Unidad de medida: Millones de precios a pesos corrientes

Periodicidad: Trimestral

Como se puede observar la contribución del sector eléctrico tanto en el ámbito mundial como en el nacional, si bien hablando porcentualmente tal vez no sea impactante a la vista, se debe reconocer que tiene una gran importancia en ambos.

2.3 Empresa

La empresa desarrolla tecnologías conectadas y soluciones para manejar la energía y el proceso en formas que sean seguras, confiables, eficientes y sustentables. El Grupo invierte en R&D para mantener la innovación y la diferenciación, con un fuerte compromiso con el desarrollo sostenible.

2.3.1 Historia de la empresa

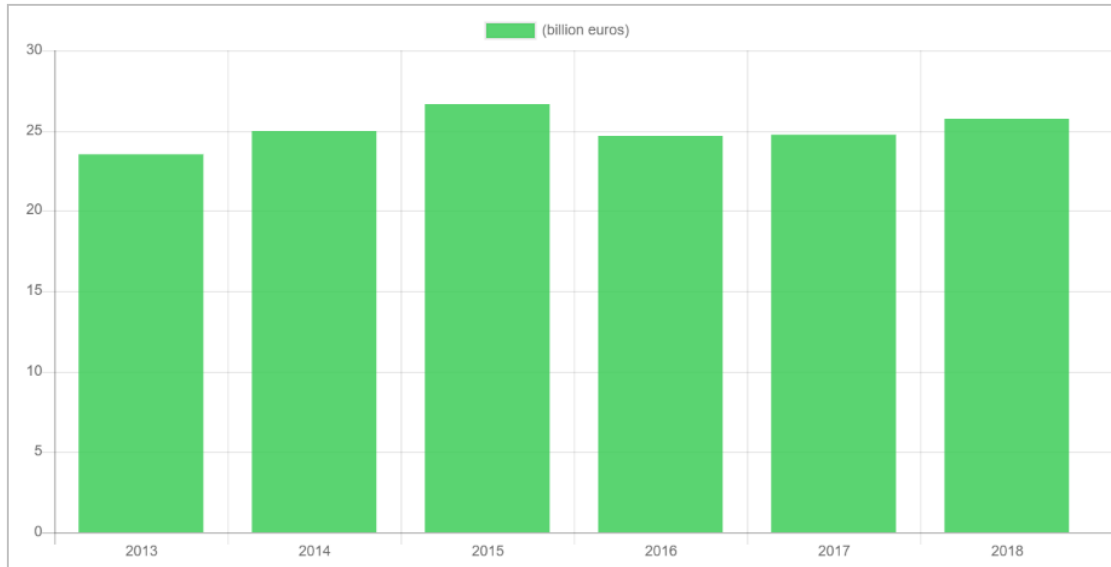
La historia de la compañía se puede entender a grandes rasgos con 9 eventos claves, los cuales comienzan en 1836 cuando los hermanos que se convertirían en los dueños de la compañía adquieren minas y fundidoras en Le Creusot, Francia. Donde dos años más tarde crean la que sería conocida como su primer compañía. En 1891 debido a que se convirtió en especialista en armamento, la empresa se lanzó al mercado emergente de la electricidad, 28 años después en 1919 la empresa se expande a Alemania y Europa Occidental mediante la Unión Industrial y Financiera Europea (EIFU, por sus siglas en inglés).

En 1949 se lleva a cabo una reestructura radical después de la segunda guerra mundial diversificando el negocio que se expandió rápidamente a nuevos mercados, incluidos los de construcción y electricidad. 26 años después de esta reestructura se adquieren acciones en Merlin Gerin, uno de los líderes en equipo de distribución eléctrica. Durante la década de los 80's y 90's la empresa retira sus inversiones en acereras y empresas de construcción naval y se enfoca principalmente en la electricidad mediante adquisiciones estratégicas, para la llegada del nuevo siglo el grupo desarrolla instalación, sistemas y control con la adquisición de otra compañía.

Durante la primera década del siglo XXI se tiene un periodo de crecimiento orgánico y de adquisiciones en nuevos segmentos de mercado: UPS (Uninterruptible Power Source), control de movimiento, automatización de edificios y seguridad. Actualmente vuelve a reforzar su posicionamiento en aplicaciones de software, energía crítica y red eléctrica.

2.3.2 Análisis de ventas de la empresa a nivel mundial

Durante los pasados 5 años la empresa se ha mantenido alrededor de los 25 billones de euros anuales (Gráfica 1):



Gráfica 1|Ingresos anuales globales, presentación interna, 2019

En la siguiente imagen (Fig. 1) podemos observar cómo se dividen las ganancias recibidas por la compañía de forma global. En dónde se puede observar que la mayor parte de la misma proviene de Norteamérica, zona dentro de la cual se encuentra incluido México.

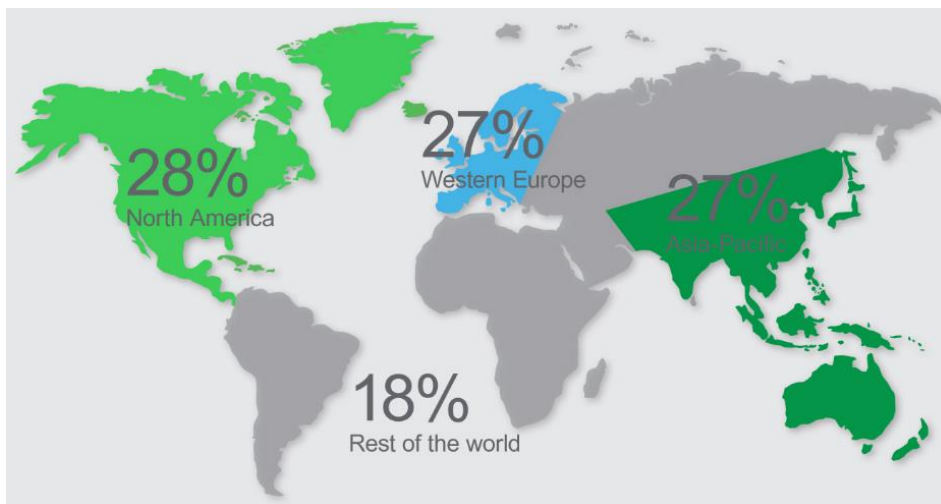


Fig 1| División geográfica por ingresos globales, presentación interna, 2017

De igual forma se pueden dividir los ingresos globales de acuerdo al tipo de negocio (Fig. 2) dentro de la empresa, los cuales se dividen en 4:

- Construcción
- Industria

- Infraestructura
- Tecnologías de la información

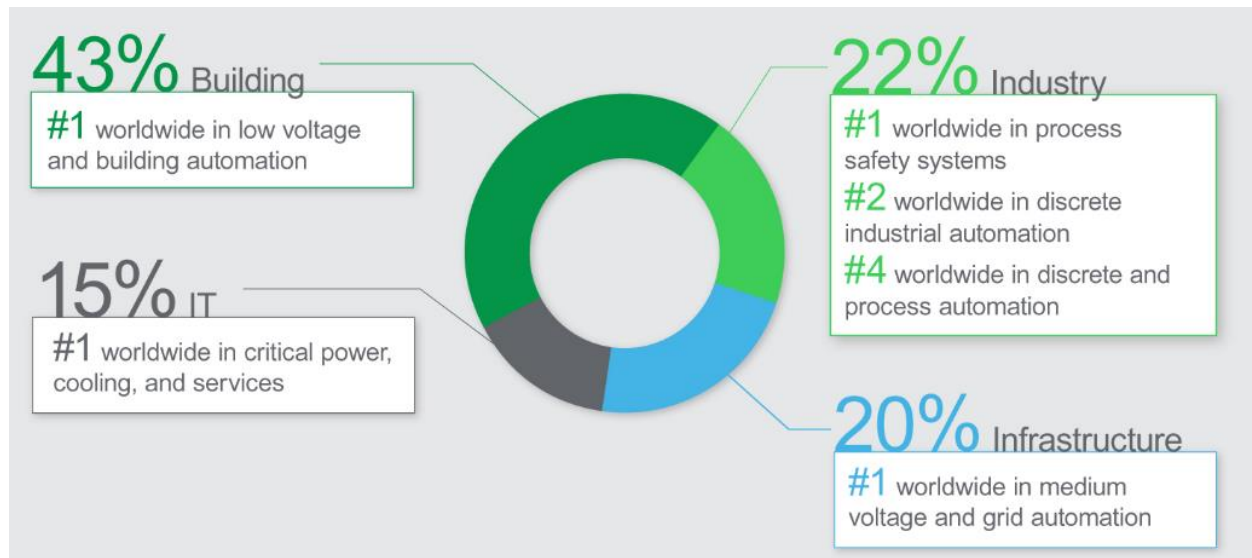


Fig 2|Ingresos por tipo de negocio y posición en cada rama, presentación interna, 2017

Como se puede observar en el año 2017 la empresa contaba con varias distinciones dentro de cada uno de los tipos de negocio en cuanto a volumen de ventas

- #1 en bajo voltaje y automatización en construcciones
- #1 en sistemas de seguridad de proceso
- #2 en automatización industrial discreta
- #4 en automatización discreta y de proceso
- #1 en medio voltaje y automatización de redes
- #1 en servicios y enfriamiento

2.3.3 Descripción general de la empresa en México

Existen plantas y centros de investigación en diversas zonas de México, el Pacífico, Nuevo León, Ciudad de México y Toluca por mencionar algunas, sin embargo dentro de estas plantas se llevan a cabo diferentes procesos ya que no todas pertenecen a la misma división, siendo así los productos que se realizan son totalmente diferentes de una planta de producción a otra.

La planta en la cual realicé mis actividades profesionales se encuentra en la Ciudad de México y forma parte del tipo de negocio de construcción, a su vez es parte de la división de MTS (hecho para almacenaje por sus siglas en inglés) de Norteamérica esto quiere decir todos los productos que se ensamblan en esta planta son producidos en masa de acuerdo a un pronóstico de la demanda sin cambiar el diseño de ningún modelo y al terminar son trasladados a centros de distribución dentro de México y Estados Unidos de América para su posterior entrega a puntos de venta.

La planta de producción fue inaugurada a mediados del 2016, sin embargo entró en operación un año antes, de esta forma podemos decir que si bien los procesos ya se llevaban a cabo en otra locación la planta es relativamente nueva. Cuenta con más de 350 personas en el ámbito operativo y a su vez más de 50 en el administrativo.

2.3.4 Organigrama y actividades de la práctica profesional

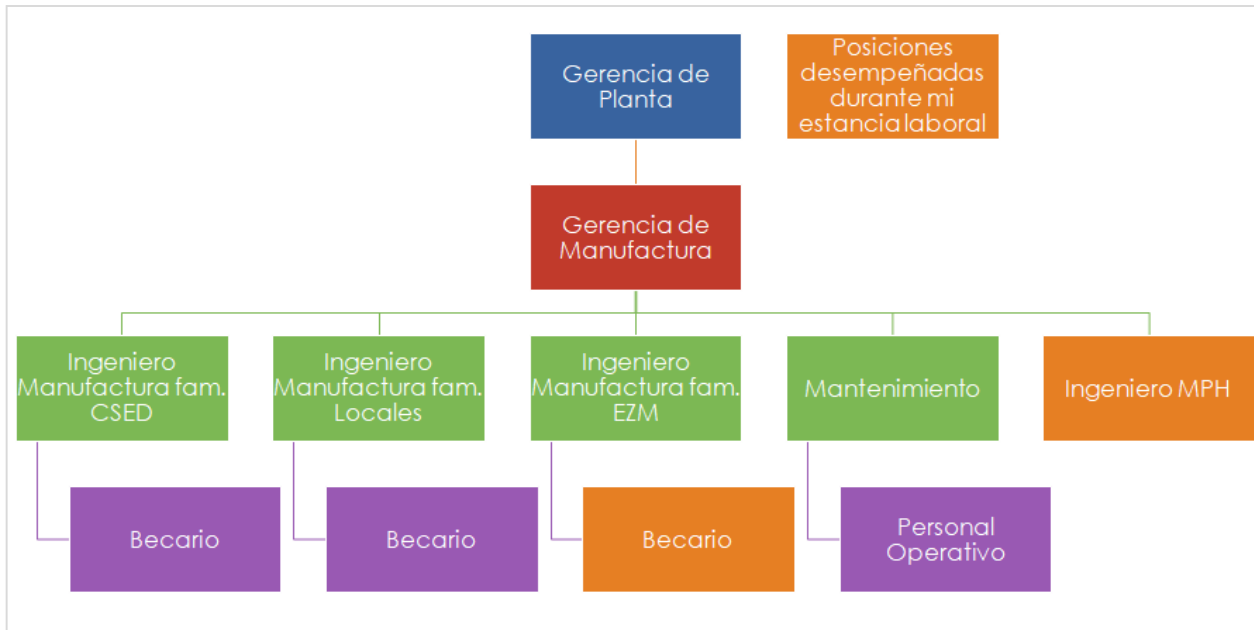


Fig 3|Organigrama Manufactura, Autor, 2019

Becario manufactura familia EZM

Inicio: 17 Octubre 2016

Fin: 31 Agosto 2017

Actividades:

Durante esta etapa dentro de la empresa comencé realizando un estudio de tiempos y movimientos con el objetivo de lograr un balanceo efectivo para las líneas de producción que eran parte de la familia de productos a la que fui asignado, de igual manera al terminar el análisis se realizaron instrucciones de trabajo para personal operativo, dado que las operaciones que realizarían pudieron ser cambiada de una estación a otra, así estas serían un apoyo para tener mayor certeza sobre que materiales y que operaciones deberían hacerse en cada estación.

Este tipo de instrucciones de trabajo se daban en dos niveles, una sería colocada a la vista de los operarios por estación la cual explicaba a grandes rasgos las actividades a realizar y el material necesario, el segundo nivel era una instrucción mucho más detallada de cómo realizar las operaciones paso por paso, así como el material necesario, las herramientas, el equipo de seguridad y algunas señalizaciones

adicionales, este tipo de instrucciones se encontraban en una carpeta por estación de trabajo las cuales eran mayormente usadas cuando personal nuevo se encontraba en entrenamiento en las líneas de producción.

De igual forma se realizaron diversos proyectos de mejora cortos y de impacto inmediato llamados Kaizen Blitz, estos surgían de alguna sugerencia o avistamiento tanto de personal operativo como administrativo, a mayoría de estos avistamientos referían a algún tema de seguridad que debía ser atendido de manera inmediata para reducir el peligro que representaba alguna actividad.

Al revisar las operaciones también se podía implementar la utilización de pokayokes o herramientas especializadas para facilitar la operación al trabajador, siendo así se hacía un llamado a proveedores de los mismos para que asistieran a observar la operación y de esta forma poder diseñar un dispositivo adecuado para satisfacer las necesidades de seguridad, de producción y del equipo de manufactura.

Casi al termino como mi periodo de becario en el departamento de manufactura se debían llevar a cabo cambios en las estructuras de los productos que estaban dados de alta en el software de la empresa, por lo cual se nos dio un pequeño curso del software y estuve encargado de actualizar algunos productos, sin embargo debido a que esta actividad se encontraba muy cercana a la fecha en la que estaba programado mi cambio de área no fue mucho tiempo el que dediqué a esta actividad.

En la tabla 4 se puede observar la distribución en porcentaje del tiempo que se utilizó para llevar a cabo las actividades descritas previamente

Actividad	Porcentaje de tiempo
Estudio de tiempos y movimientos	30%
Creación de ayudas visuales para personal operativo	25%
Atención a proveedores de herramientas y poka yokes	25%
Participación en proyectos Kaizen Blitz	15%
Creación de rutas en software interno	5%

Tabla 4| Relación de tiempo asignado para las actividades del primer periodo, Autor, 2017

Ingeniero Especialista en Procesos (Manejo y entrega de material)

Inicio: 4 de Septiembre 2017

Fin: 23 de Marzo 2018

Actividades:

Durante mi segunda etapa dentro de la empresa mis responsabilidades y actividades aumentaron y sin bien no cambié de departamento, ya que seguía dentro del departamento de manufactura, mi área de enfoque sí fue diferente, en esta nueva fase me centré más en los materiales, específicamente en su manejo interno.

Dentro de este manejo interno se comprende el movimiento de materia prima del almacén hacia las líneas de producción, así como el transporte del producto terminado (acomodado en tarimas) al área de empaquetado y embarques, a su vez debía revisar los métodos de embalaje utilizados para ambos tipos, materia prima y producto terminado, siendo el primero un tanto más complejo debido a que al realizar una propuesta de cambio al método actual este debía ser validado por el proveedor de dicho material, lo cual podía tardar o simplemente ser rechazado por lo cual en varias ocasiones este cambio requería una visita a la planta del proveedor para observar el proceso.

Debido a que uno de los principales objetivos que se tenían dentro del área de almacén, con la cual tuve un mayor acercamiento en esta nueva etapa enfocado a materiales, era el reducir el espacio que era ocupado por la materia prima revisar el embalaje de todos los catálogos almacenados era una actividad que llevé a cabo con regularidad, para lo cual el personal de almacén me proporcionó una lista con los materiales que se debían revisar con mayor urgencia.

Para el manejo de producto terminado se determinó que se debía implementar un método diferente al del montacargas ya que era inseguro que este ingresara al área productiva ya que debido al movimiento dentro de la misma existía una mayor probabilidad de que un accidente sucediera. Se realizó un benchmarking interno, ya que algunas otras plantas habían adoptado un nuevo método, sin embargo se debió realizar unas adecuaciones al mismo debido a las necesidades propias de la planta de producción, debido a que fue un cambio drástico para las líneas de producción se llevó un tiempo considerable para llevar a cabo esta implementación, principalmente por la resistencia al cambio por parte del personal operativo y a su vez debido a regulaciones por el personal de seguridad.

En este nuevo rol la implementación del PFEP (Plan For Every Part) fue el proyecto en el que tuve que dedicar la mayor parte del tiempo, incluso en el momento en que terminé relaciones laborales con la empresa aun quedaban líneas de producción por analizar, de este proyecto se hablará con mayor detalle más adelante.

A su vez debí atender llamados por el personal de seguridad el cual tenía hallazgos de situaciones que podrían generar un riesgo para personal operativo, principalmente por la altura de la estiba de materia prima, estos hallazgos debían ser mitigados de forma inmediata para asegurar el bienestar de personal en planta.

De igual forma en esta nueva etapa participé en proyectos Kaizen Blitz ahora aportando como parte del equipo de materiales para mejoras rápidas dentro de las líneas de producción, generalmente aplicando 5S's y mejorando ergonomía dentro de las mismas.

Se desarrolló un proyecto VSM en conjunto con una planta que forma parte de la empresa localizada en Tlaxcala debido a que su nivel de servicio había decaído de forma importante debido a que el material llegaba muy dañado debido al movimiento

relativo del material ocasionado por las vibraciones dentro de la caja de transporte para el cual fueron necesarios cambios de embalaje y diversas pruebas de aceptación.

En la tabla 5 se especifica la distribución de tiempo que se le asignó a cada actividad descrita anteriormente:

Actividades	Porcentaje de tiempo
Plan para cada parte	30%
Embalaje	20%
Implementación metodología de entrega	30%
Mejoras de seguridad	10%
Proyectos diversos	10%

Tabla 5|Relación de tiempo asignado para actividades del segundo periodo, Autor, 2017

3. Capítulo II – Proyectos realizados

Se hablará de cada uno de los proyectos individualmente sin embargo la estructura de presentación en este documento es la misma para los tres proyectos que a continuación se describen, la cual inicia con una introducción al proyecto, seguida de un diagnóstico de la situación, planteamiento del problema, objetivos y metodología. Los resultados se mostrarán y analizarán en el Capítulo 3 del presente documento.

3.1 Proyecto 1 – Balanceo de línea

Al tratarse de una planta de ensamble de productos estándar, es decir que no se hacen modificaciones de diseño a ninguno de los modelos que ahí se ensamblan la variedad de productos se tiene bien identificada, por lo cual dentro de la planta se tienen divisiones de estos productos por familias, tres en total, tomando en cuenta principalmente la distribución de los productos terminados, así como la complejidad de los mismos.

Cada una de estas 3 familias cuentan con varias líneas de ensamble, esta división se llevó a cabo debido a que el uso, los materiales usados y las dimensiones de los equipos pueden variar considerablemente aun dentro de las familias establecidas, de esta forma cada línea de producción tiene asignado determinado número de modelos para producción, dentro de estas líneas de ensamble también se tienen familias de productos, estas divisiones se llevaron tomando en cuenta el proceso, ya que la variación de algunos modelos entre sí es mínima, como puede ser la sustitución de un componente por otro o incluso los elementos pueden ser de la misma geometría sin embargo el material del que está hecho es diferente. Esta división se realiza con la intención de simplificar denominaciones y objetivos, tales como la tasa de producción por hora y las instrucciones de trabajo y de entrenamiento. Así durante este proyecto se trabajó sobre una línea de producción en específico.

3.1.1 Diagnóstico de la situación

3.1.1.1 Descripción del sistema

Dentro de la planta CDMX se cuenta con 26 líneas de producción divididas, como se había mencionado anteriormente, en 3 familias, EZM, CSED y Locales, con 8, 7 y 11 líneas de ensamble respectivamente, esto sin mencionar las líneas de subensamble.

EZM	CSED	LOCALES
MPAK	125A	NQ14
RES125	32"	CC1
CAN/RES225	22K	CC2
COM	R300	DUCTO
TBOX	SURF	GAB
KEZM	SEMI	NQC
SPAK	R100	COMPAC
MAIN		13T/BUCKET
		MICHEL
		I-LINE
		ATRN

Tabla 6|Líneas de producción por familia, Autor, 2017

Las líneas de subensamble fueron creadas debido a que existen ciertos elementos que se compartían de un modelo a otro, estos pueden ser dentro de la misma línea de producción o incluso entre diferentes líneas, estos elementos tienen un proceso previo al ensamblado en el producto final, ya sea la colocación de 1 tornillo por remachado, la necesidad de colocar un aislante en un conector o algún proceso relativamente sencillo pero que requiere de cierto equipo específico el cual necesitaría espacio dentro de la línea y haría más complicado y largo el proceso de ensamblado final dando como resultado una tasa de producción más lenta.

En cuanto a la variación entre estas 3 grandes familias comprende el uso, dimensiones, complejidad y el sector global para el cual es exportado. Dentro de este trabajo nos enfocaremos en la familia de EZM ya que el análisis de tiempo que se realizó fue para MPAK una de las líneas de ensamblaje de esta familia.

Para EZM la mayor parte de los productos están enfocados en la multimedición de la energía eléctrica que se suministra a un determinado sector por lo cual estos equipos son principalmente usados para complejos habitacionales e industriales, estos equipos en su mayoría son distribuidos a América del Norte (Estados Unidos y Canadá) y tienen el más alto nivel de complejidad dentro de la planta.

Al momento en que comencé a laborar en la empresa el proyecto de balanceo de líneas ya había comenzado, se tenían 4 ingenieros (becarios) realizando el estudio de

tiempos divididos en las líneas de ensamble, esto debido al gran número de modelos que se tienen por línea.

3.1.1.2 Indicadores de desempeño

Para las líneas de producción se tienen diferentes indicadores, dentro de los cuales podemos mencionar los indicadores de calidad (DPMO), los indicadores del nivel de servicio (usado y monitoreado por el equipo de MPS) y el indicador de eficiencia llamado KE, el cual es propiedad del departamento de manufactura de la planta, dentro del cual desempeñé mis actividades profesionales. Este indicador se calcula de la siguiente forma

$$KE = \frac{P.R.}{P.P.} \times O.KE$$

En dónde:

- KE = Indicador de Eficiencia
- P.R. = Producción real durante el turno productivo
- P.P. = Producción planeada de acuerdo a la tasa de producción de los modelos programados
- O. KE = Es el objetivo de producción que se tiene establecido, en este caso es 90

Como se puede ver dentro de este indicador de eficiencia es necesario tener bien establecida la tasa de producción para los modelos que corren dentro de la línea con la intención de que este indicador refleje correctamente el funcionamiento de la línea.

Antes de comenzar con el proyecto la tasa de producción estaba determinada de forma empírica por el supervisor de producción, sin tener real conocimiento de la capacidad real de la línea de producción por lo cual la información que éste arrojaba no era confiable en lo absoluto.

A su vez la necesidad de realizar este proyecto viene debido a que la enseñanza del proceso se transmitía de un operador a otro, es decir, de forma empírica por lo cual se dependía en gran cantidad del personal de experiencia para llevar a cabo el ensamble correcto dentro de la línea de producción.

Por lo cual en este proyecto también se incluyó la realización de OWS y JBS para los operadores de línea.

Tanto las OWS como las JBS son ayudas visuales con las cuales se tiene la intención de ayudar a los operadores que no tienen tanto conocimiento de las líneas de ensamblaje, en estas se incluyen imágenes del proceso real, la lista de material necesario por estación de trabajo, una descripción del proceso que se realiza y símbolos los cuales dan al operador conocimiento del equipo de protección necesario para realizar la tarea en cuestión así como de operaciones en las cuales se debe tener especial atención debido a que podrían representar un reclamo de cliente.

La diferencia entre OWS y JBS radica en el detalle de la descripción del proceso, ya que las OWS son más generales, esto con la intención de no saturar de información la ayuda visual, de forma que sea de una lectura más fácil y rápida en la estación de trabajo. Las JBS son usadas por los entrenadores cuando se tiene una duda específica sobre el ensamble, ya que la descripción del proceso es muy detallada tanto en la cantidad de los materiales y el cómo y por qué de la realización de la actividad.

3.1.1.3 Estado previo al proyecto

La línea de producción donde se realizó el análisis de tiempo se conoce como MPAK, posee 5 estaciones de trabajo y usualmente la cantidad de personal operativo de la línea es de 5, llegando a aumentarse a 10 dependiendo de la demanda que se tenga registrada para el mes corriente por el equipo de MPS.

Para realizar el mapeo de proceso se utilizó una video cámara para grabar las actividades que realizaba el operador, estos videos nos ayudaran a su vez para realizar las ayudas visuales que se requieren dentro del proyecto.

La línea de producción cuenta con 4 familias de productos, para efectos demostrativos se mostrarán los resultados de 2 familias de productos ya que el procedimiento que se realizó es el mismo para todas.

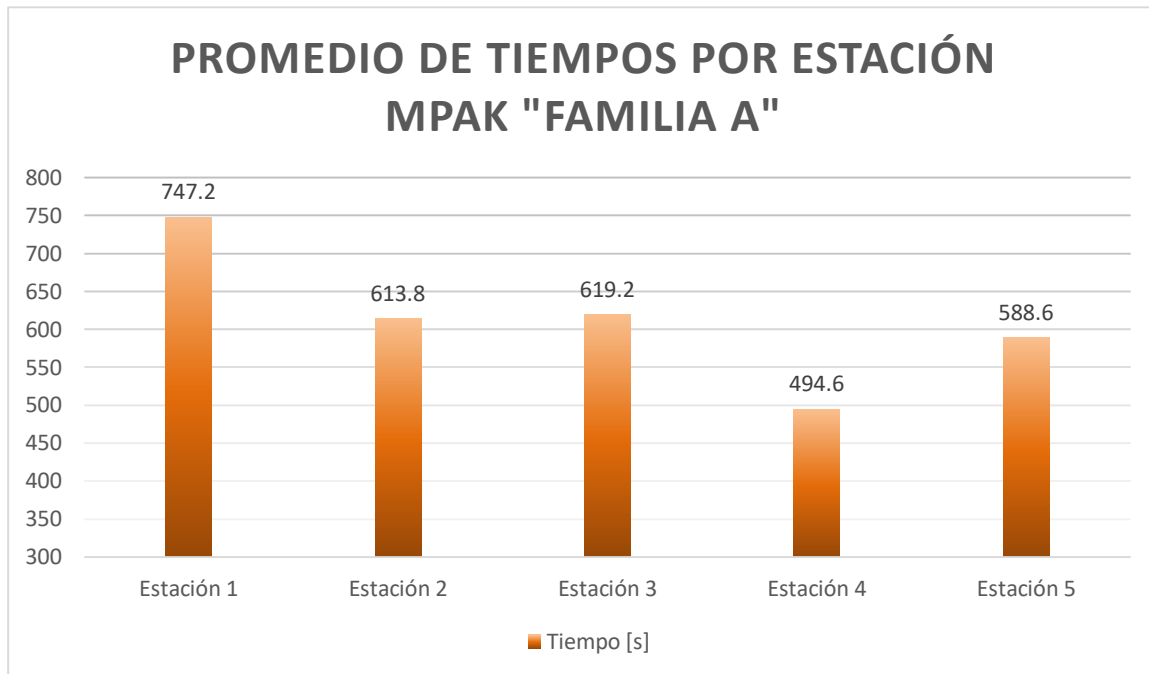
Se tomó video de todas las estaciones para los modelos elegidos, así se pudo realizar el mapeo de proceso requerido por familia a su vez se realizó la toma de tiempos de las actividades, este proceso de toma de tiempos se realizó un número de veces determinado por el jefe de área de forma que sean representativos del proceso.

A continuación se muestran los tiempos por estación de trabajo, estos tiempos fueron afectados por un factor de conversión debido a la confidencialidad que requiere la compañía.

FAMILIA A

Tiempos Meter Pack “Familia A”						
	T1	T2	T3	T4	T5	PROMEDIO
EST. 1	735	746	764	751	740	747.20
EST. 2	622	601	631	604	611	613.80
EST. 3	598	632	615	633	618	619.20
EST. 4	511	477	482	505	498	494.60
EST. 5	590	583	587	594	589	588.60
					SEG	3063.40
					MIN	52.06

Tabla 7|Tabla de tiempos “Familia A” para línea de producción Meter Pack, Autor, 2017

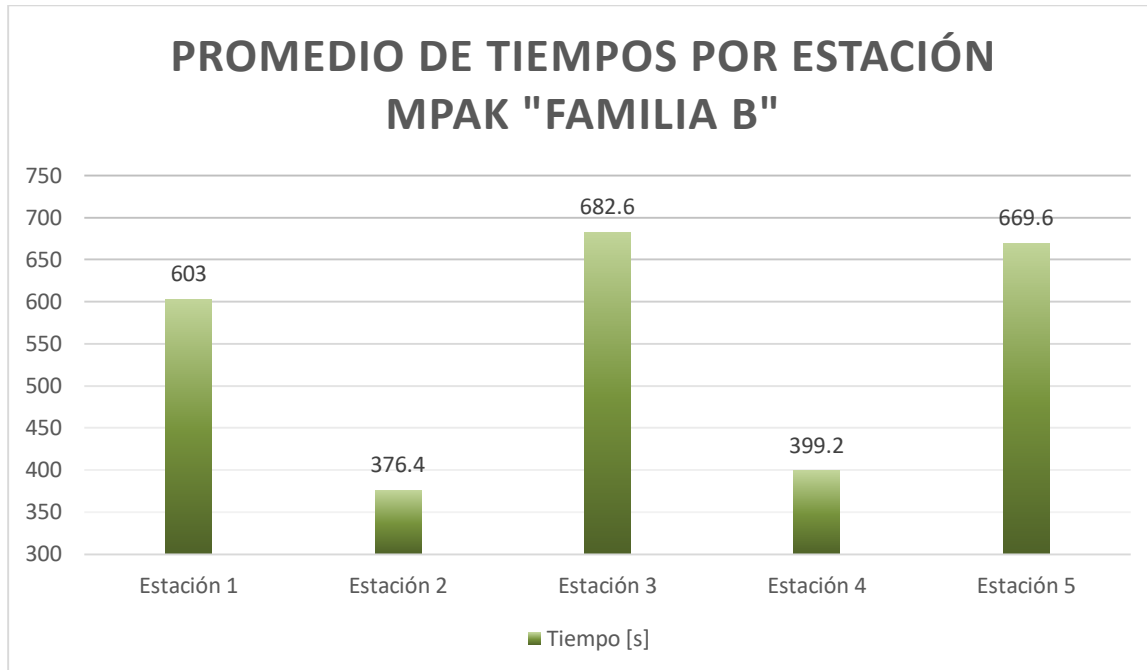


Gráfica 2|Promedio de tiempos para la línea de producción Meter Pack, Autor, 2017

FAMILIA B

Tiempos Meter Pack "Familia B"						
	T1	T2	T3	T4	T5	PROMEDIO
EST. 1	636	570	582	607	620	603.00
EST. 2	331	405	376	391	379	376.40
EST. 3	715	700	678	633	687	682.60
EST. 4	405	420	379	382	410	399.20
EST. 5	627	700	708	665	648	669.60
					SEG	2730.80
					MIN	45.51

Tabla 8|Tabla de tiempos "Familia B" para línea de producción Meter Pack, Autor, 2017



Gráfica 3|Promedio de tiempos por estación MPAK “Familia B”, Autor, 2017

3.1.1.4 Análisis y diagnóstico

Una vez terminado la toma de tiempos y el mapeo de proceso podemos observar en las gráficas que la distribución de actividades por estación no está balanceada, lo cual provoca una mayor carga de trabajo en ciertas estaciones y tiempos muertos en las restantes.

Este desbalanceo de actividades quiere decir que la capacidad de la línea no se está aprovechando completamente lo cual afecta el indicador de servicio ya que se puede atrasar la entrega de una orden al cliente.

De igual forma estos tiempos muertos en estaciones, vistos desde el punto de vista salarial, significarían que de un operador a otro se está realizando la misma compensación económica sin embargo la carga de trabajo podría llegar a ser el doble.

Cómo se mencionó en el análisis existe una gran diferencia entre los tiempos de estación a estación, lo cual provoca que la estación que tiene el mayor tiempo de producción es la que dicta el ritmo a la cual se terminarán los equipos.

La tasa de producción se calcula de la siguiente forma:

$$TP = \frac{3600 [S]}{t[s]_{\max}}$$

En dónde:

- TP = Cantidad de productos que se producen en 1 hora
- 3600 = Segundos en una hora

- T_{max} = Tiempo más alto de las estaciones de trabajo

Así obtenemos para la Familia A:

TAZA DE PRODUCCIÓN "FAMILIA A"	
Tiempo max [s]	TP [equipos/hr]
747.20	4.81

Tabla 9|Cálculo de la tasa de producción "Familia A", Autor, 2017

De la misma forma, para la Familia B

TAZA DE PRODUCCIÓN "FAMILIA B"	
Tiempo max [s]	TP [equipos/hr]
682.60	5.27

Tabla 10|Cálculo de la tasa de producción "Familia B", Autor, 2017

Debido a que no se puede producir una cantidad incompleta del equipo ambos resultados se deben redondear al número inmediato inferior, es decir, 4 y 5 equipos respectivamente.

Tomando en cuenta este tiempo máximo tenemos que por cada equipo que se produzca en la línea se tendrá en total un tiempo de 672.6 [s] para la "Familia A" y de 682.2 [s] para la "Familia B" en el cuál los operadores no tendrán actividades debido al cuello de botella que representa la actividad de mayor tiempo.

Durante la semana se trabajan 45 hrs (sin contar horas extra), utilizando la tasa de producción que se calculó anteriormente se tienen 180 equipos por semana para la Familia A y 225 para la Familia B.

De esta forma si se ensamblara la Familia A durante la totalidad de la semana se tendrían 121,068 [s] perdidos por los operarios, es decir 33.63 [hrs-hombre] lo que en términos salarial, tomando un salario promedio de \$18.33 MXN por hora, representa la pérdida de \$616.43 MXN por semana por operario debido a la inactividad por el balanceo inadecuado.

Para la Familia B se tendrían 153,495 [s], 42.63 [hrs-hombre] y finalmente \$781.40 MXN.

3.1.2 Planteamiento del problema

Al ser una planta de reciente inauguración, el proceso se realizaba de manera empírica, de la misma forma que se realizaba en la planta anterior, es decir, sin un estudio de tiempos, por lo cual no se conocía cual era el nivel de producción que se debería tener con determinado número de personal en línea, a su vez las actividades

que realizaba cada uno de los operadores no estaba definida por lo cual la carga de trabajo no era la misma para todos los operadores de la línea.

3.1.3 Objetivos

Al implementar este proyecto se buscaba aumentar la producción reduciendo los tiempos muertos en estaciones, minimizando el personal necesario para la línea de ensamble y cumplir con los requerimientos de producción de esta forma mejorando tanto la capacidad como la eficiencia de la línea de ensamble. A su vez al analizar los procesos llevados a cabo dentro la línea se esperaba tener la capacidad de definir acciones que se pudieran realizar como un subensamble, ya sea para que se realice en una estación previa a la línea de producción (dentro del área delimitada para la misma) o bien, si se observa que ese ensamble (o uno similar) se realiza en otras líneas de producción se analizará la opción de realizar una línea de subensamble en donde se realicen los ensambles de las líneas en cuestión para que se surtan directamente en la línea de producción.

3.1.4 Metodología

Para realizar estas mejoras se tomó la decisión de realizar un estudio de tiempo propio para cada estación de trabajo, utilizando los suplementos necesarios para tener una medida de tiempo que nos permitiera realizar el balanceo de las estaciones de trabajo de la mejor forma posible.

Al terminar de tomar las muestras de tiempo para cada estación y actividad descrita en el diagrama de procesos se procedió a calcular el tiempo estándar, calculando el promedio de las observaciones, adicionando el factor de complemento adecuado para cada actividad, obteniendo así el tiempo normal después de lo cual se adicionaron los suplementos necesarios, obteniendo así el tiempo estándar para cada actividad.

Una vez que se tenían estos tiempos estándar por actividad dentro del diagrama de procesos se procedió a hacer un balanceo de la línea, partiendo de la restricción física que se tenía, es decir las 5 estaciones que se tienen para la línea de producción. Esta decisión se realizó tomando en cuenta que para realizar un cambio en la infraestructura de la línea se requiere de una inversión considerable así como de un plazo mayor de tiempo.

De esta forma se propuso una nueva forma de llevar a cabo el proceso, con un mejor balance en las actividades que realiza cada operador, de forma que se garantice una producción más fluida, con menos tiempos muertos por operarios y una carga de trabajo mejor distribuida, de forma que el cansancio no se reflejé más a quienes realizan cierto tipo de operaciones.

Al realizar este balanceo se debe tomar en cuenta que aun cuando la intención de que todas las estaciones de trabajo tengan exactamente el mismo tiempo de producción, esto para que el ritmo sea el mismo en todas, no es práctico llegar a este punto en muchas ocasiones, ya que algunas de las actividades no tendría un beneficio cortarlas

a medio proceso, por ejemplo, si se está colocando un componente al equipo que utiliza 15 tornillos carece de funcionalidad el hecho de dividir la actividad separando la colocación de 5 tornillos para un operario y la colocación de los restantes para otro, ya que esto daría pie a que no se realice el ensamble correctamente, de forma que la actividad se quedará en la estación que, sin contar esa actividad, tenga menor tiempo, así aun cuando la distribución de actividades no sea exacta se tendrá una carga de trabajo más balanceada.

Una vez asignadas las actividades se observa cuál es la estación que tiene las actividades con más tiempo, es decir, la que tarde más, esta estación dictará el ritmo de la línea, ya que será el cuello de botella.

A continuación se mostrarán las tablas de tiempos estándar para las familias A y B con el factor de cambio debido a la confidencialidad, el factor de complemento promedio por estación, los suplementos y finalmente el tiempo estándar por estación sin balancear las actividades.

Familia A

Tiempos estándar Meter Pack “Familia A”					
Estaciones	Promedio lecturas	FC	TN	S	TE
EST. 1	747.2	0.9	672.48	1.18	793.53
EST. 2	613.8	0.95	583.11	1.17	682.24
EST. 3	619.2	1	619.2	1.17	724.46
EST. 4	494.6	1.02	504.49	1.17	590.26
EST. 5	588.6	1.02	600.37	1.07	642.40
				SEG	3432.89
				MIN	57.22

Tabla 11|Cálculo de Tiempo Normal y Tiempo Estándar para “Familia A” Meter Pack, Autor, 2017

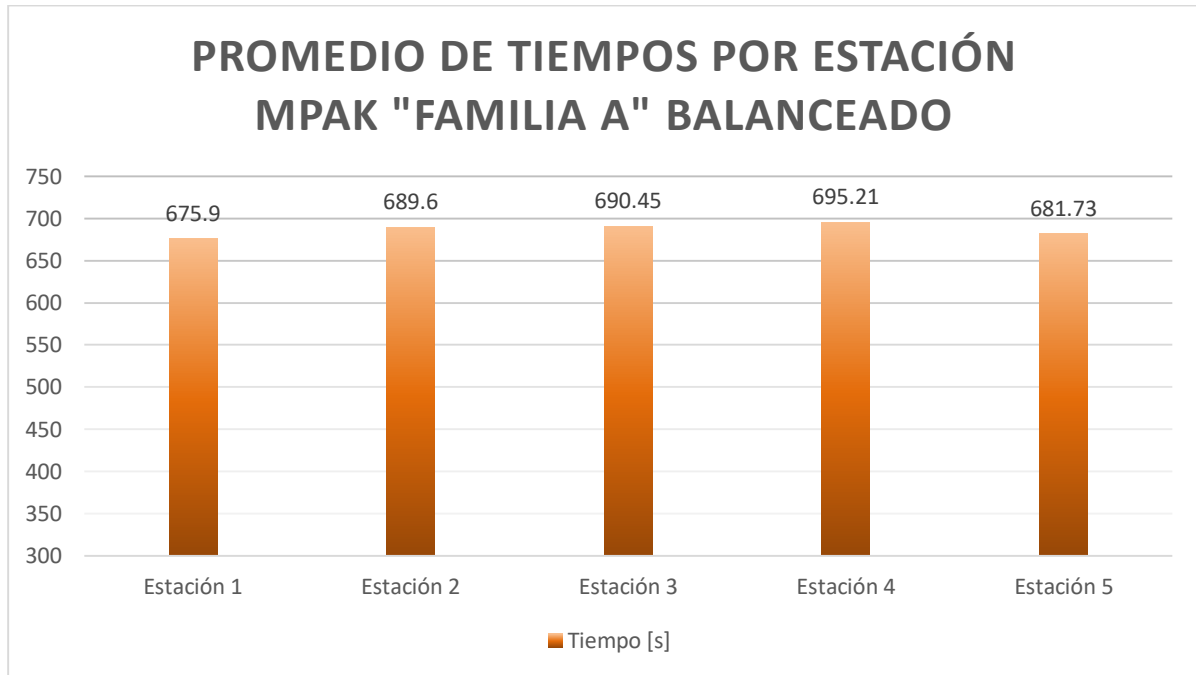
Familia B

Tiempos estándar Meter Pack “Familia A”					
Estaciones	Promedio lecturas	FC	TN	S	TE
EST. 1	603	1	603	1.09	657.27
EST. 2	376.4	0.95	357.58	1.11	396.91
EST. 3	682.6	0.87	593.86	1.15	682.94
EST. 4	399.2	1.02	407.18	1.17	476.40
EST. 5	669.6	0.96	642.82	1.13	726.39
				SEG	2939.91
				MIN	48.99

Tabla 12|Cálculo de Tiempo Normal y Tiempo Estándar para “Familia B” Meter Pack, Autor, 2017

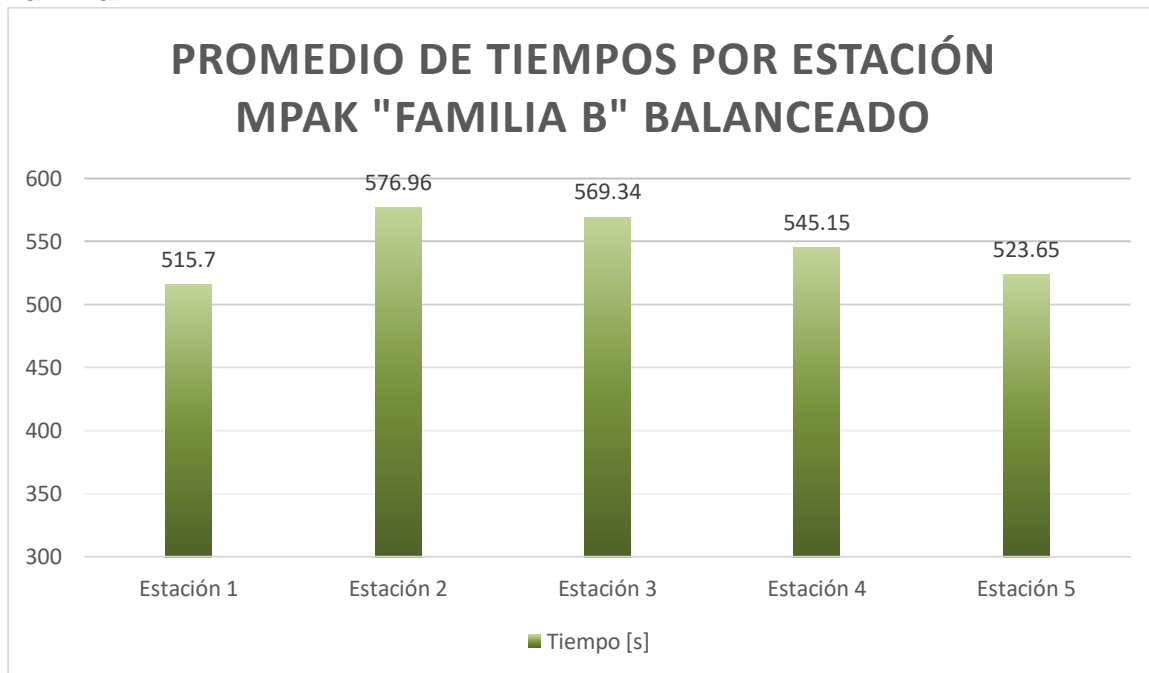
Una vez realizado estos cálculos se procede a realizar el balanceo de actividades para las familias A y B de la línea de producción MPAK, debido a que el proceso de ensamblado es confidencial sólo se mostrará el tiempo por estación después del balanceo.

Familia A



Gráfica 4|Promedio de por estación después del balanceo “Familia A” Meter Pack, Autor, 2017

Familia B



Gráfica 5|Promedio de por estación después del balanceo “Familia B” Meter Pack, Autor, 2017

3.2 Proyecto 2 – Plan para cada parte (PFEP por sus siglas en inglés)

Al mudar las operaciones a la nueva ubicación de la planta lo que respecta a materiales, es decir el surtido y manejo dentro de las líneas, que su vez afecta el almacén de materia prima, fue dejado en segundo plano, ya que la principal preocupación era continuar con la producción sin interrupciones para cumplir con las órdenes de los clientes, esto claro sin descuidar la calidad.

Se tomó la decisión de poner los materiales necesarios dentro de las líneas sin hacer un análisis adecuado, lo cual llevó a exceso de material en los contenedores colocados.

Algunos de los problemas que esto ocasiona refieren al espacio dentro de los racks de las líneas, afectando a su vez la arquitectura de la línea ya que esto obligaba a hacer las estaciones de trabajo más grandes de lo que necesitan ser, a su vez su disposición dentro de la línea no contaba con un análisis ergonómico debido a su uso, ya que para un equipo la cantidad de un componente determinado puede variar en gran medida, es decir el uso entre un tipo de tornillo y otro puede variar en proporción de 10:1 por lo cual si el que se utiliza con mayor frecuencia no se encuentra en una zona de fácil acceso complicaría el uso del mismo.

De la misma forma las dimensiones de los componentes varían dependiendo de los modelos de cada línea, por lo que las dimensiones pueden llegar a cambiar lo cual debido a la cantidad de material puede provocar un problema de seguridad y ergonomía si el peso aumenta en gran medida.

3.2.1 Diagnóstico de la situación actual

3.2.1.1 Descripción del sistema

Con el objetivo de garantizar que la línea de producción tuviera el material necesario para continuar producción se utiliza un sistema similar al kanban en el cual se tienen dos contenedores por pieza (tornillos, aisladores, tuercas, etc.) uno detrás de otro, de esta forma al acabarse el contenedor frontal el operador puede tomar el contenedor vacío y colocarlo en el retorno para que el personal de almacén surta el material mientras el personal de línea toma el material necesario del nuevo contenedor el cual se desliza en su misma posición para colocarse en la parte frontal dentro en el rack de material.

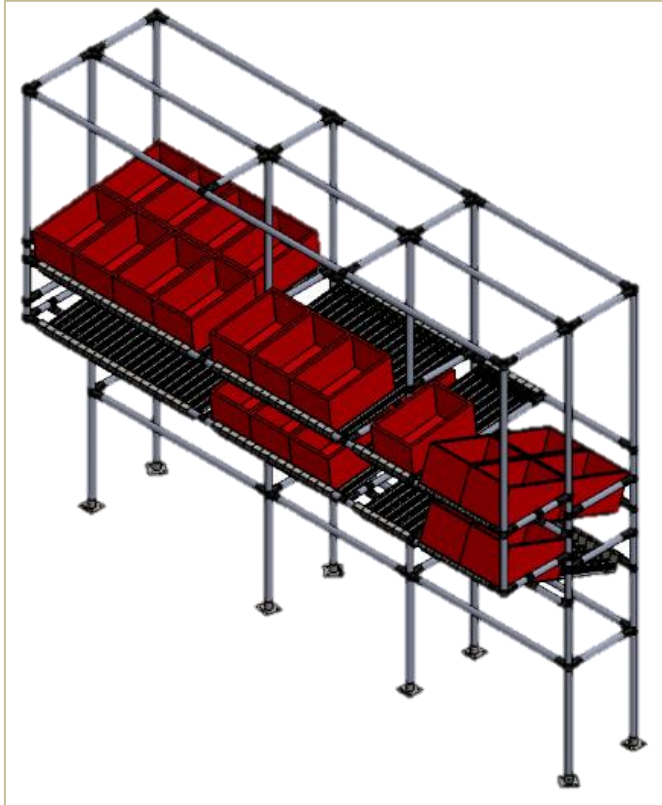


Fig 4|Diagrama de rack de material, Cotización de Proveedor, 2017

Al inaugurar la planta la prioridad fue asegurar el cumplimiento de las órdenes por parte de los clientes, de tal forma que para asegurar que las líneas no pararan la producción debido a falta de materiales por surtido se optó por saturar las mismas de los componentes necesarios para el ensamble de los equipos de esta forma dando más tiempo al equipo de almacén para repartir el material necesario una vez que el contenedor frontal se acabara.

El método de surtido es manual, ya que el personal de almacén se encarga de tomar el contenedor de material del retorno, buscar dicho material en almacén y regresarlo a su posición dentro de la línea.

De esta forma se seleccionó un tamaño de contenedor el cual para la mayoría de los componentes estaba sobredimensionado por lo tanto la cantidad de material dentro del mismo era excesiva, especialmente para materiales de sujeción como tuercas y tornillos, llegando a tener 15,000 piezas por contenedor afectando tres rubros principalmente:

- Arquitectura de línea

Al tener los contenedores sobredimensionados el diseño de los muebles para este material se veía afectado en gran medida ya que estos debían ser lo suficientemente grandes para albergar todo el material necesario por estación de

trabajo y su vez resistentes, ya que debido al exceso de material el peso aumentaba considerablemente.

De igual forma en cada estación de trabajo no se tenía todo el material necesario para la producción, incurriendo en uno de los desperdicios principales, como lo es el desplazamiento, ya que el personal debía ir por el material que se encontraba en otra estación de trabajo o bien en una locación dentro de su estación de trabajo que no era conveniente debido al uso del material.

- Planeación del material

Debido a la estandarización de productos, muchos materiales se utilizan en diferentes líneas de producción, así como en diferentes estaciones de las líneas. La planeación de la compra de material se realiza de acuerdo al Lead Time proporcionado por el proveedor así como el BOM de cada producto terminado y su correspondiente pronóstico de la demanda.

De esta forma al tener exceso de material en las líneas de producción se podía incurrir en faltante en almacén por lo cual se podría pensar que no hay material para continuar ensamblando, sin embargo este material se encontraba repartido en otras líneas de producción o bien otras estaciones, con lo cual se provocaban retrasos en surtido y faltantes de material aun cuando se tuviera el material necesario en planta.

- Seguridad

Debido al exceso de material por contenedor el peso de los mismos puede ascender hasta los 20 [Kg]. Como regla de ergonomía interna el peso máximo de carga para todo personal tanto de producción como de almacén es de 10 [Kg] por lo cual se está incumpliendo con los lineamientos de ergonomía y seguridad.

3.2.1.2 Indicadores de desempeño

Para la cuestión de materiales dentro de línea de producción el principal indicador es el inventario/hora, es decir el tiempo que tardaría en consumirse el material disponible por contenedor de materia prima.

De acuerdo a los lineamientos internos se considera que este indicador debe ser al menos de dos horas, con lo cual se garantiza que el equipo de almacén cuente con el tiempo suficiente para llevar a cabo el surtido de materiales sin ocasionar paro de línea por faltante de material. Esto tomando en cuenta que a lo largo de la línea de producción se pueden llegar a requerir el surtido de diferentes materiales al mismo tiempo.

De igual forma si este indicador aumentara considerablemente sobre dos horas significaría que el material, el cual hablando en términos financieros, representa una inversión, no es productivo, es decir es dinero que no nos está generando ninguna

ganancia, de esta forma este aspecto debe ser considerado al momento de decidir la cantidad de material que debe estar disponible por contenedor.

El cálculo de este indicador se realiza de la siguiente manera:

$$IH = \frac{Md}{U \times R}$$

En dónde:

- IH = Indicador inventario/hora
- Md = Material disponible
- U = Uso, cantidad de material requerido para el ensamble por estación de trabajo
- R = tasa de producción, número de equipos que se produce por hora

Este análisis se debe realizar por cada estación de trabajo y para todos los materiales, ya que aun cuando entre estaciones se utilice el mismo material la cantidad que usan por equipo puede variar considerablemente por lo cual se puede afectar al indicador. De igual forma las dimensiones del material representan un factor importante, ya que se cuentan con elementos sumamente pequeños, de esta forma aun cuando se intente reducir la cantidad de material disponible (al hacer más pequeño el contenedor designado para el material) el indicador seguirá sobrepasando el estado ideal, sin embargo se tiene como objetivo estar lo más cerca posible al mismo.

De esta manera, cuando el peso o las dimensiones de un material representan una limitante debido a que se excede el peso designado por ergonomía/seguridad o bien las dimensiones hacen imposible el uso de los contenedores standard se debe realizar cada caso individualmente para evaluar la mejor forma de surtido de estos casos especiales.

3.2.1.3 Estado previo al proyecto

Este proyecto se llevó a cabo para todas las líneas de producción ya que cada una requiere de análisis individual sin embargo el proceso es el mismo, para efectos demostrativos se tomará la línea de MPAK.

Al comenzar en cada línea se realiza un levantamiento, es decir, se recorren la totalidad de estaciones que componen las líneas tomando los datos requeridos para el análisis y contención de los materiales como lo son:

- Catálogo de la pieza (Número asignado para la pieza)
- Ubicación (Número de rack, nivel, posición)
- Número de contenedor actual
- Cantidad de piezas actual
- Peso unitario/Total

De esta forma se obtiene la siguiente tabla en dónde se puede observar el estado actual de la línea de producción, así como la cantidad de dinero que se tiene tomando el precio unitario del material.

Se mostrará un extracto de la tabla que contiene todos los datos, debido a que el número total de material para esta línea de producción es extenso. Para el cálculo del indicador IH se utilizó una tasa de producción de 8 pzs/hora.

TABLA DE MATERIALES ESTADO INICIAL MPAK							
Catálogo	# Piezas	Peso Unit. [Kg]	Peso total	Costo Unit. MXN	Costo total MXN	Uso	Indicador IH
24303-15290	1770	0.004461	7.89597	0.37582	665.2014	13	17.01923
21514-20240	350	0.002595	0.90825	0.42098692	147.345422	14	3.125
22710-20320	1130	0.009769	11.039	0.53167744	600.7955072	2	70.625
21514-20180	450	0.00291	1.3095	0.42098692	189.444114	11	5.113636
21427-20280	1300	0.00975	12.675	0.42098692	547.282996	6	27.08333
21427-20163	1240	0.007706	9.55544	0.353096	437.83904	12	12.91667

Tabla 11| Extracto tabla de materiales por estación para MPAK, Autor, 2017

El costo total de la línea, tomando en cuenta doble contenedor por material es de:

$$CT = \$ 226,671.302 \text{ MXN}$$

De la misma forma, se mostrará el espacio que se ocupa debido a las dimensiones de los contenedores que actualmente se tienen tomando en cuenta únicamente la medida frontal ya que ésta es la limitante para diseñar el largo del rack de material a utilizar.

TABLA DE CONTENEDORES MPAK				
Tamaño	# Conts. En línea	Ancho [cm]	Total [cm]	Total [m]
2	2	10.5	21	0.21
3	10	11.8	118	1.18
5	101	18.5	1868.5	18.685
7	54	23.5	1269	12.69
9	2	30.9	61.8	0.618
10	11	41.5	456.5	4.565
			TOTAL	37.948

Tabla 12|Número de contenedores por tamaño, Autor, 2017

3.2.1.4 Análisis y diagnóstico

Como podemos observar en las tablas de materiales la decisión que se tomó en un inicio de sobredimensionar los contenedores para asegurar que hubiera material en todo momento para ensamblar dentro de la línea cumple cabalmente con su objetivo.

Sin embargo, se puede identificar que el indicador Inventario Hora esta, en la mayoría de los casos, excedido de tal forma que aun cuando el material tiene un uso alto la cantidad que se tiene en línea podría estar días o incluso semanas sin terminarse, lo cual, como ya se mencionó, no es óptimo y conlleva a otros problemas de planeación de los materiales.

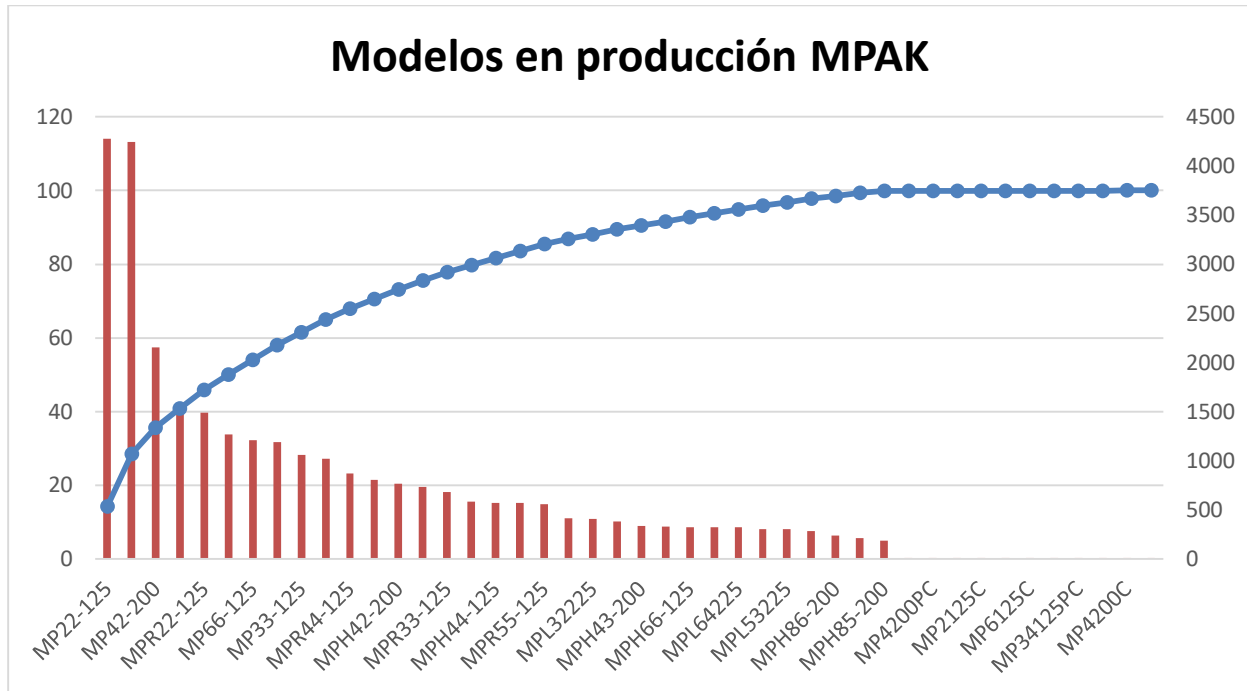
De igual forma se puede observar que debido a este excedente de material el peso del contenedor una vez cargado con el material excede en varios casos el límite establecido por seguridad (10 Kg para cargas continuas) de forma que esto representa un problema de ergonomía para el personal de almacén.

A su vez al tener las dimensiones frontales de los contenedores que están físicamente en línea de producción y estar conscientes de su exceso de dimensiones podemos estar seguros de que al reducir la cantidad y el tamaño de la contención el espacio requerido dentro de la línea de producción para colocar los materiales, es decir el diseño y dimensiones del rack de material, puede disminuirse en gran medida.

De esta forma como se mencionó anteriormente es evidente el cambio que se necesita realizar dentro de la línea de producción en cuanto a la contención del material sin embargo debido a que dentro de la misma línea de producción se corren diferentes modelos dependiendo de la demanda de los mismos la cantidad de materia prima diferente necesaria para ensamblar todos los modelos aumenta considerablemente aun cuando el material de sujeción en su mayoría se comparte entre todos los modelos.

Siendo así se necesita acotar los modelos de los cuales el material estará disponible en todo momento en línea, para lo cual se utilizará un análisis de Pareto y así solo tener el material de los modelos que se necesiten con mayor frecuencia y el resto será denominado como modelo especial, para éste el material necesario será entregado de acuerdo a la cantidad que sea requerida del modelo de forma que no exista sobrante al terminar la orden.

Así, utilizando la información que se tenía acerca de la producción de 2016, lo que corría del año 2017 y el pronóstico correspondiente al restante del año se logró hacer un acumulado y así poder realizar el análisis con la mayor cantidad de datos posibles. De esta forma se obtuvo la siguiente gráfica:



Gráfica 6|Análisis de Pareto para producción de modelos Línea de producción MPAK, Autor, 2017

Con este análisis se logra la reducción de 44 modelos diferentes a únicamente 17. Al conocer los modelos a los cuales se acotará el análisis se procedió a obtener todos los BOM de los modelos, información proporcionada por el equipo de antenna técnica.

Como se menciona anteriormente debido a la estandarización implementada por el equipo de diseño los modelos utilizan material, principalmente de sujeción (tuercas, tornillos, remaches, etc.) en común, por lo cual este deberá ser un factor a tomar en cuenta debido a que la tasa de producción varía por modelo así como la cantidad necesaria de cada pieza, de la misma forma debido a que en diferentes estaciones de trabajo se puede utilizar el mismo material en diferentes cantidades esta información debe ser tomada en cuenta para el análisis.

3.2.2 Planteamiento del problema

Al no contar con un análisis adecuado para el material requerido dentro de cada estación de trabajo se tienen problemas tanto de disposición del material y de exceso lo cual causa problemas en el surtido del mismo así como de ergonomía y seguridad.

3.2.3 Objetivos

Reducir el inventario en línea que se tiene actualmente garantizando la disponibilidad del material para producción en todo momento, reducir diseños de racks de material cumpliendo con los estándares tanto internos como externos de ergonomía y seguridad.

3.2.4 Metodología

Tomando en cuenta la información de la demanda histórica, así como el pronóstico de los diferentes productos de la línea se realiza un análisis FMR, con lo cual se podrá eliminar el material que se ocupe únicamente en productos raros o especiales, así el material restante se evaluará individualmente para determinar la cantidad adecuada, así como su contención y posición dentro de la estación de trabajo.

Siendo así, con la información proporcionada el cálculo para la cantidad deseada de material en cada contenedor asignado para las estaciones de trabajo se utilizó la siguiente fórmula, la cual fue desarrollada por la misma empresa y cuya finalidad a largo plazo es realizar el surtido de material con estructuras intercambiables entre la línea de producción y el almacén.

$$Cantidad = \frac{(C_{max} \times n)(2 \times F)(1 + S)}{N - 1}$$

En donde:

- C_{max} = Capacidad máxima por hora
- n = Número de partes necesarias
- F = Tiempo deseado entre 2 ciclos de surtido de material
- N = Número de contenedores (Debido a reglamento interno se fijará en 2)
- S = Coeficiente de seguridad, 10% para este análisis

Esto debido a que un objetivo planteado dentro de este proyecto es que se estandarice el tiempo ciclo del surtidor de materia prima para cada línea en 1 hora, de esta forma debido a la fórmula se realizará el cálculo para que el material dure al menos 2 horas. Este ciclo comprende desde que el personal de almacén toma los contenedores vacíos de los retornos de cada estación, realiza su recorrido en almacén para tomar el material adecuado, colocarlo en los contenedores y regresarlo a su posición adecuada dentro de cada estación de trabajo.

Utilizando el análisis de Pareto para determinar cuáles serían los materiales que deberían estar en línea en todo momento y utilizando como complemento información de manufactura en dónde se especifica la cantidad de piezas necesarias por equipo por estación obtenemos el número de contenedores necesarios para todas las estaciones de la línea de producción.

Para determinar la cantidad deseada de material se utilizó la fórmula anteriormente descrita, sin embargo debemos tener en consideración que no todos los modelos tienen la misma capacidad máxima por hora y a su vez, el uso de cada material por estación puede variar debido al diseño del mismo, con esta información para materiales que se comparten en diferentes modelos se debe tener especial cuidado, ya que la cantidad puede variar, siendo así se tomó la decisión de tomar la cantidad mayor durante el análisis ya que de esta forma aseguramos que sin importar el modelo que se

produzca en la línea tendremos un mínimo de dos horas de duración por contenedor, dando así suficiente tiempo para el ciclo del surtidor sin comprometer la disposición del material en línea para producción.

Una vez determinada la cantidad a colocar en cada contenedor se decide el tamaño del mismo de tal forma que el material no corra el riesgo de caerse por los bordes y a su vez el acomodo no sea tan complicado para el surtidor y así no ocupe demasiado tiempo en colocar la cantidad correcta dentro de cada contenedor, de igual manera se utiliza el tamaño como una limitante física para que no se excedan los lineamientos de ergonomía y seguridad, ya que se encontraron casos donde para evitar surtir un material durante todo el turno laboral se sobrecargaba el contenedor excediendo hasta los 20 kilos.

Teniendo definida la cantidad de material por contenedor y el tamaño del mismo se procedió al diseño del nuevo rack de materia prima. Así se realizó un nuevo análisis FMR para cada estación tomando únicamente los materiales que estarían incluidos dentro de la misma tomando como criterio la cantidad de material necesario para completar una pieza. De esta forma tomando como nivel 1 el más cercano a la mesa de trabajo (ver imagen X) los materiales F (frecuentes) serían colocados en este nivel, los M (medio) en el segundo y de necesitarse un tercer nivel únicamente sería utilizado por los materiales R (raros)

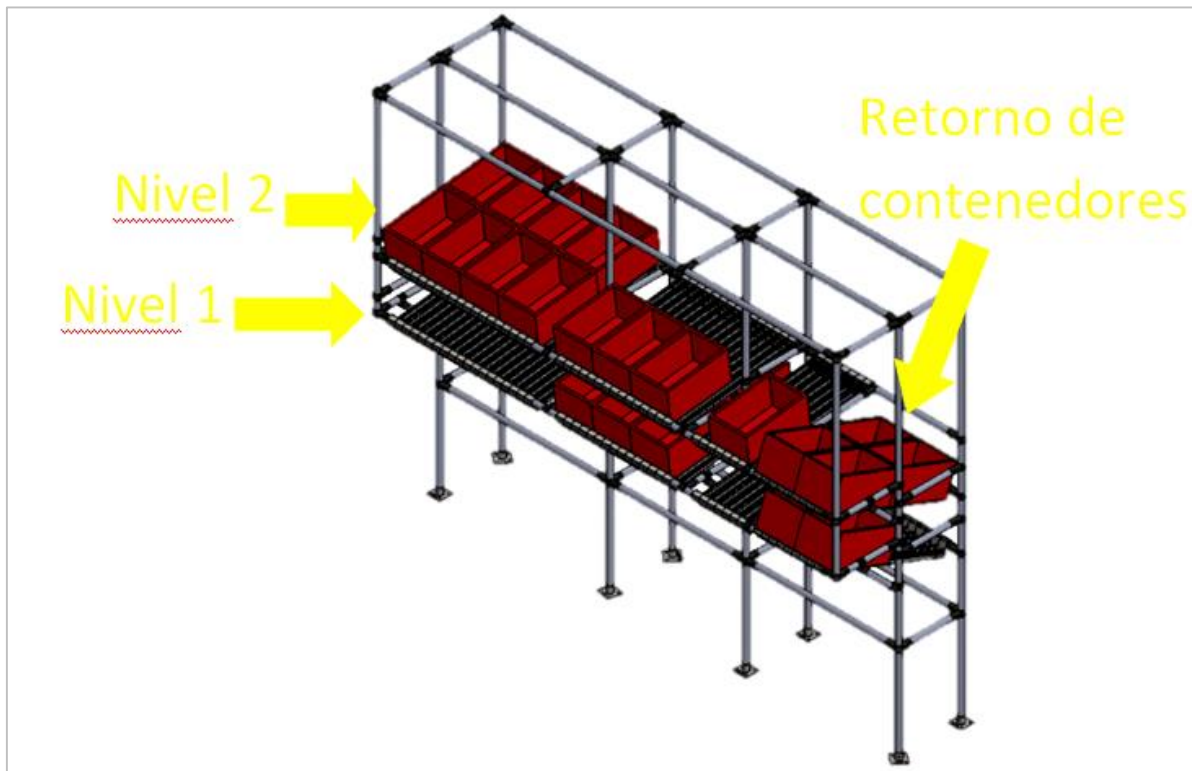


Fig 5|Diagrama de rack por niveles, Autor, 2017

3.3 Proyecto 3 – Embalaje

Para la planta se tienen diferentes proveedores tanto internos como externos con los cuales se manejan todos los catálogos para las líneas de producción de la planta. Estos se dividen en varias categorías dentro de las cuales sobresalen los materiales de lámina pintados, conectores, tanto de aluminio como de cobre, material de sujeción (tornillería, remaches y tuercas), aisladores tanto plásticos como de fibra de vidrio, breakers de diferentes capacidades y material de embalaje (cajas de cartón, poliburbuja, anillos de cartón y tarima de madera para embarcar). Debido a la amplia variedad de productos que se ensamblan en las líneas de producción dentro de cada categoría existe un amplio número de piezas diferentes.

De esta forma cada proveedor tenía carta abierta al acomodo y material extra para el cuidado de las piezas para el material que enviaba la planta, lo cual ocasionaba diferentes problemas a su llegada.

Estos problemas van desde la calidad del material, ya que durante el trayecto el material llegaba a sufrir daños en el acabado o incluso deformaciones que se traducen en pérdidas monetarias debido a que es material que no se puede utilizar y debe ser desechado y retrabajos necesarios para realizar el acomodo dentro del almacén.

3.3.1 Diagnóstico de la situación actual

3.3.1.1 Descripción del sistema

Se tienen 9935 catálogos de materia prima los cuales son surtidos por proveedores externos e internos. La responsabilidad del embalaje fue dejada a estos proveedores por lo cual no se toma en cuenta las necesidades específicas para cada material. Estas necesidades están dadas por diferentes cuestiones, como lo son:

- **Calidad**

El material puede resultar dañado debido al movimiento inherente al transporte entre planta si el embalaje no es el adecuado.

- **Espacio**

Al realizar el cálculo del kanban se tienen asignadas las ubicaciones necesarias para el material que se requiere de forma que se tenga el suficiente para no desabastecer a las líneas de producción en el tiempo que tarda en llegar a la planta el material.

- **Infraestructura**

Dentro del almacén se tienen estructuras multinivel, las cuales están divididas en secciones modulares, por cada nivel se tiene un límite de peso de 1000 kilogramos, por lo cual al realizar el embalaje esto se debe tomar en cuenta.

- **Seguridad**

En determinados embalajes para materia prima de grandes dimensiones el acomodo de la misma influye directamente en el manejo que se le da dentro de la planta, por lo cual si el acomodo no es el adecuado se puede incurrir en actividades inseguras poniendo en riesgo la integridad del personal tanto operativo como de almacén.

Dentro de la planta se tienen determinados los materiales que son inspeccionables, es decir los que al llegar a la planta deben pasar a una revisión por parte del equipo de calidad-recibo. Esta revisión se realiza por muestreo aleatorio del material en cuestión, esto debido a que hacer una inspección al 100% causaría un retraso importante para ingresar el material.

Cabe mencionar que en ciertos casos, cuando el proveedor es nuevo o está a prueba debido a fallas de calidad, se realiza la inspección al 100% para asegurar la calidad del material antes de llegar a línea de producción. Cuando se encuentra material que no cumple con los estándares en esta primer inspección se clasifica dentro de la categoría “Material rayado/golpeado a la entrada”.

De igual forma cuando el material ya está en línea este se puede “scrapear” sin embargo se clasifica diferente al que se inspecciona y se segrega desde calidad recibo, así entra en la categoría de “Daño por manejo interno”.

3.3.1.2 Indicadores de desempeño

Para este proyecto se tienen diversos enfoques, los cuales se pueden clasificar en tres categorías:

- **Calidad - \$**

Debido a que no se tenía un control sobre el embalaje del material se derivó en un incremento del indicador de scrap para la planta. Este indicador nos muestra la cantidad monetaria que corresponde al material que se está segregando debido a que no cumple con los estándares de calidad, ya sea debido a que esta golpeado o rayado.

- **Almacén**

Dentro del almacén se tienen grandes cantidades de espacios sin uso, ya que el embalaje enviado por proveedor excedía en dimensiones la materia prima, de igual forma se tenían arreglos de material los cuales tras proponer un embalaje diferente se podía reducir el espacio requerido por la misma cantidad de material.

Al no tener bien estipulados los embalajes para cada material antes de poder situarlos en su respectivo lugar se requiere, en varios casos, de traspaleo por

parte del personal de almacén, ya que se necesita realizar un acomodo diferente debido a que el acomodo original está sobredimensionado respecto al espacio asignado dentro del almacén

- **Seguridad**

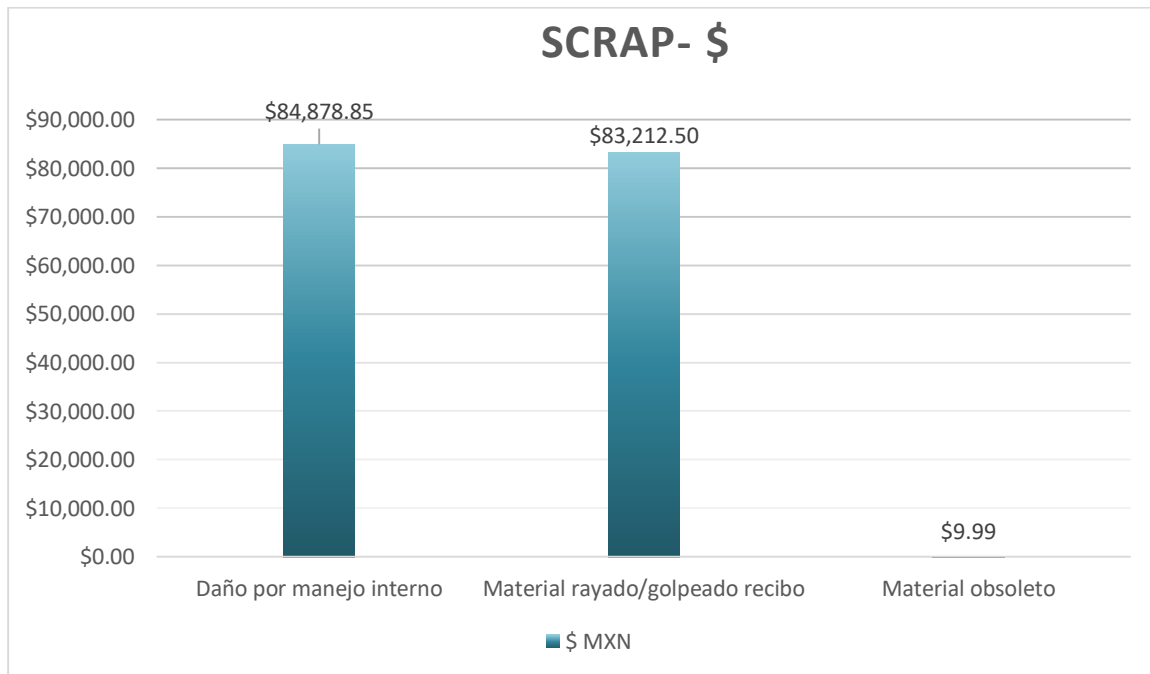
El equipo de Seguridad y Medio Ambiente, con ayuda del personal operativo, se encarga de reportar situaciones de riesgo, por lo cual éstas se deben resolver para evitar riesgos al manejar el material.

Así podríamos hablar de objetivos puntuales:

- Reducción del indicador de scrap
- Optimización del espacio en almacén
- Reducción de traspaleo (tiempo de retrabajo) para personal de almacén
- Reducción de riesgos para personal operativo

3.3.1.3 Estado previo al proyecto

Durante el 2016 y 2017 el equipo de calidad-recibo le dio seguimiento al indicador de scrap, obteniendo la siguiente gráfica.



Gráfica 7|Promedio mensual de scrap por clasificación, Calidad-recibo planta CDMX, 2017

En esta se muestra el promedio mensual de pérdidas que se tienen debido a las diferentes clasificaciones de scrap.

Al analizar la información que aquí se encuentra podemos encontrar los catálogos de material que impactan de mayor manera el indicador, lo cual nos da la siguiente tabla.

CATÁLOGOS SCRAP	
Catálogo	Promedio mensual [\$]
73387-404-18	4,223.4
73387-404-15	6,856.4
73387-404-31	3,201.5
73387-404-16	3,502.27
73387-405-79	35,313.66
73387-404-19	9,120.89
73387-400-89	3,905.3
73387-409-36	5,985.35
73387-404-34	4,967.24
73387-409-13	6,136.49
TOTAL	\$ 83,212.50

Tabla 13| Promedio mensual de pérdidas por catálogo de scrap, Calidad-recibo planta CDMX, 2017

3.3.1.4 Análisis y diagnóstico

Cómo podemos observar existe una gran pérdida monetaria mensual que refiere al material que se desecha debido a que no cumple con las especificaciones de calidad mínimas, tanto por manejo interno como por inspección y segregación a la entrada.

En cuanto al material que es segregado a la entrada a la planta podemos deducir que los daños recibidos al acabado del mismo (rayaduras) son inherentes al movimiento relativo entre el mismo material debido al transporte.

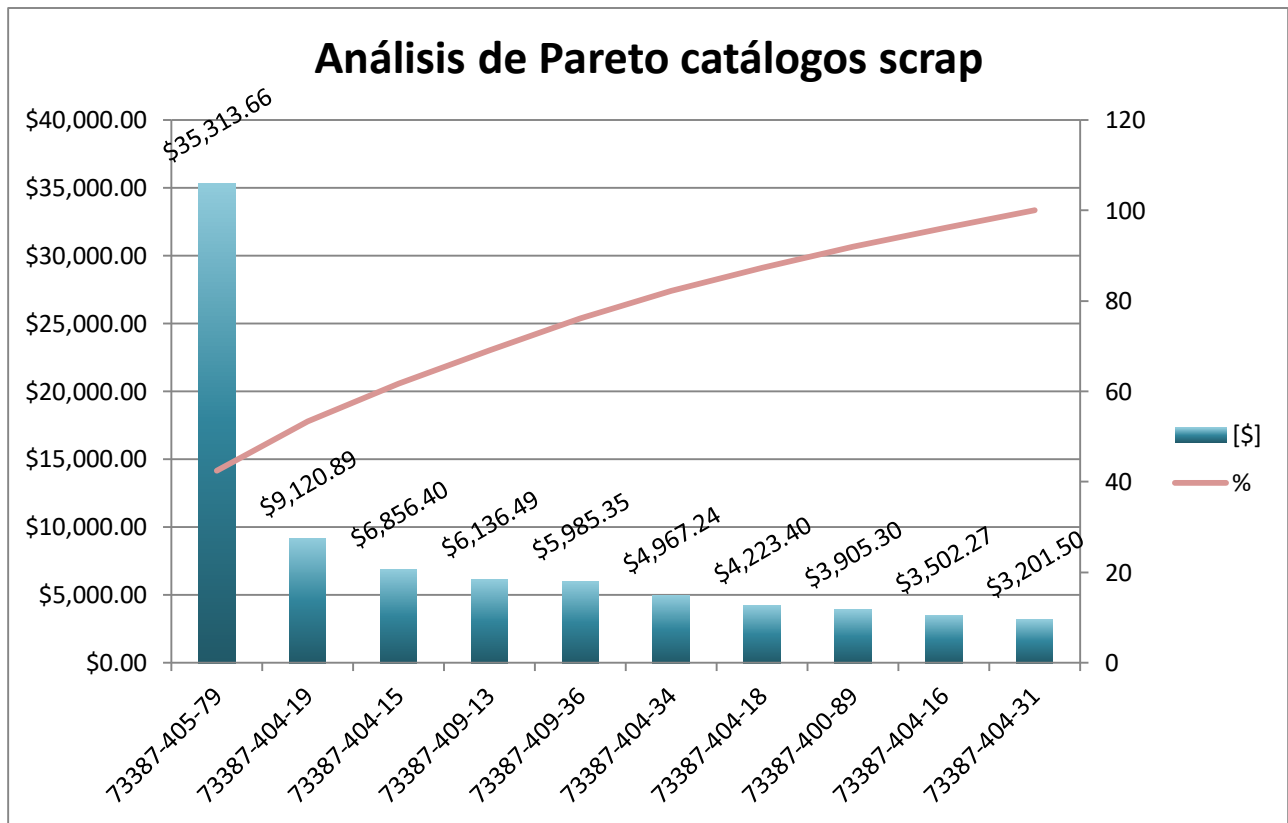
Para los daños provocados por manejo interno se requiere un análisis más a fondo para todo el proceso del material desde que se libera en área de recibo hasta que llega a línea de producción, de tal forma que para el alcance de este proyecto esa clasificación de material defectuoso no será considerada

A la pérdida monetaria que implica el desechar material defectuoso debemos aumentarle el tiempo que toma a personal operativo tanto segregarse este material como clasificarlo y llevarlo al área de cuarentena. De igual forma personal de calidad ocupa tiempo realizando retrabajos, ya que si el material presenta falta de pintura o algún defecto que puede ser corregido dentro de planta éste se lleva a cabo dentro del área de cuarentena para ser posteriormente regresado al área productiva para su uso dentro de las líneas de ensamble.

Tomando estos datos en consideración sabemos que existe un área de oportunidad importante que puede ser corregida en buena medida al analizar los materiales que más afectan al indicador

El objetivo del proyecto es revisar en su totalidad los catálogos que aumentan el indicador de scrap de la planta de producción, sin embargo para lograr resultados en el menor tiempo posible y que impacten en mayor medida de forma positiva la pérdida provocada por material dañado decidí utilizar el principio de Pareto para reducir el número de catálogos con los cuales se trabajarían en primera instancia. De esta forma para poder obtener la gráfica que nos ayudará a decidir cuáles serán los catálogos que entrarán dentro del alcance de la primera etapa de nuestro proyecto se acomodó la información de mayor a menor contribución al indicador y se asignó un porcentaje a cada uno de los materiales en cuestión.

Resultando en la siguiente gráfica:



Gráfica 8|Clásificación por análisis de Pareto de catálogos de scrap, Autor, CDMX, 2017

De la cual podemos obtener la siguiente información:

CATÁLOGOS SCRAP CON PARETO			
Catálogo	Promedio mensual [\$]	Contribución indicador de scrap [%]	Contribución acumulada [%]
73387-405-79	35,313.66	42.44	42.44
73387-404-19	9,120.89	10.96	53.4
73387-404-15	6,856.4	8.24	61.64
73387-409-13	6,136.49	7.37	60.01
73387-409-36	5,985.35	7.19	76.2
73387-404-34	4,967.24	5.97	82.17
73387-404-18	4,223.4	5.08	87.25
73387-400-89	3,905.3	4.69	91.94
73387-404-16	3,502.27	4.21	96.15
73387-404-31	3,201.5	3.85	3.85
TOTAL	\$ 83,212.50	100	

Tabla 14|Clasificación por análisis de Pareto de catálogos de scrap, Autor, CDMX, 2017

Así, podemos observar que cubriendo únicamente los primeros 5 catálogos enlistados en la tabla anterior cubriríamos el 76.2% del material que incrementa el indicador promedio producido mensualmente por la planta, de igual manera podemos observar que el primer catálogo conforma el 42.44% del total de defectuosos producido en la planta, por lo cual si logramos eliminar la causa raíz por la cual ese material en específico se daña en el transporte hacia la planta de producción podremos reducir casi en un 50% el total del indicador.

Con el fin de evitar la repetitividad en este trabajo sólo se mostrará el proceso que se siguió en el cambio de embalaje para el catálogo 73387-405-79, ya que el análisis para cada uno de los consecuentes catálogos se realizó de la misma forma sin embargo debido a las características físicas propias de cada catálogo el método por el cual se resolvió cada caso particular fue diseñado individualmente.

3.3.2 Planteamiento del problema

Debido a que no existe un acuerdo con el proveedor respecto al embalaje de los materiales se incurren en desperdicios debido al estado en el que estos llegan a la planta por lo cual deben ser desechados o en ciertos casos causando retrabajos por traspaleo para su acomodo en almacén.

3.3.3 Objetivos

Reducir el scrap generado por defectos debidos al embalaje así como las horas-hombre dedicadas al traspaleo para acomodo en almacén.

3.3.4 Metodología

Una vez seleccionado el catálogo a trabajar solicité al departamento de calidad la información respecto a la razón por la cual el número de parte estaba catalogado como no conforme y estaba siendo desechado dentro de las líneas de producción, ya que al ser este un material interplantas por convenio no se podía realizar inspección a la llegada a la planta.

El catálogo 73387-405-79 es un frente de equipo de 86" x 42.44" con puertas centrales montadas por bisagras laterales de 60.30" x 15.50" (Fig. 6), al ser ensamblado en equipo las puertas centrales no cuadraban con el marco exterior, por lo que se volvían inutilizables lo cual causaba que el material se desechara.

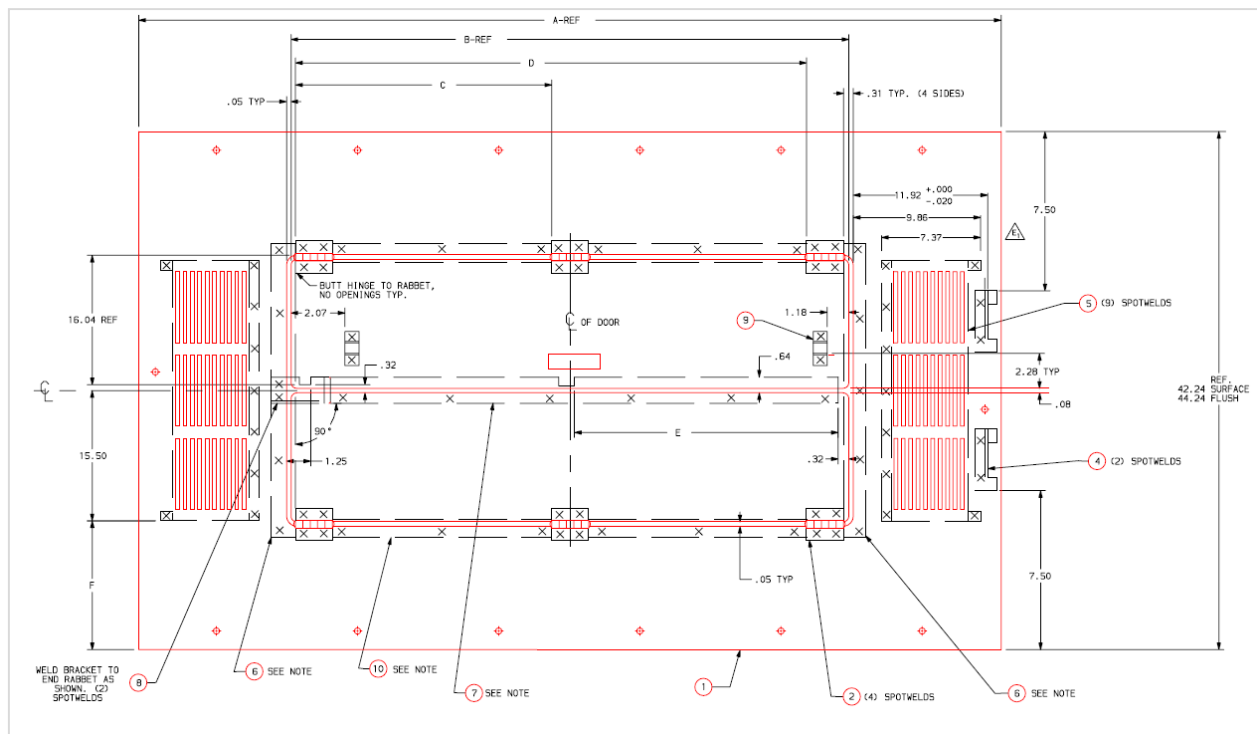


Fig 6. Extracto del plano de especificaciones para catálogo 73387-405-79, plano completo en anexos

Dentro de la planta se utiliza un sistema Kanban con el fin de no caer en desabasto de ningún material para producción y así tener capacidad de reacción para cambios de modelo imprevistos u órdenes urgentes, de igual manera se utiliza FIFO, lo cual quiere decir que el primer material que entra es el que se ocupa cuando es requerido por producción, esto causa que del momento del ingreso del material al que es utilizado pase un tiempo dentro del almacén el cuál puede variar en cierta medida debido al calendario de producción que se tiene.

Al revisar el material que se encontraba dentro del almacén, podemos observar que existe la deformación por la cual el material está siendo desechado en todos los pallets que se tienen, sin embargo se logra ver esta deformación en mayor medida en los

pallets más próximos a ser utilizados (Fig 8), es decir, los que llevan más tiempo dentro del almacén.



Fig 7 Embalaje del catálogo 73387-405-79 dentro de almacén

Se puede observar a simple vista que el material excede las dimensiones de la tarima en el cual es transportado, siendo así se forma un cantiléver en ambos extremos provocando la deformación plástica del material como está marcado en la figura 8, aun cuando se colocan soportes de unicel entre las piezas estos no están lo suficientemente bien posicionados para evitar la palanca causada por el propio peso del material.

De esta forma se pudo deducir que los problemas de calidad no fueron causados por un mal control por parte de proveedor, ya que se revisó el estado en el cuál las piezas son embarcadas hacia la planta de producción, si no que, el embalaje, al no ser el adecuado debido a las dimensiones y peso del material, provocaba la deformación durante el transporte hacia la planta de producción y el tiempo de espera en almacén para ser utilizado.

Una vez determinada la causa raíz se procedió a evaluar las opciones disponibles para el cambio de embalaje, estas opciones fueron determinadas durante una lluvia de ideas realizada en una junta interplantas.

Una vez terminada la evaluación se determinó que se tenían 3 opciones viables:

- Utilizar dos tarimas “standard” juntas para el embalaje
- Utilizar alguna tarima que se tenga actualmente en la planta proveedora para materia prima
- Diseñar una nueva tarima específicamente para las dimensiones del material

Para lograr la aceptación de cualquiera de las opciones se requiere el visto bueno por parte de diferentes departamentos de ambas plantas, cuyos titulares deben firmar tanto el cambio como el próximo uso de la opción seleccionada estos departamentos son:

- Producción (planta que manufactura la materia prima)
- Embarques (planta que manufactura la materia prima)

- Recibo (planta que recibe la materia prima)
- Almacén (planta que recibe la materia prima)
- Seguridad (Ambas plantas)
- Manejo de materiales (ambas plantas)
- Contraloría (ambas plantas)

Realizando las pruebas notamos que para la primera opción, (utilización de dos tarimas de tamaño standard juntas) no existía problema para la carga y descarga del material, ya que en el área de embarque de la planta proveedora y de recibo en la planta receptora se cuenta con equipo especial el cual tiene “uñas” de la longitud adecuada para que su transporte sea seguro. En adición al unicel que se utiliza para separar el material entre sí para evitar rayaduras en el transporte el embalaje incluye un proceso llamado “paletizado” como se puede observar en la figura 8 este proceso a su vez ayudó a que ambas tarimas tuvieran un mejor manejo.

Al realizar pruebas dentro del almacén de mi planta nos dimos cuenta que el equipo con el que se cuenta para el movimiento y acomodo de material dentro del almacén tiene características diferentes, debido a que debe acomodar el material a diferentes alturas en el rack de almacén, con lo cual el manejo de las tarimas unidas representaba una situación con riesgo tanto para los operarios como para el material. De esta forma tanto por parte del equipo de almacén, manejo de materiales y seguridad esta opción fue rechazada.

Para realizar pruebas con la segunda opción se seleccionaron tarimas que se tenían en planta como asignadas para materia prima y producto terminado, con un análisis inicial de dimensiones se determinó hacer pruebas con una tarima que originalmente estaba asignada para producto terminado de dimensiones 85” x 39”. Al realizar las pruebas notamos que no al no provocar un cantiléver en ningún lado del material se evitaba la deformación al 100%, únicamente agregando una cama más de protección de unicel entre la primer cama de material y la tarima, esto debido a que en el diseño del frente se tienen contemplados soportes que de colocarse directamente sobre la tarima sí provocan una ligera deformación en la primer cama colocada en el embalaje.

Para el manejo de la tarima mediante el equipo asignado para ello dentro del almacén no existió ningún problema de seguridad y se validó la integridad en su totalidad del material a evaluar, de esta forma se le dio el visto bueno por parte del equipo de seguridad industrial así como el de manejo de materiales.

Una vez que se tuvo la validación del equipo de seguridad se procedió a enviar un cargamento de la nueva tarima seleccionada a la planta proveedora con el fin de confirmar que la medida seleccionada eliminaba por completo los desechos producidos por la deformación del material en tránsito y en almacén. La cantidad de tarimas seleccionada fue el equivalente a un mes de producción.

4. Capítulo III – Resultados

4.1 Proyecto 1 - Balanceo de línea

Haciendo una comparación gráficas entre el antes y después de ambas familias podemos observar a simple vista que ambas tienen ahora una carga de trabajo más balanceada entre estaciones, con lo cual nos aseguramos que el tiempo ocioso en cada estación sea el mínimo.

De esta forma podemos realizar el cálculo para la tasa de producción de ambas familias y comparar el resultado con el estado previo al balanceo de actividades.

TAZA DE PRODUCCIÓN “FAMILIA A”			
PRE-BALANCEO		POST-BALANCEO	
Tiempo max [s]	TP [equipos/hr]	Tiempo max [s]	TP [equipos/hr]
747.20	4.81	695.21	5.18

Tabla 17|Comparativa entre el estado previo y posterior al balanceo de actividades “Familia A, Autor, 2017

TAZA DE PRODUCCIÓN “FAMILIA B”			
PRE-BALANCEO		POST-BALANCEO	
Tiempo max [s]	TP [equipos/hr]	Tiempo max [s]	TP [equipos/hr]
682.60	5.27	576.96	6.24

Tabla 18| Comparativa entre el estado previo y posterior al balanceo de actividades “Familia B”, Autor, 2017

De nueva cuenta se realiza el redondeo a la cantidad cerrada más cercana inferior debido a que no podemos producir equipos incompletos, dando un total de 5 y 6 equipos por hora respectivamente para cada familia.

Así, podemos ver que al realizar el cálculo del tiempo estándar para cada actividad y balanceando la carga de trabajo, sin hacer ningún cambio en el método de ensamblado, diseño, ni equipo utilizado, podemos mejorar la productividad de la línea, en este caso, por 1 equipo para cada familia.

Realizando este cambio de actividades entre estaciones de trabajo conlleva cambios significativos en la línea de producción, para que la transición se lleve de la mejor forma posible se debe dar entrenamiento de nueva cuenta a los operadores que llevan a cabo las operaciones, con la intención de aclarar cualquier duda sobre las actividades nuevas que realizarán y así disminuir posibles problemas de calidad que pudieran surgir, así como nuevas ayudas visuales con el nuevo proceso, como guía para los operadores y entrenamiento para los nuevos recursos que se puedan unir al equipo de ensamblado de la línea de producción en un futuro

De la misma forma, como parte del equipo de manufactura, tuve que asegurar que tanto el material de ensamblado como el equipo necesario se encuentre disponible en

la estación de trabajo donde se utilizara, esto en el caso de que esta no contara con los mismos previamente debido a las actividades antes realizadas.

Con ayuda del equipo de mantenimiento y de manufactura se llevaron a cabo los movimientos de las instrumentos necesarios (atornilladoras y remachadoras neumáticas, multímetros y torquímetros) a las estaciones donde ahora serían utilizados. En los casos en donde se requirió un cambio mayor en la infraestructura de la línea, es decir los racks de materia prima, se realizó la construcción de estos nuevos muebles para que la distribución del material fuera la adecuada en las estaciones de trabajo reduciendo a su vez desperdicios como movimientos y traslados innecesarios.

4.2 Proyecto 2 - Plan para cada parte

Utilizando el análisis de Pareto para determinar cuáles serían los nuevos catálogos que estarían en todo momento en línea se logró reducir el número de ubicaciones en línea de 180 a 157, lo que representa una reducción del 12.7% de ubicaciones permanentes en línea.

Con la nueva contención se logró evitar por completo que el material exceda 10 kilos por contenedor con lo cual se cumple con los lineamientos internos de seguridad y ergonomía y la Norma Oficial Mexicana NOM-006-STPS-2014, Manejo y almacenamiento de materiales- Condiciones de seguridad y salud en el trabajo dentro de la cual se establece que para hombres la carga máxima podrá ser de 25 Kg y para mujeres de 10 Kg.

De esta forma se obtiene la siguiente tabla:

Catálogo	# Piezas	Peso Unit. [Kg]	Peso total	Costo Unit. MXN	Costo total MXN	Uso	Indicador IH
24303-15290	400	0.004461	1.7844	0.37582	150.328	13	3.846154
21514-20240	250	0.002595	0.64875	0.42098692	105.24673	14	2.232143
22710-20320	230	0.009769	2.24687	0.53167744	122.2858112	2	14.375
21514-20180	200	0.00291	0.582	0.42098692	84.197384	11	2.272727
21427-20280	200	0.00975	1.95	0.42098692	84.197384	6	4.166667
21427-20163	530	0.007706	4.08418	0.353096	187.14088	12	5.520833

Tabla 19|Extracto tabla de materiales después de análisis para MPAK, autor, 2017

Es importante mencionar que si bien utilizando la fórmula antes mencionada se obtiene la cantidad óptima de material de acuerdo a las especificaciones se tienen limitantes físicas, es decir tanto las dimensiones como la geometría del material pueden influir en la selección del contenedor, a su vez se debe tener en cuenta, como ya se había mencionado, que se debe facilitar tanto el conteo como el acomodo del material para el personal de almacén, por ejemplo, si para determinado material se obtuvo el cálculo de 236 piezas sin embargo en un tamaño de contenedor únicamente caben 150 y en el siguiente 400 sin exceder límites de seguridad, la cantidad práctica que será

seleccionada es de 400, ya que llenar un contenedor a su máxima capacidad requiere menos tiempo que contar todas las piezas por lo cual es más eficiente.

Con estas consideraciones el nuevo costo total de la línea, tomando en cuenta doble contenedor por material es:

$$CT = \$ 156,129.079 \text{ MXN}$$

Lo cual representa una disminución del 31.12% del costo de la línea de producción en cuanto a materia prima en comparación contra el estado inicial de la misma

A su vez, al realizar el cambio de contenedores el espacio necesario dentro de los racks de material se disminuye, con lo cual se obtiene:

TABLA DE CONTENEDORES MPAK DESPUES DE PFEP				
Tamaño	# Conts. En línea	Ancho [cm]	Total [cm]	Total [m]
2	34	10.5	357	3.57
3	32	11.8	377.6	3.776
5	39	18.5	740	7.4
7	38	23.5	893	8.93
9	1	30.9	30.9	0.309
10	10	41.5	415	4.15
			TOTAL	28.135

Tabla 20| Número de contenedores por tamaño después de análisis, autor 2017

Con lo cual se tiene una reducción de 9.813 m, lo que equivale a una reducción del 25.85% del espacio que antiguamente se requería para almacenar todo el material necesario para producción. Este espacio puede ser utilizado para nuevos dispositivos o incluso si llegara a existir la introducción de un nuevo modelo a la línea con material que no se tuviera disponible existe espacio suficiente para asignarle.

Al colocar los materiales F (cuyo uso es frecuente) en el nivel inferior del rack se disminuye el tiempo en el cuál el operario realiza el movimiento necesario para tomar el material de su lugar, a su vez se reduce el estrés muscular de alcanzar material que se encuentra a una altura mayor de manera frecuente.

4.3 Proyecto 3 - Embalaje

Utilizando el histórico de la demanda tenemos que se utiliza un promedio de 7 tarimas del material al mes, con lo cual obtenemos:

Tarima	Standard	Nueva
Costo Unitario	\$ 152.00 MXN	\$ 372.00 MXN
Costo promedio mensual	\$ 1,064.00 MXN	\$ 2,604.00 MXN
Diferencia de costo	+ \$ 1,540.00 MXN	

Tabla 21|Comparación costo tarimas, Autor, CDMX.

De esta forma el costo en promedio por mes de la utilización del material aumentaría \$1,540.00 MXN sin embargo al compararlo con el costo en el que se incurría debido al material que resultaba inutilizable el cual es de \$ 35,313.66 MXN es fácil observar que el costo por material defectivo mensual es considerablemente mayor al aumento del costo por tarima que se tiene con el proyecto de cambio, a su vez en las negociaciones con la planta proveedora se acordó que el costo de la nueva tarima sería prorrateado entre ambas plantas.

Con este cambio de embalaje se logró reducir al 100% las incidencias de material defectivo debido al transporte y almacenamiento de este número de parte, lo cual significó una reducción del 42.44% del indicador de scrap de la planta de producción referente a la calidad de material a la entrada de la misma.

5. Capítulo IV – Conclusiones

5.1 Proyecto 1 – Balanceo de línea

Al comenzar el proyecto tenía la idea de que si bien tomaría una cantidad considerable de tiempo realizar todas las mediciones necesarias para llevar a cabo el análisis de tiempos para el balanceo de las actividades la implementación sería relativamente sencilla, lo cual no fue así.

Puedo decir con total certeza que dentro del proyecto la cuestión con la cual tuve que tener mayor precaución fue el trato con los operarios. Al inicio de la toma de tiempos se puede notar que cuando te acercas a realizar las mediciones bajan el ritmo de trabajo con la cuál realizan el proceso, con la intención de aumentar el tiempo por actividad y bajar la tasa de producción para poder contar con más tiempo ocioso durante el día de trabajo y aun así cumplir con los objetivos establecidos por el supervisor de producción. Si bien con el factor de complemento y los suplementos podemos contrarrestar estas actitudes y tomar en cuenta las necesidades de los operarios, complica más el análisis y consume mayor tiempo realizar las mediciones.

Llegado el momento de la implementación de los cambios de nuevo me encontré con una barrera por parte de los operarios, ya que quienes recibirían actividades nuevas en sus estaciones de trabajo no estaban de acuerdo con los cambios ya que es trabajo “extra” para ellos, a su vez, una buena parte de los operarios laboran en la planta, en la misma estación de trabajo por años, por lo que al intentar cambiar en lo más mínimo las actividades que realizan es una cuestión muy complicada de aceptar, por lo cual al término de la implementación de este proyecto puedo decir que sin duda alguna el reto más grande con el que me encontré en el mismo es el trato con el recurso humano que se ve afectado por los cambios realizados.

Sin embargo se puede reconocer que con la realización del proyecto el proceso se mejora notablemente en cuanto a la utilización del tiempo y la parte financiera que esto conlleva, es claro que estos análisis deben ser llevados a cabo con cierta periodicidad debido a que cualquier cambio, ya sea de diseño, herramienta, implementación de nuevos poka yokes o la decisión de retirar un subensamble de la línea afectaría notablemente los resultados logrados de forma que esto se debe tener presente frente a cualquier decisión que afecte el proceso.

5.2 Proyecto 2 – Plan para cada parte

Como se puede observar dentro de los resultados el cambio de contención conlleva a una gran mejora dentro de la línea de producción en varios aspectos, dentro de los cuales a mi parecer el más importante es la seguridad, ya que se tiene la certeza de que al cumplir con las normas los incidentes relacionados con cargas manuales de material disminuirán de manera drástica entre el personal operativo.

El llevar a cabo este tipo de análisis requiere una gran cantidad de tiempo, ya que se debe analizar todos los materiales que se usan dentro de la línea de producción uno por uno, esto debido a que la solución depende de factores que pueden variar de una estación de trabajo a otra aun cuando se trate del mismo material, incluso para esta línea de producción se tuvo que idear una nueva forma de surtido para un par de materiales debido a que su uso era extenso y el peso del material no permitía colocar las piezas suficientes para asegurar un ensamblado continuo de producto terminado.

Sin embargo los beneficios que se obtuvieron de la realización del proyecto en definitiva son una gran mejora para el proceso global dentro de las líneas de ensamblaje y si bien una vez más el trato con personal operativo puede ser una gran barrera para que las limitaciones propuestas y los cambios sean aceptados y utilizados es más que evidente que estos deben ser llevados a cabo.

5.3 Proyecto 3 – Embalaje

Este es un proyecto el cual al momento en el que decidí terminar mi relación laboral con la empresa aun continuaba en proceso, ya que como se menciona anteriormente el número de catálogos que afectan al indicador es considerable por lo tanto el tiempo necesario para revisar a fondo la situación de cada uno podría extenderse en gran

medida, sin embargo, como se puede observar realizar el cambio de tarima disminuyó en gran medida el indicador cumpliendo con el objetivo marcado al comienzo del proyecto, de esta forma, la realizar el análisis necesario para los siguientes números de parte el indicador se podría disminuir aún más, esto dependiendo del costo en que se pueda incurrir al realizar un cambio ya que posiblemente en algunos materiales este exceda al costo por defectivos por lo cual se necesitaría analizar el nivel de servicio que se tiene para el mismo y así determinar si el cambio es conveniente o no.

Dentro del proyecto de cambio de embalajes a su vez se contempla la revisión de todos los catálogos trabajados en la planta, esto con la intención de mejorar tanto su manejo interno como externo para mejorar la utilización de recursos como espacio dentro del almacén y transporte así como para reducir el tiempo de traspaleo el cual es considerable en ciertos catálogos por las dimensiones y geometría de los materiales, este paso se prevé se lleve a un largo plazo debido a la cantidad de materia prima que se maneja en la planta de producción, sin embargo su impacto no se puede menospreciar.

5.4 Conclusiones generales de la práctica profesional

El hecho de haber podido obtener un poco de experiencia profesional mientras aun continuaba realizando mis estudios de licenciatura ha sido sin lugar a duda una gran oportunidad ya que como estudiantes quizás podríamos llegar a pensar que tal cual se presenta una situación o un problema a resolver dentro del salón de clases será la misma forma que se nos presentará en el ejercicio laboral, lo cual no podría estar más alejado de la realidad, ya que muchas veces no se toman en cuenta ciertos factores que al estar envuelto en el mundo industrial real debes tomar en cuenta, muchos equipos involucrados opiniones diferentes y sí, incluso barreras que, al menos en mi caso, no pensé que existirían al realizar mi ejercicio profesional.

Si bien el trabajo de un ingeniero industrial es optimizar el uso de los recursos, es decir, hacer más con lo mismo, o de ser posible con menos, debemos estar conscientes que alcanzar el punto donde no exista una mejora que aun quede por realizar es una utopía, no es algo que se pueda alcanzar realísticamente sin embargo sí debemos estar lo más cerca posible y con ese objetivo es con el que debemos realizar nuestro ejercicio profesional desde el día uno, ya sea como becario o empleado de tiempo completo.

Durante ésta experiencia pude poner en práctica conocimientos adquiridos a lo largo de toda la que carrera e incluso aun cuando se podría pensar que son cuestión de lógica o que su uso es sencillo la realidad es que la ayuda que ofrecen es inmensa para la toma de decisiones y a su vez utilizar los recursos disponibles de mejor forma. Además de lograr poner en práctica estos conocimientos tener la oportunidad de colaborar con personal operativo ayuda al desarrollo de *soft skills* que si bien pueden ser mencionadas en algunas clases para adquirirlas se requiere el contacto directo y se convierte en una habilidad indispensable para lograr los objetivos laborales.

6. Glosario

1. Ingeniero MPH (Material Providing and Handling por sus siglas en inglés) Manejo y Entrega de Materiales .- Refiere al ingeniero encargado de los métodos utilizados para el movimiento del material, tanto materia prima como producto terminado, dentro de las instalaciones.
2. R&D (Research and Development por sus siglas en inglés) Investigación y Desarrollo .- Departamento el cual se dedica a la investigación de nuevas tecnologías y su posible aplicación dentro de la compañía.
3. Cluster: En el ramo industrial es una agrupación de empresas que están interrelacionadas en un mismo ámbito de actuación, en este caso esta utilizado para describir el conjunto de plantas en que trabajan de bajo la misma estrategia de producción.
4. MTS (Made To Stock por sus siglas en inglés) Hecho Para Almacenamiento .- Es una estrategia de producción tradicional en la cual la producción es realizada de acuerdo a un pronóstico de la demanda con antelación a la misma.
5. Kaizen Blitz .- Es un evento de corto plazo enfocado a mejorar un proceso. Incluye entrenamiento seguido de análisis, diseño y ocasionalmente el re-arreglo de una línea de producción o área.
6. Emplayado .- [...]”Uno de los procesos más utilizados para empackar productos es el emplayado. El proceso de emplayado consiste en envolver productos, materiales o mercancías diversas en películas de plástico”[...]”³.
7. Rate (de producción) .- [...]”Tasa o Valor monetario”[...]”⁴.
8. Benchmarking .- [...] “Estándar o valor de referencia”[...]”⁵.
9. VSM (Value Stream Map por sus siglas en inglés) Mapa de Flujo de Valor .- Es una representación del flujo de materiales desde el proveedor a través de la organización, así como el flujo de información, esto permite observar donde pueden ocurrir los retrasos, dónde están las restricciones, el exceso de inventario.
10. Empírico .- [...]Pertenece o relativo a la experiencia[...]”⁶.
11. DPMO (Defects Per Million Opportunities por sus siglas en inglés) Defectos por millón de oportunidades.
12. MPS (Master Production Schedule por sus siglas en inglés) Programa Maestro de Producción .- Es el plan a detalle que se va a producir en un determinado espacio de tiempo, para el caso de la empresa es el departamento encargado de la programación semanal de los modelos a producir.
13. OWS (operation Work Structure por sus siglas en ingles) Estructura de Trabajo Operacional .- ayuda visual para personal operativo en la que se

explica a grandes rasgos el procedimiento para el ensamblado de determinado modelo

14. JBS (Job Breakdown Structure por sus siglas en ingles) Estructura desglosada del trabajo .- Instructivo detallado con metodología, alertas y razonamiento usado principalmente para entrenamiento.
15. Headcount .- El número total de personas, específicamente de personas empleadas en una organización en particular.
16. Racks (de material) .- Mobiliario diseñado específicamente para almacenar material en la industria.
17. Lead time (tiempo de espera) .- Es el tiempo entre el inicio y termino de un proceso de producción, desde la recepción de la orden hasta la entrega del producto.
18. BOM (Bill Of Materials por sus siglas en inglés) Lista de Materiales .- Es una lista de materia prima, sub-ensamblajes y componentes así como las cantidades de cada uno para la manufactura de un producto terminado.
19. Scrap .- Se conoce como scrap a todo el material que no cumple con las especificaciones de calidad para ser utilizado dentro de las líneas de producción y a su vez no es susceptible de re-trabajo.
20. Embalaje .- caja o cualquier envoltura con la que se protege un objeto que se va a transportar
21. Paletizado .- es la acción y efecto de disponer mercancía sobre un pallet para su almacenaje y transporte.

³ <https://www.quiminet.com/articulos/el-proceso-para-emplayar-productos-2654139.htm>

⁴ Niebel W. Benjamin, Ingeniería Industrial Métodos, Tiempos y Movimientos, 9ª. Ed. Alfaomega, 1998. P 822

⁵ Niebel W. Benjamin, Ingeniería Industrial Métodos, Tiempos y Movimientos, 9ª. Ed. Alfaomega, 1998. P 819

⁶ <https://dle.rae.es/?id=EqzY2CM>

7. Anexos

Tablas factor de complemento (sistema Westinghouse modificado)

Destreza o habilidad		
+0.15	A1	Extrema
+0.13	A2	Extrema
+0.11	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Buena
+0.03	C2	Buena
0.00	D	Regular
-0.05	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable
-0.16	F1	Deficiente
-0.22	F2	Deficiente

Tabla 22|Calificación de la habilidad,S. M. Lowry, H. B. Maynard y G. J. Stegemerten, 1940

Esfuerzo o empeño		
+0.13	A1	Excesivo
+0.12	A2	Excesivo
+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.05	C1	Bueno
+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Regular
-0.04	E1	Aceptable
-0.08	E2	Aceptable
-0.12	F1	Deficiente
-0.17	F2	Deficiente

Tabla 23|Calificación del esfuerzo,S. M. Lowry, H. B. Maynard y G. J. Stegemerten, 1940

Tabla de suplementos

Puntos asignados a las diversas tensiones			
Tipo de tensión	Grado		
	Bajo	Mediano	Alto
Tensión física provocada por la naturaleza del trabajo			
Fuerza ejercida en promedio	0-85	0-113	0-149
Postura	0-5	6-11	12-16
Vibraciones	0-4	5-10	11-15
Ciclo breve	0-3	4-6	7-10
Ropa molesta	0-4	5-12	13-20
Tensión mental			
Concentración o ansiedad	0-4	5-10	11-16
Monotonía	0-2	3-7	8-10

Tensión visual	0-5	6-11	12-20
Ruido	0-2	3-7	8-10
Tensión física o mental provocada por la naturaleza de las condiciones de trabajo			
Temperatura			
Humedad baja	0-5	6-11	12-16
Humedad mediana	0-5	6-14	15-26
Humedad alta	0-6	7-17	18-36
Ventilación	0-3	4-9	10-15
Emanación de gases	0-3	4-8	9-12
Polvo	0-3	4-8	9-12
Suciedad	0-2	3-6	7-10
Presencia de agua	0-2	3-6	7-10

Tabla 245|Puntos asignados a las diversas tensiones, George Kanawaty, 2002

8. Referencias

- <http://www.promexico.gob.mx/documentos/sectores/electrico.pdf>
- <https://www.inegi.org.mx/temas/pib/default.html#Tabulados>
- S. M. Lowry, H.B. Maynard y G. J. Stegemerten, Time and Motion Study and Formulas For Wage Incentives, 3a. ed. (Nueva York: McGraw-Hill, 1940) p.233.
- Niebel W. Benjamin, Ingeniería Industrial Métodos, Tiempos y Movimientos, 9ª. Ed. Alfaomega, 1998.
- Kanawaty George, Introducción al estudio del trabajo, 4ª. Ed. Editorial Limusa, 2002.
- <https://www.quiminet.com/articulos/el-proceso-para-emplayar-productos-2654139.htm>
- Niebel W. Benjamin, Ingeniería Industrial Métodos, Tiempos y Movimientos, 9ª. Ed. Alfaomega, 1998. P 822
- Niebel W. Benjamin, Ingeniería Industrial Métodos, Tiempos y Movimientos, 9ª. Ed. Alfaomega, 1998. P 819
- <https://dle.rae.es/?id=EqzY2CM>