



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Implementación de herramientas Lean  
Manufacturing en una empresa  
metalmecánica  
(Nivel Yellow Belt)**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de  
**Ingeniero Industrial**

**P R E S E N T A**

Héctor Daniel Cruz Rivera

**ASESOR(A) DE INFORME**

M.I. Pablo Luis Mendoza Medina



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2018**

# CONTENIDO

Introducción.....	1
a. Objetivo del proyecto. ....	2
b. Antecedentes. ....	2
c. Planteamiento del problema.....	3
CAPÍTULO I. Conociendo la empresa.....	4
a. Industrial Afiliada S.A de C.V. ....	5
b. Descripción del puesto de trabajo y participación en la empresa. ....	10
Impacto de mi formación profesional en el Proyecto.....	12
CAPÍTULO II. Marco de referencia.....	13
a. Lean Manufacturing. ....	14
b. Six Sigma.....	15
c. Sinergia de Lean Manufacturing y Six Sigma.....	16
d. Metodología DMAIC.....	17
CAPÍTULO III. Desarrollo .....	21
a. Definir.....	22
b. Medir.....	30
c. Analizar. ....	34
d. Mejorar.....	35
d. Controlar. ....	43
RESULTADOS: .....	47
CONCLUSIONES.....	48
ANEXOS. ....	49
GLOSARIO.....	52
Citas y referencias.....	54
Agradecimientos:.....	55

# Introducción

## **a. Objetivo del proyecto.**

Disminuir el tiempo de entrega de producto terminado utilizando la metodología DMAIC, Para así disminuir la incidencia de quejas y reclamaciones del cliente, cancelaciones de pedido y pérdida de credibilidad y el riesgo que esto conlleva.

## **b. Antecedentes.**

Desde su aparición como las conocemos actualmente, uno de los objetivos principales de las industrias ha sido llegar a ser más productivas. Tanto en el ámbito operativo, funcional y administrativo se ha buscado la reducción de mermas y desperdicios que afectan de una u otra manera los procesos dentro de las mismas.

A la vez, éstas han optado por buscar la optimización a través de métodos y herramientas basadas en el estudio y análisis de los mismos procesos, operaciones y métodos productivos.

Con base en lo anterior, este proyecto busca plantear las bases y aplicación de los principios teóricos y prácticos que se requieren actualmente para el buen desarrollo y funcionalidad de los procesos y operaciones partiendo desde la premisa que éstos intervienen directamente en la optimización y productividad de la empresa.

Para ello es necesario conocer a fondo varias de las herramientas y filosofías de optimización y así buscar la mejora en alguna de ellas de acuerdo con lo que se observe, en este caso al no tener antecedentes previos suficientes se opta por la aplicación de los principios de la filosofía Lean Manufacturing que hasta ahora están mal implementados o simplemente no existen dentro de la empresa.

Debido al posible desarrollo de nuevos proyectos; el cambio en la distribución de la planta y la compra de maquinaria nueva, se tiene la necesidad de desarrollar e implementar técnicas que ayuden a optimizar y estandarizar el sistema de producción de los productos más significativos (productos estrella) para la empresa que son aquellos que dejan una mayor utilidad y rentabilidad. Se pretende tener un mayor control de los procesos productivos, lograr una planeación basada no en datos estimados sino en datos reales y cotejables; además optimizar las líneas de manera eficiente evitando los nueve desperdicios conocidos en la filosofía Justo a Tiempo y obteniendo indicadores llave de producción (KPI) analizar más a fondo el proceso.

Para el análisis de la producción decidí primero analizar los procesos y operaciones de los diferentes productos a lo largo de toda la línea de producción con la finalidad de realizar el registro de tiempos y movimientos los cuales serán utilizados para su análisis y mejora al balancear las líneas de producción.

Con la implementación y mejora de reportes de producción que nos indiquen cómo va nuestro proceso, cómo están los diferentes productos y cómo se encuentra la línea de producción se podrán obtener factores necesarios para el cálculo de los KPI (OEE, específicamente) que serán la base para buscar las mejoras necesarias para la optimización ya que nos sirven para medir el proceso.

Aunado a esto, se realizará el análisis de herramientas de Lean Manufacturing para que una vez que se hayan hecho las pruebas necesarias y el estudio adecuado se seleccionen, implementen y mantengan las soluciones óptimas de operación creando una filosofía de disciplina y mejora dentro de la empresa.

### **c. Planteamiento del problema.**

En agosto de 2016 se empezó a notar que muchas veces se presentaba retraso de hasta 3 semanas en la entrega del producto terminado que se enviaba al cliente, principalmente en gabinetes. Esto generaba que no se cumplieran los términos de compra-venta que tenía la empresa; por lo que se llegaron a tener consecuencias graves como la cancelación del producto afectando directamente el buen funcionamiento de la planta, sus utilidades, el ámbito laboral e incluso la moral de los colaboradores.

Existieron casos en los cuales se perdieron clientes por la falta de aparente seriedad que se presentaba cuando se entregaba un producto que si bien cumplía con las especificaciones del cliente era entregado fuera de tiempo y forma.

Clientes que no tomaban en serio los contratos porque se daba por hecho que no se iba a entregar su producto en el tiempo que se solicitaba generando con esto pérdidas en tiempo y costo, algunos por la deuda con proveedores de materia prima ya comprada, otros por el inventario que se generaba de producto terminado (ya que los clientes dejaban el producto en la planta por meses). Transportes al mover de un lugar a otro producto que no era propiedad de la empresa, pero ya no tenía valor porque aún no se pagaba.

De septiembre de 2016 a marzo de 2017 se tuvieron 4 órdenes canceladas de producto en proceso y 3 productos terminados cancelados de un total de 30 (56.66%).

Este problema llamó la atención de todos los involucrados en los procesos de compras, ventas, producción, logística, ingeniería y planeación y surgieron varias interrogantes:

¿Qué ocasiona los retrasos en la entrega de productos?, ¿Cuáles son las causas raíz de estos problemas?, ¿Cuáles de estas causas son en las que más podemos intervenir?, ¿Cómo atacar de raíz estos problemas?

# **CAPÍTULO I. Conociendo la empresa**

**Objetivo:** Ofrecer un panorama general de la organización y hablar del impacto que genera el proyecto en ésta.

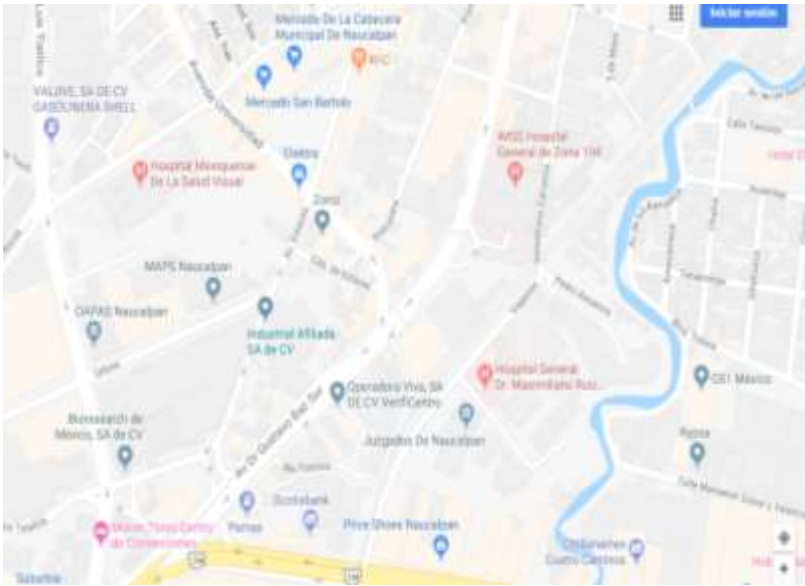
### **a. Industrial Afiliada S.A de C.V.**

Industrial Afiliada es una empresa de grupo Carso, dedicada a:

- Fabricar productos arquitectónicos a la medida.
- Fabricar gabinetes, racks, mobiliario urbano e interior.
- Brindar servicios para telecomunicaciones.

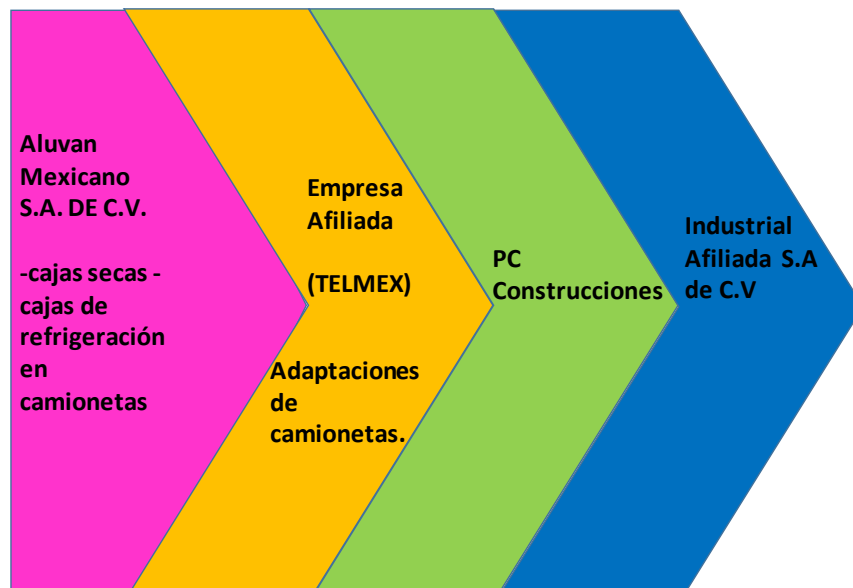


Inicialmente la empresa se llamaba Aluvan Mexicano, ésta se dedicaba principalmente a fabricar cajas secas y cajas de refrigeración en camionetas; la empresa se fusionó con la empresa Afiliada que en ese entonces pertenecía a Teléfonos de México y en donde se realizaban adaptaciones de camionetas para Telmex entre otros productos, y con PC Construcciones. La fusión de estas 3 empresas cambia su razón social a Industrial Afiliada (IASA) y realiza un primer cambio de domicilio a Iztapalapa el 17 de marzo de 1983.



En 1994, Industrial Afiliada S.A. cierra la antigua planta ubicada en la delegación Iztapalapa perteneciente a Aluvan Mexicano, la planta ubicada en el Estado de México (Barrientos, Municipio de Tlalnepantla de Baz) y una bodega ubicada en la avenida Adolfo López Mateos (PC Construcciones, Tlalnepantla de Baz, Estado de México), abriendo con esto una nueva planta en el municipio de Naucalpan de Juárez, Estado de México ubicada en la avenida Estacas en el barrio de San Bartolo.

Actualmente la empresa cuenta con distintas líneas de negocios que incluye casetas telefónicas, mobiliario urbano, gabinetes y rack's, carrocerías y adaptaciones, mobiliario, arquitectura y construcción. Con el tiempo la empresa se ha ido consolidado teniendo en la actualidad un aproximado de 200 trabajadores divididos en dos turnos, la organización ha evolucionado de acuerdo a los cambios que el mercado va demandando y es por ello se moderniza cada vez más, por ejemplo, de tener en un inicio máquinas troqueladoras manuales, hoy día cuenta con la tecnología de una máquina de corte por medio de láser.



I.a.1.Línea del tiempo Industrial Afiliada S.A de C.V.



## **Política de Calidad.**

“En Industrial Afiliada nuestro compromiso es desarrollar productos y servicios para los mercados en los que participamos, que satisfagan los requisitos acordados con los clientes en tiempo, calidad y precio, garantizando la rentabilidad de los accionistas , cumpliendo los requisitos legales aplicables y mejorando continuamente el desempeño del sistema de gestión del negocio, asegurando un crecimiento constante a través de nuestras unidades d negocio que son Gabinetes y Racks, Arquitectura y Construcción y Mobiliario Urbano e Interior”

## **Misión.**

Ofrecer productos y servicios de la más alta calidad, logrando la total satisfacción de nuestros clientes y generando valor para nuestros accionistas, colaboradores y sociedad de manera sostenida a través de nuestras unidades de negocio que son Gabinetes y Racks, Arquitectura y Construcción, Mobiliario Urbano e Interior y Servicios de Mantenimiento.

## **Visión.**

Ser reconocidos como la empresa líder y referente global en soluciones, productos y servicios integrales e innovadores con altos estándares de calidad dentro de los mercados donde participamos.

Lograremos la visión por medio de:

- ✓ Una cultura de calidad enfocada a los ceros defectos.
- ✓ Ser el mejor suministrador de nuestros principales clientes.
- ✓ La capacidad de innovar y buscar la excelencia.
- ✓ La participación y la unión de todos los integrantes de esta empresa.
- ✓ El reconocimiento profesional y económico a nuestra gente por los resultados obtenidos.
- ✓ La capacidad de concentrarse en todo lo necesario para el desarrollo de negocios.

## **Tecnología IASA**

En IASA somos un grupo de especialistas enfocados en el desarrollo constante de productos innovadores con lo último en tecnología. Por tal motivo contamos con lo más avanzado en tecnología de la industria manufacturera metal mecánica así como estrictas políticas de calidad.

### **Nuestros clientes**

Industrial Afiliada ha trabajado para cientos de empresas reconocidas mundialmente en los sectores de telecomunicaciones, publicidad, construcción, interiorismo, urbanismo, mobiliario, entre otros:

Somos una empresa 100% mexicana que cree que el trabajo y servicio de calidad son claves para la satisfacción de nuestros clientes y para lograr el éxito de nuestra empresa.

En IASA tenemos la capacidad para proveer una gran cantidad de productos y servicios a la medida de nuestros clientes a través de nuestras unidades de negocio.

## **Productos**

- Gabinetes interiores
- Gabinetes exteriores
- Racks
- Plantas de emergencia
- Prototipos
- Contenedores shelters
- Productos a la medida
- Proyectos Key on Hand

## **Arquitectura**

- Fachadas interiores
- Fachadas exteriores
- Recubrimientos
- Louvers
- Plafones
- Cancelería
- Productos a la medida

## **Proyectos exitosos**

- Centro comercial Nuevo Veracruz
- Cinemex Nuevo Veracruz
- Auditorio Banamex Monterrey
- CETRAM El Rosario
- CETRAM Azteca
- Centro comercial San Luis Potosí
- Criptas Plaza Mariana
- Chimenea Papalote Museo del Niño
- Edificio Juárez
- Inbursa Palmas
- Museo Soumaya
- Pepsi Center WTC
- Pantalla interior "Salón de la fama Pachuca"
- Tótem Plaza Carso

## **Mobiliario Urbano**

- Paradero de autobús
- Bancas
- Casetas telefónicas
- Puestos de revistas
- Puestos de flores
- Luminarias
- Mupis
- Islas y módulos de información
- Señalización

## **Mobiliario Interior**

- Vitrinas
- Mostradores
- Accesorios
- Productos de diseño específico

## Servicios

El área de Servicios en IASA se encarga entre otras funciones de la instalación y puesta en marcha de todos los gabinetes de propia fabricación. Así como asegurar el correcto funcionamiento tanto de los equipos IASA como de otros fabricantes tales como Emerson, MEI, Lineage Power, etc.

En IASA conocemos las necesidades de nuestros clientes y por ello proporcionamos entre otros los siguientes servicios:

- Instalación de Equipo
- Call Center
- Servicio de Mantenimiento Preventivo
- Servicios de Mantenimiento Correctivo
- Atención a servicios de Emergencia

Con estos servicios atendemos toda la vida útil de la base instalada de los equipos de nuestros clientes, desde la instalación de los mismos, hasta el mantenimiento y en su caso su sustitución.

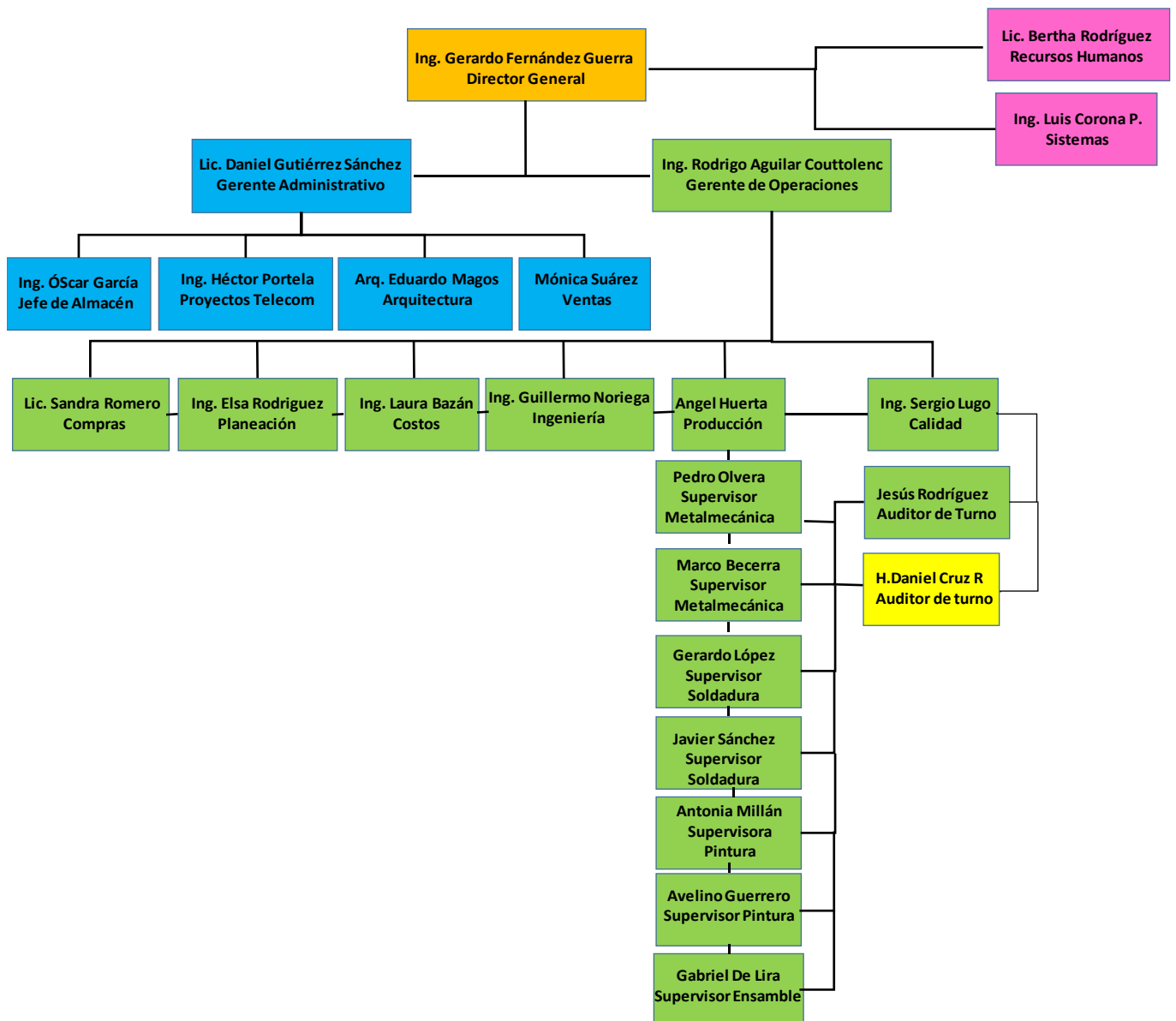
Contamos con técnicos altamente especializados en cada uno de los equipos de los cuales nuestros clientes nos han dado la confianza de su instalación y mantenimiento.

## b. Descripción del puesto de trabajo y participación en la empresa.

Industrial Afiliada (IASA) tiene básicamente 2 direcciones: Operaciones y Administración. Dependiente de la Dirección de Operaciones se encuentra la Gerencia Técnica dividida en 6 jefaturas: Ingeniería, Planeación, Control de Calidad, Costos, Producción y Manufactura.



### INDUSTRIAL AFILIADA Organigrama Administrativo



**NOTA**

Las áreas de Recursos Humanos y Sistemas dependen directamente de Grupo Carso, sin embargo se cuenta al Director General como Jefe Inmediato.

### I.a.2.Organigrama IASA

Mi puesto es el de Auditor de Calidad reportando directamente a la Jefatura de Control de Calidad, apoyando de manera directa a las áreas de Producción, Manufactura, Ingeniería, Almacén y Arquitectura. Las obligaciones principales de este puesto son las siguientes:

- Inspección, seguimiento y liberación de Materia Prima: Por medio de muestreos con base en las Tablas Militar Estándar se inspeccionan variables y atributos en lotes y unidades. Al ser una empresa dedicada a la producción y comercialización de productos diversos, se inspecciona material de todo tipo: láminas y rollos de aluminio, CRS y Acero inoxidable, material de empaque, material eléctrico (capacitores, reguladores, baterías, aires acondicionados, etc), pinturas, tornillería, acrílicos y cristales, perfilería.
- Seguimiento a las piezas y lotes: Una vez que comienza la producción se inspecciona la primera pieza que sale de la máquina, se libera o rechaza según funcionalidad y variables indicadas en los planos. Se identifica y se le da seguimiento junto a las piezas muestreadas del lote. Las muestras de cada lote se identifican hasta el final del proceso que generalmente es en ensamble.
- Inspección y liberación de producto terminado: Una vez ensamblado el producto, se hace una inspección usando nuevamente las tablas Militar Estándar, se usa un nivel de calidad aceptable de 2.5 (marcado en el procedimiento de liberación de producto), se lleva registro de los tiempos de entrega del producto final y se le da seguimiento hasta que es entregado al cliente, aquí es donde comenzó el proyecto de mejorar el proceso de entrega que se explicará a detalle más adelante.
- Seguimiento a rechazo de materiales y problemas en línea ocasionados por material defectuoso : La Materia Prima es muestreada por un auditor de calidad cuando esta arriba a la planta, en caso que se detectara una no conformidad o que no cumple las especificaciones notifican al área de compras para que se emita un reporte de Producto No Conforme y se pueda solicitar la reposición del material así como un reporte de investigación de la causa que originó el problema y las acciones correctivas para evitar que el problema se presente nuevamente, este reporte lo envían los proveedores de los materiales. Algunas veces los problemas no son detectados durante el muestreo y salen a la luz hasta que ya se encuentran en línea de producción, para estos casos también se notifica al área de compras para poder pedir el reporte de investigación y acciones correctivas y la reposición del material en caso de ser necesario.
- Toma de decisiones respecto a cambios en el proceso basándome en criterios como la capacidad de la planta, el tipo de producto, la capacidad del proceso, recursos, tiempo, prioridades, tipo de cliente, etc. Puedo determinar si el proceso se detiene o no con base en el análisis de los procesos y el control de la producción.
- Realizo técnicas de Estudio del Trabajo para efficientar tiempos y movimientos, realizar balanceo de líneas de producción y estandarizar el trabajo. Todo esto adaptándose a las capacidades de personal, proceso y recursos.

- Obtengo indicadores de producción, llámese KPI para a través de éstos medir y mejorar los procesos productivos, esto haciendo uso de Lean Manufacturing que es de vital peso para todo el proyecto.
- Aplicando herramientas ya conocidas y manejadas, desarrollo estándares de producción y se puede invitar a trabajar de manera conjunta con los departamentos de Planeación, Costos y Producción (directamente con este último) para obtener la factibilidad de producción de distintos proyectos con base en los requerimientos y limitaciones físicas, económicas y humanas.
- Participé activamente en el proceso para lograr la certificación ISO 9001-2015 en el Sistema de Gestión de Calidad.

## Impacto de mi formación profesional en el Proyecto.

Aunque el proyecto tiene sus bases en metodología DMAIC y herramientas Lean Six Sigma, fue necesario hacer uso de otros conocimientos.

DMAIC es solo una guía para encontrar soluciones a problemas dentro de los procesos, sin embargo, si no se complementa con una formación de ingeniería, la obtención de datos puede no ser la más correcta, dando como resultado un mal análisis de la situación.

A continuación se presenta una breve recopilación de aquellos temas que mayor impacto tuvieron en el proyecto junto con sus respectivas asignaturas.

- **Reingeniería de sistemas:** Estas asignatura fue la que conformó los pilares de éste proyecto. Reingeniería de sistemas, me dio herramientas de aplicación y me enseñó los conceptos básicos de la metodología Lean Six Sigma (DMAIC, Kaizen, VOC, tipos de desperdicio, etc), lo que conforma casi en su totalidad el desarrollo de este proyecto.
- **Ingeniería industrial y productividad:** Esta asignatura fue realmente útil en este proyecto, sobre todo por los conceptos básicos de Ingeniería Industrial. Además de por actitudes y definiciones que aprendí durante la asignatura, como el hecho que un Ingeniero Industrial no puede ser introvertido o la frase "siempre hay un método mejor" la cual siempre he tenido presente a lo largo de mi carrera profesional.
- **Temas Selectos de Producción** Me ayudó a conocer los principios de Six Sigma y su aplicación así como la metodología usada como base de este proyecto.
- **Estudio del trabajo:** De vital importancia para los estudios de tiempos y movimientos, balanceo de líneas.
- **Diseño de sistemas productivos:** No directamente, sin embargo, fue útil de una manera indirecta, es decir, para conocer los antecedentes que se deben tener en los parámetros para localización de una planta, principios generales de movimiento y almacenaje de materiales, y tipos de mantenimiento.
- **Sistemas de Calidad:** Me dio modelos de aplicación, herramientas como el muestreo y el uso de tablas para determinar lo bueno o malo de un lote.

## **CAPÍTULO II. Marco de referencia**

Objetivo: Dar a conocer las bases teóricas elementales que han de servir para la aplicación del proyecto.

### **a. Lean Manufacturing.**

Tiene su origen alrededor de la década de los 50's en la empresa japonesa Toyota la cual se encontraba sumamente presionada debido a que se hallaba al borde de la bancarrota. Por otro lado, en los Estados Unidos la automotriz Ford se jactaba de ser mucho más eficiente que Toyota, esto en gran medida gracias a las invenciones de Henry Ford.

Este suceso lleva a Toyota a plantearse una cosa: alcanzar los niveles de producción de Ford en un plazo de tres años. Es entonces cuando el Vicepresidente de Toyota Taiichi Ohno, al fijarse la meta de "entregar el material, en la cantidad justa, con la calidad perfecta, en el sitio correcto y un poco antes de ser necesitado" crea lo que hoy conocemos como "Just In Time" (Justo a Tiempo o Sistema de Producción Toyota).

La filosofía Lean tiene como una de sus bases la eliminación de desperdicios; es decir, cualquier recurso tangible o intangible que no agregue valor al producto.

Comúnmente se tienen 9 desperdicios:

1. Exceso de producción.
2. Transporte.
3. Demoras.
4. Re procesos.
5. Inventarios.
6. Defectos.
7. Operaciones innecesarias.
8. Talento de la gente.
9. Re-priorización.

El recurso humano es el aspecto más importante de una compañía. Un equipo fuerte de gente preparada puede fácilmente deshacerse de los desperdicios.

El principio del JIT es basar el manejo de decisiones en un propósito y pensar a futuro, tener procedimientos para la resolución de problemas, agregar valor a la organización al desarrollar a sus empleados, y finalmente reconocer que resolver continuamente las causas de los problemas llevará a la organización al aprendizaje. <sup>(1)</sup>



## b. Six Sigma.

Six Sigma es un acercamiento para manejar la variación que fue dada a conocer por Motorola. Existen dos definiciones de 6 Sigma: una definición técnica y una definición cultural.

1. Definición técnica: Six Sigma es un término estadístico usado para medir el desempeño de los productos y procesos contra los requerimientos de los clientes. Por definición, un paso en el
2. proceso que se encuentre operando a un nivel 6 Sigma produce únicamente 3.4 defectos por millón.

2. Definición cultural: Six-Sigma es una filosofía empresarial que lleva a la organización hacia un desempeño de clase mundial y satisfacción del cliente. Está basado en principios científicos, incluyendo procesos para la toma de decisiones basados en datos y hechos.

El propósito de Six Sigma es llevar los defectos a niveles extraordinariamente bajos, tener una producción continua, y superar las expectativas del cliente constantemente. Es una implementación rigurosa, y altamente efectiva de principios y técnicas de calidad comprobada. Es posible medir el desempeño de una organización a través del nivel sigma de sus procedimientos internos.

La metodología Seis Sigma es una serie de herramientas y métodos cuyo objetivo es mejorar la calidad de nuestros resultados por medio de la identificación y reducción máxima de la variabilidad en un proceso, no atacando el resultado sino la causa raíz del problema.

Podemos afirmar que, más que solo un nombre y una técnica, es un término que inició en los procesos de manufactura, y es asociado con modelado estadístico. Cuando decimos que un producto o servicio llega a un nivel de desempeño Six Sigma nos referimos a que tan solo 3,4 partes por millón salen de nuestros límites de control. <sup>(2)</sup>

<b>Nivel de desempeño Sigma</b>	
<b>Nivel Sigma</b>	<b>Defectos por Millón (DPMO)</b>
<b>1</b>	<b>690 000</b>
<b>2</b>	<b>308 537</b>
<b>3</b>	<b>66 807</b>
<b>4</b>	<b>6 210</b>
<b>5</b>	<b>233</b>
<b>6</b>	<b>3.4</b>

Tabla 1. Niveles Sigma.

### c. Sinergia de Lean Manufacturing y Six Sigma.

Aunque algunas veces se piense que Six Sigma y Lean Manufacturing son la misma metodología, cada una tiene un objetivo diferente, un enfoque y herramientas diferentes.

Tanto Manufactura Esbelta como Six Sigma pueden utilizarse de manera independiente sin requerir una de la otra. Aun así el usarlas una junto con la otra es de gran importancia debido precisamente a los enfoques de cada una: Six Sigma es una metodología cuyo objetivo es eliminar la variación en un producto y la prevención de errores mientras que Lean es un programa dominante para eliminar desperdicio. Así pues entonces, la conjunción de ambas ayuda a producir resultados más rápidamente.

Al unir ambos obtenemos Lean- Six Sigma: Un esfuerzo por mejorar velocidad y calidad del producto al mismo tiempo y bajo las distintas condiciones. Ambas metodologías interactúan y se refuerzan mutuamente.

Lean Six Sigma ayuda a mejorar nuestros procesos y a innovarlos, es una fusión de mejoramiento de procesos a través de métodos que se enfoca en los requerimientos del cliente y mejora de nuestros procesos internos. Toma en cuenta, sin embargo, otros factores como: infraestructura, métodos, liderazgo y herramientas.

Se usa en muchas empresas principalmente porque aumenta la calidad al eliminar la variación, reducir el tiempo de ciclo y los costos.

¿Por qué debe existir esa sinergia?

- Lean no habla sobre control estadístico del proceso.
- Six Sigma no puede por sí solo mejorar dramáticamente la velocidad en los procesos o reducir el capital invertido.

Minimizar la variación en los procesos tiene varias ventajas como: elevar la moral de los colaboradores, reducción de defectos y mejora en las utilidades, incluso con Lean- Six Sigma se especifica la variabilidad de manera que el producto o servicio exceda la calidad y confiabilidad del cliente.

Debe ir enfocada siempre y sin excepción a la satisfacción del cliente.

“Si la satisfacción del cliente es el problema, usando Lean 6 Sigma podemos convertir esto en un problema estadístico que podamos analizar, usando las herramientas estructuradas de 6 Sigma, y de esta manera transformarlo en una solución estadística para después pasarlo a una solución práctica. Si se puede definir lo que va después y cuantificar aquellos factores que son críticos para la calidad, entonces es factible aplicar Lean 6 Sigma”. <sup>(3)</sup>

#### d. Metodología DMAIC.

“Define, Measure, Analyze, Improve and Control” (DMAIC por sus siglas en inglés) es una metodología utilizada en la mejora de procesos tanto operativos como administrativos. Esta metodología tiene pasos bien definidos y estandarizados en cada una de sus etapas; sin embargo, los pasos que se llevan a cabo en cada una de éstas pueden variar dependiendo primeramente del problema a atacar así como de las fuentes y referencias consultadas.

En la etapa Define (Definir) es dónde se define el problema y se establece el alcance del proyecto. La siguiente etapa Measure (Medir) es entender el proceso actual, observar y analizar cómo están tus procesos. En Analyze (Analizar) se analizan los datos tomados durante la etapa anterior y así encontrar la raíz de los problemas identificados. Posteriormente se entra a la etapa Improve (Implementar o Mejorar) en donde se desarrollan e implementan las recomendaciones de mejora. Así finalmente se desarrolla la etapa Control (Controlar) en donde se busca que las mejoras tienen un impacto positivo que se debe mantener.

DEFINIR	MEDIR	ANALIZAR	MEJORAR	CONTROLAR
1. Creación del “Project Charter”.	5. Se define el proceso actual.	8. Diagrama de valor.		
2. Identificar a los clientes.	6. Definición detallada de la voz del	9. Diagrama causa-efecto.	12. Identificar las causas	14. Medición de
3. Identificar la voz del cliente y los CTQ’s.	7. Se definen los CTQ’s.	10. 5 ¿por qué’s?	13. Ejecución de soluciones.	15. Desarrollo de planes futuros.
4. Selección del equipo y lanzamiento del proyecto.		11. Tormenta de ideas.		

Tabla 2. Metodología DMAIC.

- **DEFINIR.**

Definir es una etapa muy importante puesto que de hacerse de la forma correcta reduce problemas durante las siguientes etapas del proyecto. Hay que dedicar el tiempo necesario a la definición del alcance de nuestro proyecto.

Se enumeran a continuación los pasos a seguir para desarrollar esta etapa.

#### 1.- Creación del Project Charter.

Aquí hay que identificar y plantear el problema. El Project Charter (carta del proyecto) ayuda a identificar los elementos del problema y marcar las metas del mismo. Éste se compone por:

- i. Descripción del proceso.
- ii. Descripción del problema.
- iii. Meta del proyecto.
- iv. Objetivo.
- v. Capacidad del proceso.
- vi. Recursos necesarios.
- vii. Costos.
- viii. Beneficios.

#### 2.- SIPOC/PEPSU.

SIPOC (PEPSU en español) es una herramienta que ayuda a entender el o los procesos y visualizar el alcance del proyecto. Muestra la relación que hay entre los clientes y los proveedores y cómo interactúan en el proceso. Identifica las entradas y salidas. Los pasos del proceso transforman las entradas en las salidas.

#### 3.- Mapa del proceso.

Un proceso es la descripción de actividades que transforman las entradas en salidas. Un mapa del proceso es una representación gráfica del proceso. El mapa se basa en el proceso actual encontrado en el SIPOC. Esta herramienta ayuda a entender el proceso identificando ineficiencias y actividades que no agregan valor (desperdicios).

#### 4.- Identificar la voz del cliente y los CTQ's.

La voz del cliente (VOC) se usa para escuchar los requerimientos y necesidades de un cliente. Ésta a la vez se usa para identificar los CTQ's que se refiere a aquellos elementos que más pueden afectar las necesidades del cliente.

#### 5.- Formación del equipo y lanzamiento del proyecto.

Se sabe que un equipo es un grupo de personas trabajando en conjunto para lograr un objetivo en común. En este caso el equipo para este proyecto Lean Six-Sigma debe ser seleccionado de entre los miembros de la organización que tengan conocimiento del proceso y el compromiso

para trabajar en el proyecto. Los roles y responsabilidades de los miembros del equipo del proyecto deben estar claramente definidos.

- **MEDIR.**

Esta etapa tiene como objetivo entender y documentar el estado actual del proceso que deseamos mejorar, es decir, reunir detalladamente la información de la voz del cliente.

- 1.- Definir el proceso actual.

El primer paso de la segunda etapa es describir el estado actual del proceso haciendo uso de herramientas como SIPOC y el mapeo de procesos para documentar: los pasos actuales, la información que se utiliza, las personas que realizan las actividades y los clientes internos y externos de los servicios.

- 2.- Encontrar información detallada de la VOC.

La información del VOC debe ser reunida para definir los alcances y requerimientos del cliente. Se puede conseguir por medio de encuestas, estudios, grupos de enfoque al cliente, quejas, información de garantías, etc. Todo esto con el fin de identificar los datos que afectan directamente a los CTQ's (Critical To Quality).

- 3.- Gráfica de Pareto.

Se conoce también como regla del 80/20 y establece que 80% de los problemas son originados por 20% de las causas; ayuda a identificar áreas críticas que causan la mayoría de los problemas. Nos da un panorama de los factores más críticos sobre los muchos triviales. Estos factores se analizarán en la siguiente etapa. Nos ayuda a priorizar los problemas y enfocarnos a eliminar los que ocurren con mayor frecuencia.

- **ANALIZAR.**

Su propósito es analizar los datos recolectados durante la etapa anterior para encontrar las causas raíz de los problemas y encontrar su posible solución así como la capacidad del proceso. Tiene varias herramientas:

- 1.- Diagrama Causa-Efecto o de Espina de Pescado.

Es una herramienta gráfica que permite visualizar la relación de un problema con sus posibles causas.

- 2.- Estudio de la Capacidad del Proceso.

La capacidad del proceso es la habilidad de un proceso de producir productos o proveer servicios capaces de cumplir con las especificaciones establecidas por el cliente. La capacidad del proceso se basa en el desempeño de productos o servicios individuales contra las especificaciones. Los pasos para desarrollar un estudio de la capacidad del proceso son los siguientes:

- 2.1. Definir la métrica o característica de calidad. Desarrolla el estudio de la capacidad del proceso para las métricas que miden los CTQ's definidos en la etapa "Medición".

- 2.2. Reúne los datos en el proceso para la métrica, toma de 25 a 50 muestras.
  - 2.3. Realiza un análisis gráfico (histograma).
  - 2.4 Desarrolla una prueba de normalidad.
- 3.- Determinar si el proceso está controlado y es estable utilizando gráficos de control.

- **MEJORAR.**

Mejorar es identificar recomendaciones de mejora, diseñar el estado futuro, implementar proyectos piloto, ejecutarlos y documentar el nuevo proceso.

1. Identificación de recomendaciones de mejora.

El equipo previamente formado debe identificar recomendaciones de mejora utilizando los datos recolectados en las primeras 3 etapas. Estas recomendaciones deben estar enfocadas a eliminar las causas raíz de los principales problemas. El equipo debe tomar medidas y anticiparse a aquello que pueda salir mal (prevenir las causas-raíz) y diseñar planes para trabajar en atacar esas causas. Todas las recomendaciones pueden ponerse en una lista describiendo cada una de ellas.

2. Análisis de factibilidad.

Es básicamente el análisis de la viabilidad de las recomendaciones hechas previamente.

3. Ejecutar.

Se aplican las recomendaciones elegidas. Se recomienda seguir procedimientos para los cuales debe haber una capacitación previa.

- **CONTROLAR.**

En la etapa control se miden los resultados de los proyectos piloto y se desarrollan planes futuros de mejora.

1. Medición de resultados y gestión del cambio.

El equipo debe identificar que el entrenamiento y las capacitaciones se llevaron a cabo correctamente. Deben juntar datos y analizarlos para asegurar que se lograron mejoras en el desempeño del proceso. Posteriormente el equipo debe gestionar el cambio para pasar de los proyectos piloto a una mayor escala. <sup>(4)</sup>

## **CAPÍTULO III. Desarrollo**

Objetivo: Informar sobre cómo se desarrolló el proyecto.

### **a. Definir.**

Establecer una definición clara del problema, nos garantiza que el análisis de causas, parta con un propósito claro. Se comienza por definir el qué, dónde y cuándo del problema.

#### **¿Qué?**

Reducir los tiempos de entrega del producto terminado sin tener un solo día de retraso, asegurando la calidad requerida por el cliente.

#### **¿Dónde?**

En la línea de producción del producto.

#### **¿Cuándo?**

Durante la producción de muebles, racks, fachadas y gabinetes.

#### **Importancia**

- Evitar 9 desperdicios en la producción.
- Asegurar que los tiempos estándares de las actividades se cumplen. 120 gabinetes/ semana.
- Ayudar al departamento de producción a cumplir con el programa de producción.



## **Project charter**

### **PROJECT CHARTER (Industrial Afiliada S.A de C.V.)**

#### **I. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

Por cada nuevo proyecto, se le entrega al área de producción junto con el contrato de compra-venta, una carta donde se especifica además de detalles y especificaciones del producto, tiempos y modos de entrega y un número de orden con el cual le puede dar seguimiento a éste. Se entrega después una lista de materiales.

El área de producción comienza a planear el corte (si se requiere) y requisición de los materiales especificados y empieza a pedirlos al AMP para que se vayan surtiendo conforme se piensa que se van a requerir.

El AMP previa hoja de requisición de Planeación, surte el material adecuado al área de producción. Al mismo tiempo el área de diseño le proporciona un juego de planos con las especificaciones del producto.

El área de planeación hace un estimado estadístico de los tiempos de producción, arribo de materiales críticos y demás y con base en ello determina una fecha de entrega tentativa del producto.

#### **II. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

De septiembre de 2016 a marzo de 2017 se tuvieron 4 órdenes canceladas de producto en proceso y 3 productos terminados cancelados de un total de 30 (56.66%).

#### **IMPACTO AL NEGOCIO**

- ∞ Punto crítico en auditoría interna y externa
- ∞ Costos de cancelación y pérdida de clientes
- ∞ Baja moral del personal
- ∞ Falta de comunicación entre las áreas administrativas y operativas.

#### **III. ALCANCE DEL PROYECTO**

El proyecto estará enfocado en el proceso de producción que es el más crítico y largo dentro de la organización y es el único que no está planeado porque no se tienen estándares ni métodos para hacerlo.

#### **IV. OBJETIVO**

Reducir el número de productos terminados rechazados por los clientes a no más del 5% de la orden total, disminuir los tiempos de entrega ante el cliente cuidando siempre la calidad y por este medio recuperar la confianza de nuestros clientes además de atraer más de ellos, para el segundo semestre de 2017 (julio).

## V. CAPACIDAD DEL PROCESO

### Oportunidad:

Todos los gabinetes, fachadas y muebles fabricados y pedidos como prototipos que son cancelados porque no se entregan a tiempo.

### Defecto

Al finalizar el proceso de producción no tener más de 5 % de cancelaciones por incumplimiento en el tiempo de entrega (3 días después de lo acordado).

### **DPMO y Nivel Sigma del Proceso**

Se presenta el cálculo del nivel sigma para el proceso de Producción.

Número de unidades procesadas =5485

Número total de defectos = 3661

Defectos por oportunidad (DPO) = 0.417

DPMO =41700

De la tabla 1 se determina el valor que más se acerca a 41700 siendo este: sigma = **3.2**

## VI. RECURSOS

Nombre	Rol	Tiempo invertido (%)
Rodrigo Aguilar	Líder del proyecto	100
Esteban Bernal	Gerente de Producción	100
Elsa Rodríguez	Jefa de Planeación	10
Sandra Romero	Gerente de Compras	10
Guillermo Noriega	Jefe de Ingeniería	10
Sergio Lugo	Jefe de Control de Calidad	100
Daniel Cruz	Auditor en turno	80
Jesús Rodríguez	Auditor en turno	80

Tabla 3. Recursos

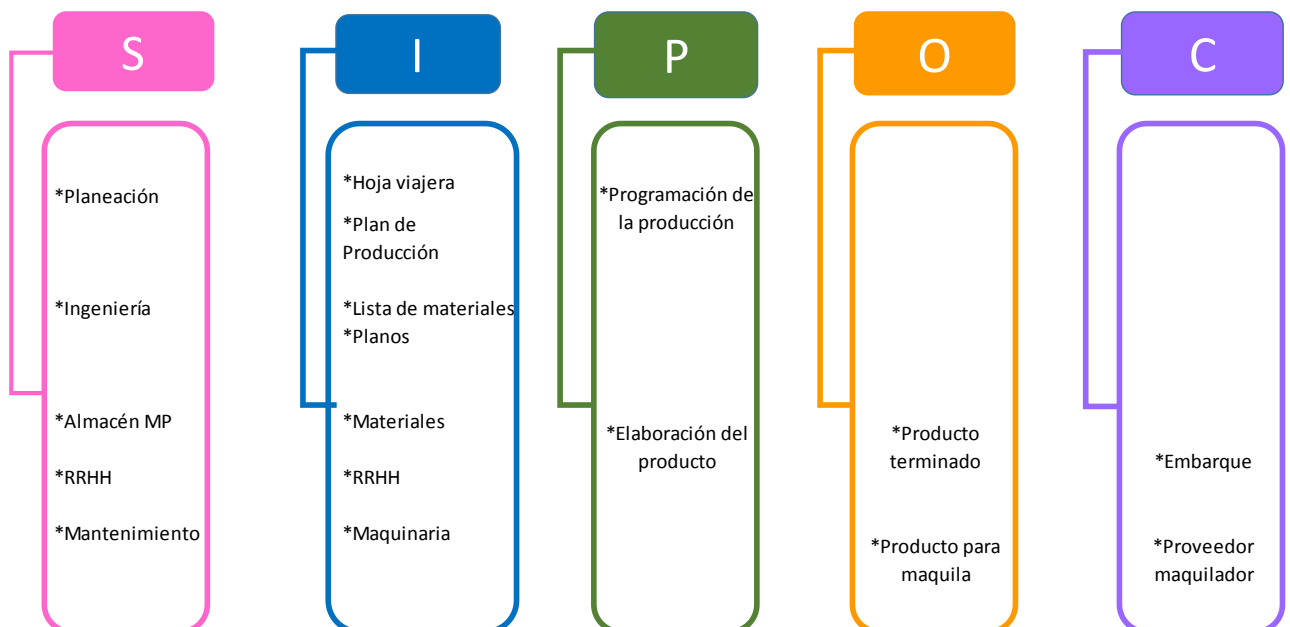
## VII. COSTOS

- ∞ Horas hombre invertidas en retrabajos y en procesos que no se concluyen por cancelación de pedidos.
- ∞ Costo de oportunidad de ganar clientes nuevos.
- ∞ Costo de almacenar producto terminado que no puede ser vendido.
- ∞ Ingresos dejados de percibir por clientes que ya no hicieron pedidos y por malas referencias.
- ∞ Ingresos dejados de percibir de clientes potenciales por malas referencias.

## VIII. BENEFICIOS

- ∞ Reducción de los costos mencionados en punto VII.
- ∞ Mayor número de clientes satisfechos con productos entregados en modo y a tiempo.
- ∞ Aumento de horas hombre invertidas en otros procesos que traigan beneficios para la Organización.
- ∞ Generar Impacto positivo en la imagen de la empresa.
- ∞ Aumentar el número de recomendaciones positivas de clientes satisfechos con el servicio.

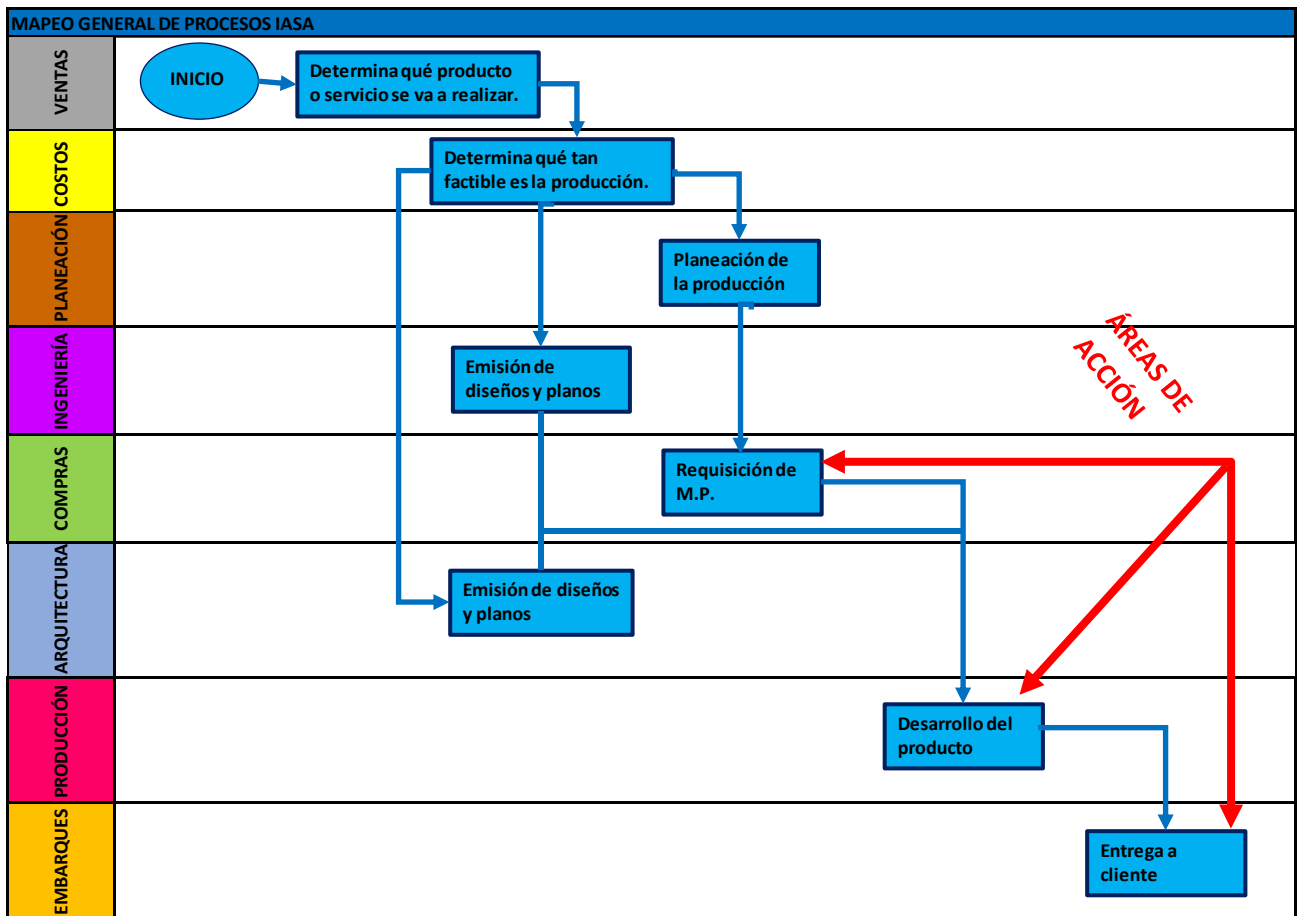
Antes de presentar el diagrama del proceso, se procede a analizar el "SIPOC". Se trata de una herramienta en la que podemos ver en forma gráfica los pasos de un proceso, las entradas, proveedores de las entradas, así como las salidas y los clientes del proceso. SIPOC son las siglas en inglés de Supplier (proveedor), Inputs (entradas), Process (proceso), Outputs (salidas) y Customers (clientes).



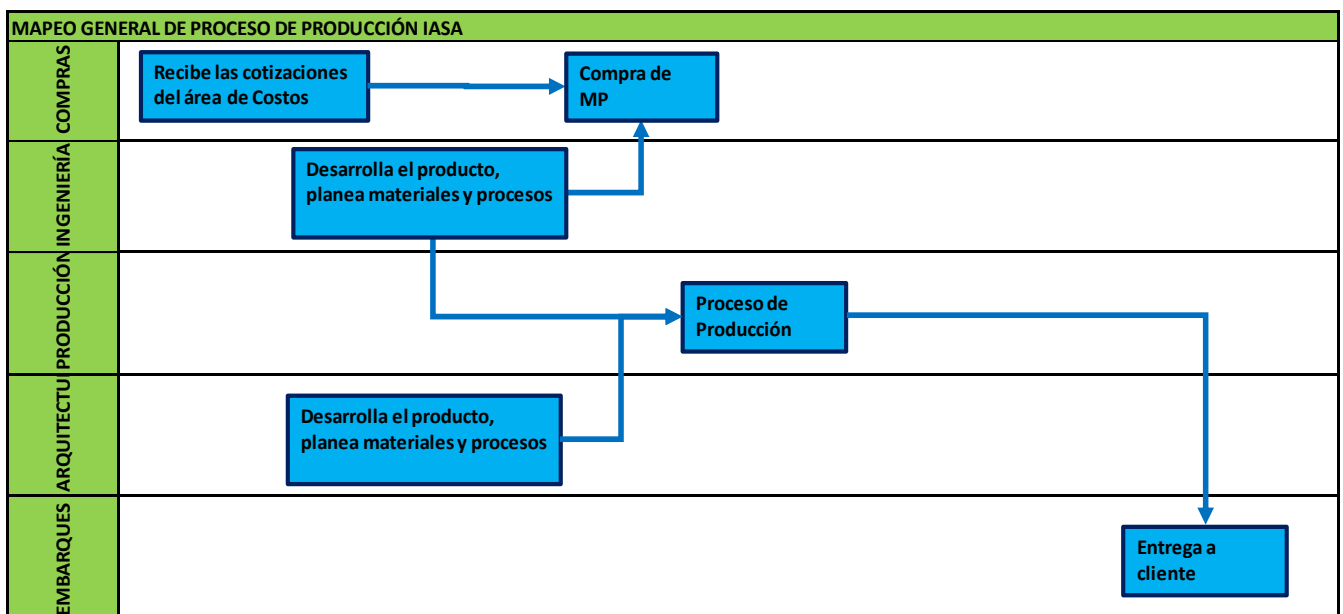
III.a.1. SIPO

Diagramas de Procesos.

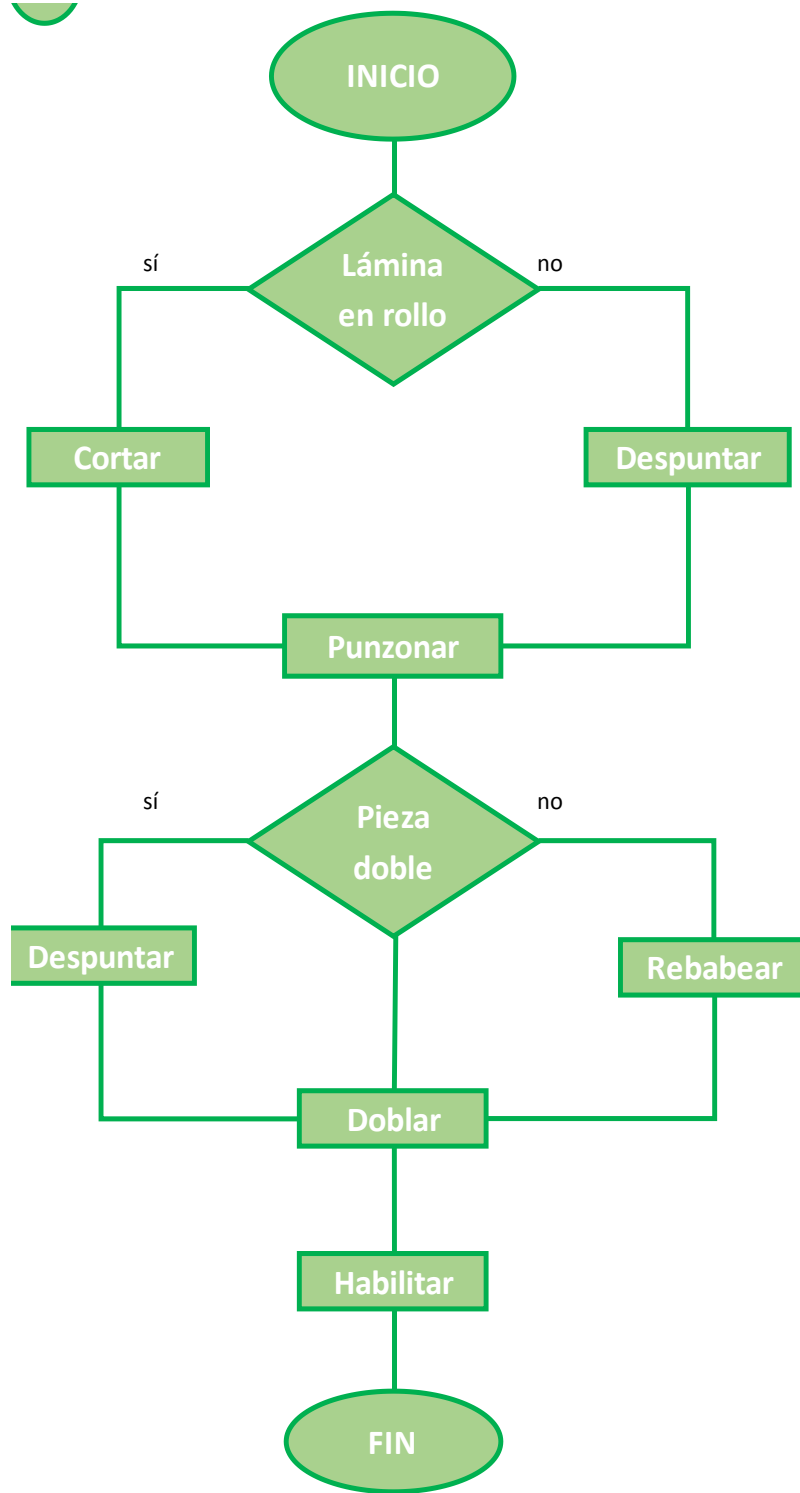
Nos enfocamos solamente en el proceso de producción ya que este es el que queremos analizar.



III.a.2. Diagrama de Procesos y posición dentro de la compañía

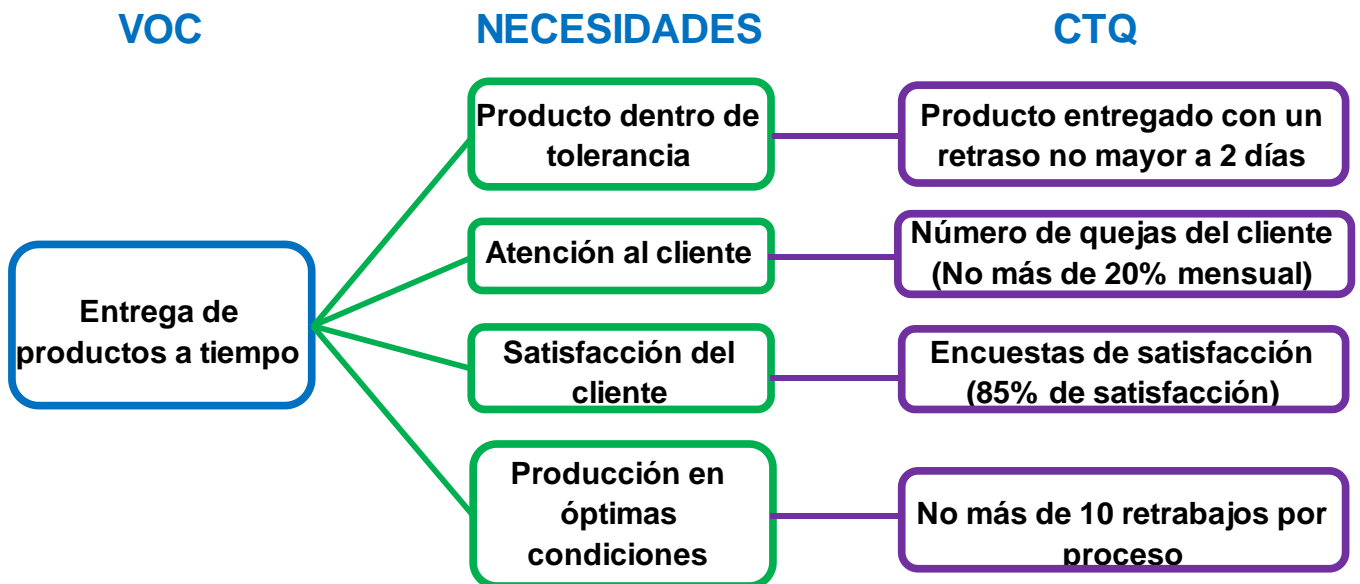


III.a.3. Diagrama de Procesos de Producción



III.a.4. Diagrama de Flujo de Producción

Como sabemos quién es nuestro cliente principal en este proceso, entonces podemos analizar la “voz del cliente”, es decir lo que el cliente espera de este proceso. En nuestro caso se define que el cliente final es el cliente mismo el cual espera que su producto se entregue a tiempo. Al utilizar la siguiente herramienta vamos a identificar los CTQ’s que más afectan la voz del cliente. CTQ son las siglas de “Critical to Quality” y son aquellas características medibles de un proceso cuyo desempeño afecta directamente la satisfacción del cliente y son tomadas como características clave. Se muestra a continuación la voz del cliente (o también VOC por sus siglas en inglés [voice of customer]).



### III.a.5. VOC

Ahora que se conocen los CTQ’s que afectan directamente las necesidades del cliente se procede a realizar una matriz de priorización de los pasos del proceso vs los CTQ’s.

Esta matriz tiene como fin ponderar para encontrar aquellos pasos del proceso que más afectan a los CTQ’s. Primero se van a ponderar los CTQ’s, después se califican los procesos de cada renglón acorde al impacto que tienen en cada CTQ. Por último la calificación se obtiene al sumar el puntaje de cada CTQ multiplicado por la calificación de impacto.

PRIORIDAD		3	2	1	4	
#	PROCESO	Producto entregado con un retraso no mayor a 2 días	Número de quejas del cliente	Encuestas de satisfacción	No más de 10 re trabajos por proceso	TOTAL
1	Entrega de especificaciones y O.C.	3	3	1	3	28
2	Entrega de lista de Materiales	3	1	1	1	16
3	Realización de hojas de corte	1	1	1	5	26
4	Recepción de MP	1	1	1	1	10
5	Recepción de planos	5	1	1	5	38
6	Producción	5	5	5	5	50
7	Empaque y embale	1	1	1	1	10
TOTAL		19	13	11	21	

<b>Escala de evaluación</b>
1= No relacionado
3= Relacionado lejanamente
5= Muy relacionado

### III.a.6.Matriz de Priorización

Como se puede observar en la matriz, la entrada que más afecta a los CTQ's es Producción. Con esta información se da por concluida la fase Definir y se entra en la siguiente: Medir.

## **b. Medir.**

La segunda etapa de la metodología consta de hacer la medición por medio de datos históricos y así saber cómo se comporta actualmente nuestro proceso, ver las variaciones, etc. Para ello se procede a coleccionar datos críticos.

Se tuvo una charla con los líderes del proyecto en donde se definieron los puntos más importantes de un histórico, con eso se crea una base de datos con todas las órdenes que presentaron retrasos al ser entregadas, en esta base se registraron los siguientes datos de cada orden:

- ∞ Fecha de pedido.
- ∞ Cliente.
- ∞ Orden de producción.
- ∞ Fecha de arribo de materiales críticos.
- ∞ Fecha de inicio de producción.
- ∞ Fecha de entrega.

Como primer paso se analiza la capacidad de nuestro proceso con base en los días de retraso en la entrega, para ello tomamos 0 días de retraso como Límite Inferior de Especificación (LIE) y 5 días de retraso como Límite Superior de Especificación (LSE).

Se estableció para este proyecto que el alcance eran todas las órdenes de producción, completas y en proceso y que por lo tanto para analizar la capacidad se necesitaba conocer con precisión días de retraso en la entrega de órdenes de producción completas y en proceso, el área de calidad no contaba con esa información. Sin embargo, el área de costos tenía dicha información que recababa directamente con el área de ventas ya que las áreas de calidad y ventas no tienen relación directa. Los datos pueden observarse en la siguiente tabla.



No.	ORDEN	ESTATUS DE LA ORDEN DE FABRICACIÓN	CÓDIGO (PRODUCTO)	NOMBRE DE GABINETE	CANTIDAD POR ORDEN	ESTATUS FINAL
1	V00029	CERRADA	PG0000048	GABINETE OXI	1	A
2	V99974	CERRADA	TV0000031	LOUVERS CUARTO DE BOMBAS	1	B
3	E16063	CERRADA	TGB7356006-01	MODULO DE ELÉCTRICA PARA TBA 7356	5	B
4	E16034	CERRADA	TGB7330008	GABINETE 7330 V2	100	B
5	E16061	<b>ABIERTA</b>	PG0000048	GABINETE OXI FINGER	10	<b>F</b>
6	E16066	<b>ABIERTA</b>	TG0000051	GABINETE DE INTERIOR P/SWITCH	6	<b>F</b>
7	E1606401	CERRADA	TG0000050	GABINETE TETRA FR400	3	C
8	E1606701	<b>ABIERTA</b>	TG0000052	GABINETE DE INTEMPERIE P/SWITCH	2	<b>F</b>
9	E17001	CERRADA	PG0000024	PANEL MICROPACK	60	A
10	E16015	ABIERTA	TGIWS002	GAB. BBU CARRIER ETHERNET C/A.A.	1000	N/A
11	E17007	ABIERTA	PG0000024	PANEL MICROPACK	60	A
12	EQ003401	<b>ABIERTA</b>	TU0000010	BOTE DE BASURA 180x180 MM	8	<b>F</b>
13	EQ003501	CERRADA	TU0000008	BANCA 2.25x0.40x0.43 M	2	E
14	EQ003601	CERRADA	TA0000070	TOTEM INOX. 2.44x5.31 M	1	C
15	V00034	CERRADA	TM0000031	VITRINA HORIZONTAL TIPO JOYERIA VERSION BASICA	1	C
16	E1701001	CERRADA	TUPAR003	PARADERO METROPOLITANO V2	10	E
17	E17012	<b>CERRADA</b>	TG0000062	GABINETE OXY GUARD FINGER	10	<b>F</b>
18	E1701501	CERRADA	PG0000024	PANEL MICROPACK	49	A
19	V00042	CERRADA	PG0000066	GUT FULL OUTDOOR V2	1	A
20	E17018	CERRADA	TG0000055	GABINETE P/VIDEOVIGILANCIA	73	B
21	E17025	<b>CERRADA</b>	TT0000002	PORTA ESCALERA SENCILLA SPARK	4	<b>F</b>
22	V0035	CERRADA	PG0000059	GABINETE FUERZA UNICA ELECTRONICA	14	B
23	V0036	CERRADA	PG0000060	GABINETE FUERZA UNICA BATERIAS	14	B
24	E17023	<b>CERRADA</b>	TG0000064	GABINETE OXI V2	20	<b>F</b>
25	E170047	CERRADA	TG000122	FACHADA YPASA	3800	E
26	E1006401	CERRADA	TA0000065	FACHADA ETRAM 4 CAMINOS	10 000	C
27	E180089	CERRADA	TA0000199	SEÑALIZACIÓN ETRAM 4 CAMINOS	80	C
28	E180010	CERRADA	TG0000055	BOTE DE BASURA ALUM.	150	C

A	ENTREGA EN PLANTA
B	ENTREGA EN SITIO SIN INSTALACIÓN
C	ENTREGA EN SITIO CON INSTALACIÓN
D	SERVICIO Y/O REPARACIÓN
E	ENTREGA EN BODEGA
F	CANCELADA

**Histórico de O.T. 2016**

El histórico nos muestra el total de productos producidos en el 2016 así como las órdenes canceladas por el cliente.

Ahora, del Proyecto Charter, se tiene:

### DPMO y Nivel Sigma del Proceso

Se presenta el cálculo del nivel sigma para el proceso de Producción.

Número de unidades procesadas = 5485

Número total de defectos = 3661

Defectos por oportunidad (DPO) = 0.417

DPMO = 41700

De la tabla 1 se determina el valor que más se acerca a 41700 siendo este: sigma = **3.3**

Con el histórico de órdenes de producción de todo el 2016 se obtienen las frecuencias.

Estas frecuencias representan las causas del porqué los clientes cancelaron las O.T.

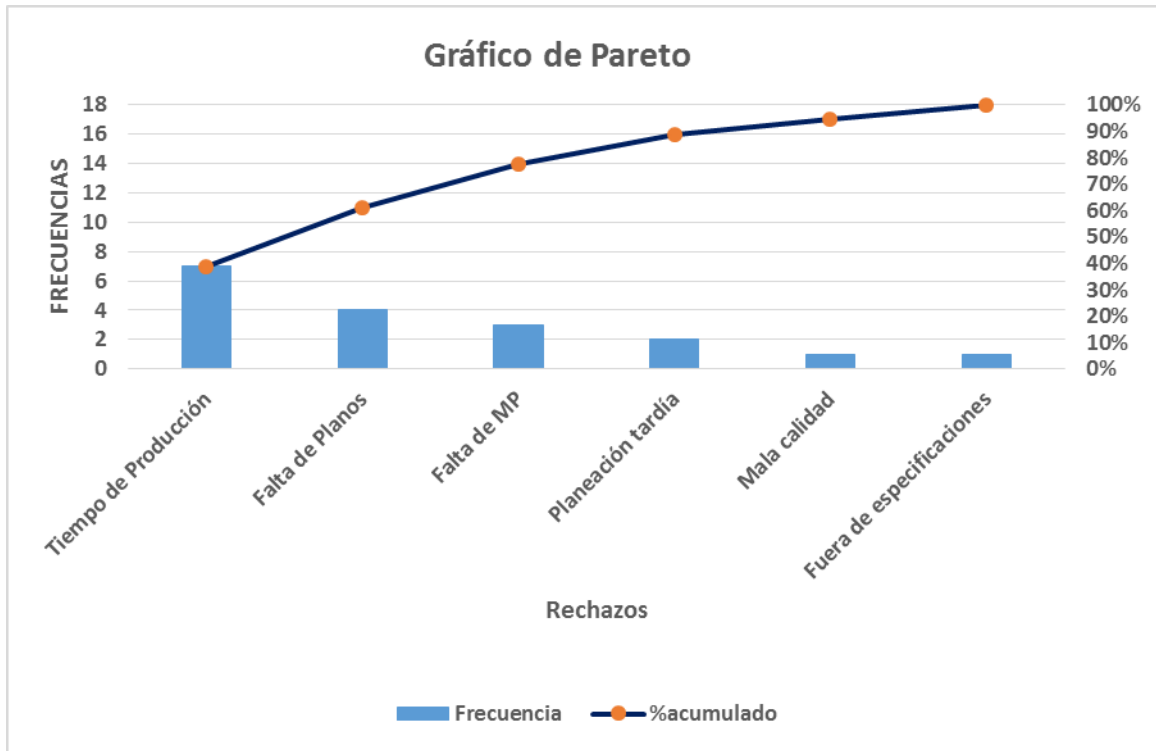


### GERENCIA TÉCNICA JEFATURA DE CONTROL DE CALIDAD ANÁLISIS DE PARETO

Industrial Afiliada S.A. de C.V.				
PROBLEMAS	Frecuencia	%	Acumulado	% acumulado
Tiempo de Producción	7	39%	7	39%
Falta de Planos	4	22%	11	61%
Falta de MP	3	17%	14	78%
Planeación tardía	2	11%	16	89%
Mala calidad	1	6%	17	94%
Fuera de especificaciones	1	6%	18	100%
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>100%</b>		

### Frecuencias de fallas durante 2016

Se obtiene el gráfico de Pareto de las mismas fallas.



Gráfica 1. Gráfico de Pareto

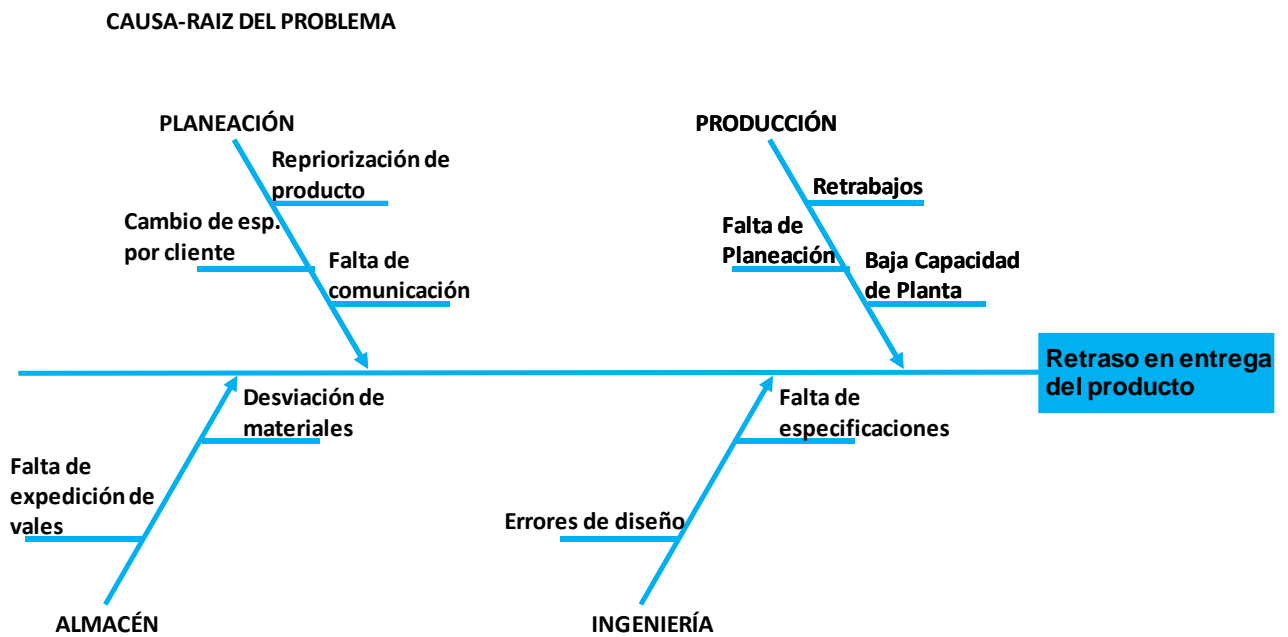
Con esto, se pudo identificar que los problemas que causan el retraso en tiempo de entrega son:

- ∞ Tiempo de Producción.
- ∞ Falta de Planos.

### c. Analizar.

Es aquí donde con el propósito de identificar las causas-raíz del problema, se analizan los datos medidos y se corroboran.

Para esto, una herramienta para poder visualizar y analizar todas las posibles causas que anteceden a un problema y que es de gran utilidad es el diagrama de Ishikawa como se muestra a continuación. Conocido también como diagrama de espina de pescado o diagrama causa-efecto.



III.b.1. Diagrama de Ishikawa.

Con el histórico de las O.T se analizaron aquellas que presentaron cancelación o rechazo del cliente y se analizaron los problemas que derivaron esos rechazos.

## **d. Mejorar.**

Consiste en la búsqueda de soluciones que ataquen de raíz a los problemas.

Para buscar una solución o tratar de buscarla, el equipo participante realizó una lluvia de ideas para encontrar posibles soluciones a las causas de éstos que más impactan al proceso.

Tiempo de Producción:

- ∞ Retrabajos y operaciones innecesarias.
- ∞ Entrega tardía de órdenes de producción.
- ∞ Falta de estandarización de procesos.
- ∞ Falta de planeación de la producción.

Falta de emisión de planos:

- ∞ Falta de especificaciones del cliente.
- ∞ Entrega tardía de lista de materiales a compras
- ∞ Falta de conocimiento de los procesos.

Se analizó detalladamente cuál de los problemas podrían ser atacados primero, se llegó a la conclusión que debido a que representa la mitad del proceso se debía atacar el área de producción. Para ello se decide realizar una estandarización del proceso, evitar retrabajos, evitar los 9 desperdicios y evitar operaciones innecesarias.

El proyecto consiste en balancear de manera eficaz la línea de producción del GABINETE TRANSMISIÓN OUTDOOR GUT, de manera que pueda hacerse más óptima y eficiente cumpliendo con los requerimientos y estándares establecidos.

Se pretende:

- ∞ Establecer estándares de tiempo para cada una de las operaciones del proceso en las diferentes áreas que componen la línea de producción de este Gabinete.
- ∞ Diseñar y/o rediseñar los métodos de trabajo de tal manera que se logre los estándares de tiempo.

Herramientas a utilizar:

### **Estudio del trabajo.**

- ∞ Descripción de las áreas.
- ∞ Registro de actividades.

### **Definición del plan de trabajo.**

- Definición de la metodología a utilizar.
- Estudio de Tiempos
- Cálculo de suplementos.
- Tiempo Estándar
- Presentación de Balanceo de Línea.
- Resultados con Gráfica Gantt.
- Establecer y diseñar las líneas de producción

El producto:

### GABINETE TRANSMISIÓN OUTDOOR GUT

Se trata de un pequeño Gabinete que será utilizado por Telcel. Dicho gabinete fue diseñado bajo específicas condiciones dadas por el cliente con base en sus requerimientos y sus necesidades.

El Gabinete Transmisión Outdoor (llamado de aquí en adelante GUT) tiene 20 piezas están fabricadas a base de lámina de aluminio y es importante recalcar que las sobranes 4 no se manufacturan en la planta, sólo se habilitan para su posterior ensamble o almacenamiento.

Las piezas que se manufacturan, pasan todas por los mismos procesos en cada una de las áreas con las que cuenta la planta.

### Proceso Metalmecánica:

Se compone de cinco áreas de trabajo: corte, doblado, rebabeo, habilitación y punzonado/corte láser. En cuatro de ellas se requiere de máquinas destinadas para cada operación de acuerdo a las especificaciones requeridas en los planos de diseño.

Se tiene una planilla de 32 operadores acomodados según los requerimientos de la demanda del producto. Varios de estos operadores no pueden realizar más de una operación pues se requiere tener experiencia y conocer las máquinas a las que están operando.

Ésta área es el comienzo del proceso de la producción de GUT, es aquí donde se lleva a cabo el manejo y adaptación/transformación de la materia prima para los diferentes productos a fabricar.

El área es la más grande ya que la mayoría de las piezas debe pasar forzosamente por aquí.



Imagen.1 Máquina Punzonadora



Imagen 2. Máquina de corte.

El orden de operaciones varía dentro del proceso. La prioridad de producción también varía; todo esto se toma en cuenta para el balance de las líneas.

### Proceso de soldadura.

Se usan dos tipos de máquinas para las dos áreas primeras: soldadura por Gas Inerte de Metal (MIG, por sus siglas en inglés) y soldadura por Gas Inerte de Tungsteno (TIG).

Depende el acabado que deba llevar la pieza a soldar, se elige entre MIG o TIG, la experiencia y conocimientos del operador son vitales para lograr la máxima eficiencia en las operaciones, sin embargo, a la vez el área depende de metalmecánica pues es la línea anterior y la que de algún modo lleva el control de las piezas que ingresan aquí.

Se presenta más información sobre el área de soldadura para entender mejor el proceso así como conocer sus limitantes.

Subárea	Número de máquinas
TIG	3
MIG	8
	3 (TIG-MIG)
Pulidor	7

Capacidad del área de soldadura.

### Proceso de Pintura.

El área de pintura se halla casi al final del proceso productivo y es el cliente interno de las dos anteriores. Se considera que se tiene un solo horno para la producción de todas las órdenes.

La ventaja es que en este proceso pueden tratarse varias piezas a la vez sin necesidad de esperar entre cada operación ya que las operaciones son lo bastante largas como para no permitir un cuello de botella entre ellas.

Proceso de ensamble: Se divide a la vez en dos áreas:

#### Área de Subensamble Mecánico

Es aquí donde llegan las piezas, subensambles y partes que componen el cuerpo del producto final, el área se encarga de habilitar, ensamblar e inspeccionar las partes que componen los cuerpos de la mayoría de los productos.

El área de Subensamble Mecánico realiza además pruebas de agua y supervisa además que los subensambles cumplan con su diseño.

#### Área de Subensamble Eléctrico.

Su función es el habilitado y puesta en marcha del gabinete teniendo como objetivo que llegue al cliente en óptimas condiciones, el área de subensamble eléctrico, habilita los componentes; cables, zapatas, tornillería, bisagras, chapas, etc.

Es el área final y depende de ésta si el GUT es rechazado o no pues realiza las últimas inspecciones y tiene en sus manos hacer que el GUT funcione adecuadamente.

## Registro de actividades.

Se observaron un gran número de actividades a lo largo de todo el proceso, para hacer más fácil su comprensión, se separan por área. En este caso específico se muestran los procesos de todas las piezas componentes dentro deL área de metalmecánica.

### Proceso de Metalmecánica.

	Cortar	Punzonar	Rebabeear	Doblar	Habilitar	TOTAL
Actividades	21	21	19	21	8	90
Tiempo (min)	13	46	51	14	7	131

Tabla 5. Actividades del área Metalmecánica

### Estudio del Trabajo.

De acuerdo a las definiciones y términos de Estudio del Trabajo, el TE es el tiempo en el cual debe realizarse una operación tomando en cuenta factores que afecten la realización de la misma, es decir, el TE es una especie de tiempo que sirve como holgura a los tiempos generales (cronometrados) para incluir velocidad del operador, necesidades, cansancio; es decir, el tiempo normal es el tiempo que se tardaría en hacerse una operación sin interrupciones, ajustes de maquinaria, o que el operario trabajara continuamente sin interrupciones, el TE es precisamente el tiempo que debe tardarse la operación considerando que se tienen alteraciones. Toda operación tiene que hacerse sí por arriba del tiempo normal, pero nunca arriba del Estándar.

Con estos tiempos cronometrados, se realiza el cálculo del tiempo estándar (TE)

$$TE= TN (1+Suplementos)$$

$$TN= \text{Tiempo observado.}$$

Para los suplementos, se hace uso de las tablas de la OIT, las cuales marcan que a cada actividad dependiendo de distintos factores se le asigna un porcentaje del tiempo total ya que se toma en consideración las necesidades del operario, maquinaria, tipo de proceso, ambiente laboral, ambiente físico, etc.



Los factores son los siguientes:

<b>NP</b>	<b>Necesidades Personales</b>	<b>CA</b>	<b>Calidad del Aire</b>
<b>F</b>	<b>Fatiga</b>	<b>V</b>	<b>Visibilidad</b>
<b>TP</b>	<b>Trabajo de Pie</b>	<b>TA</b>	<b>Tensión Auditiva</b>
<b>PA</b>	<b>Posición Anormal</b>	<b>TM</b>	<b>Tensión Mental</b>
<b>IP</b>	<b>Levantamiento de peso y uso de fuerza</b>	<b>MM</b>	<b>Monotonía Mental</b>
<b>IL</b>	<b>Intensidad</b>	<b>MF</b>	<b>Monotonía Física</b>

Tabla 6. Suplementos según OIT.

Según esta tabla, hay dos valores fijos: los de NP (Necesidades Personales) y F (Fatiga).

La suma de ambos se repite en todos los procesos pues estas condiciones son constantes

### **Estudio de Tiempos:**

Antes que cualquier otra cosa se realizó de manera exhaustiva el estudio de tiempos, para lo cual fue necesario conocer cada una de las actividades en las distintas áreas de trabajo pues aunque pareciera que lo hacen no todas las piezas siguen el mismo recorrido (ver DIAGRAMA 1).

Para esto, se requirió ir a cada una de las estaciones y, con planos anotar el nombre de la pieza, así como el proceso de cada una desde que es materia prima hasta que llega a ensamble y constituye el gabinete.

Fue necesario solamente cronometrar (literalmente) las operaciones en las distintas áreas.

Los suplementos considerados van de acuerdo al lugar de trabajo en la mayoría de los casos.

Ya con los suplementos, se procede a calcular el Tiempo Estándar para cada operación.

El tiempo estándar será necesario para el Balanceo de la línea.

Para el área Metalmecánica se consideran sólo unos suplementos generales debido a la complejidad y número de piezas que se procesan y porque proceso es casi repetitivo pues la mayoría de las piezas siguen al menos 4 de las 5 operaciones que se encuentran en ella.

Para el balance de las áreas de metalmecánica, se hizo lectura de los tiempos ocupados para cada operación de manera general.

Resultando lo siguiente:

METALMECÁNICA														
SUPLEMENTOS														
OPERACIÓN	CONSTANTES		TOTAL	VARIABLES										TOTAL
	NP	F		TP	PA	IP	IL	CA	V	TA	TM	MM	MF	
Corte	0,06	0,04	0,1	0,025	0,01	0,04	0,025	0,025	0,06	0,05	0,015	0	0	0,35
Punzonado	0,06	0,04	0,1	0,025	0,01	0,04	0,015	0,025	0,05	0,05	0,015	0	0	0,33
Doblez	0,06	0,04	0,1	0,025	0,01	0,04	0,02	0,025	0,05	0,05	0,02	0	0	0,34
Habilitación	0,06	0,04	0,1	0,025	0,01	0,04	0,015	0,025	0,04	0,05	0,015	0	0	0,32
Rebabeo	0,06	0,04	0,1	0,025	0,01	0,04	0,2	0,025	0,015	0,05	0,2	0	0	0,565

### Balance de Línea

	Cortar	Punzonar	Rebabeo	Doblar	Habilitar	TOTAL
Actividades	21	21	19	21	8	90
Tiempo (min)	13	46	51	14	7	131
TE (min)	11	13	62	13	6	105

Tabla 8. Línea Balanceada

Con base en este dato, se procede al balance de línea, para esto es necesario conocer algunas fórmulas y términos.

$N$  = número de operarios teóricos en la línea.

$N = (\text{Unidades a producir} / \text{Tiempo Disponible de operación}) (\text{TE}_{\text{TOTAL DEL PROCESO}})$

Operarios con suplementos =  $N / \text{eficiencia}$

Eficiencia = Porcentaje de tiempo que los operadores son productivos durante la jornada.

Tiempo Disponible = Total de tiempo que se labora al día, semana, mes, etc.

Cantidad de unidades =  $\text{Número de unidades} / \text{Tiempo disponible}$

Cantidad de unidades =  $\text{Tiempo en el cual saldrá un producto de la línea}$ .

Hay varios métodos para hacer el balance, uno de ellos consiste agrupar operaciones a cada persona tomando en cuenta el cuello de botella, éste se deja aparte y se busca que las operaciones restantes tengan un tiempo similar, de esta forma se prevé reducir el cuello de botella.

1er. Turno: 600-1430 = 8.5 h

30 min de comida = 0.5 h

15 min de requerimiento de herramientas y 15 min de acomodo de área= 0.5 h

7.5 h laborables.

2do. Turno: 1430-2230 = 8 h

15 min de comida = 0.25 h

15 min de limpieza y 15 min de requerimiento de herramienta = 0.5 h

7.25 h laborables

TOTAL= 14.75 h laborables por día

73.75 horas laborables a la semana (5 días)

4425 min. A la semana.

Se procede entonces a balancear la línea.

1.- Se identifica el cuello de botella.

2.- Se identifica el número máximo de unidades que pueden producirse.

Para este caso son 124.

3.- Se ajusta la producción a 124 Unidades semanales con base en los tiempos de cada operación.

4.- Se muestra el balance general de la línea.

Al principio, eran necesarios 37 operadores para poder producir un total de 100 gabinetes a la semana, con el balance de esta línea se puede observar que sólo son necesarios 14 haciendo cada uno distintas actividades para producir 124 gabinetes a la semana.

	<b>ACTUAL</b>	<b>PROPUESTO</b>
<b>Tiempo</b>	<b>73.75 h</b>	<b>73.75 h</b>
<b>Gabinete</b>	<b>100</b>	<b>124</b>
<b>Personas</b>	<b>37</b>	<b>14</b>

Como se puede observar, aparece un solo operador por todos los bloques de operaciones y no uno por cada cual como anteriormente se ha hecho, esto debido a que la propuesta es simplemente dividir las actividades de manera que al terminar un conjunto de ellas, comience

el siguiente, lo anterior hizo únicamente para evitar formar intencionalmente nuevo cuello de botella.

### **DPMO y Nivel Sigma del Proceso**

Se presenta el cálculo del nivel sigma para el proceso de Producción.

Número de unidades procesadas = 5485

Número total de defectos = 3241

Defectos por oportunidad (DPO) = 0.369

DPMO =  $0.369 \times 1,000,000 = 36930$

De la tabla 1 se determina el valor que más se acerca a 41700 siendo este: sigma = 3.3

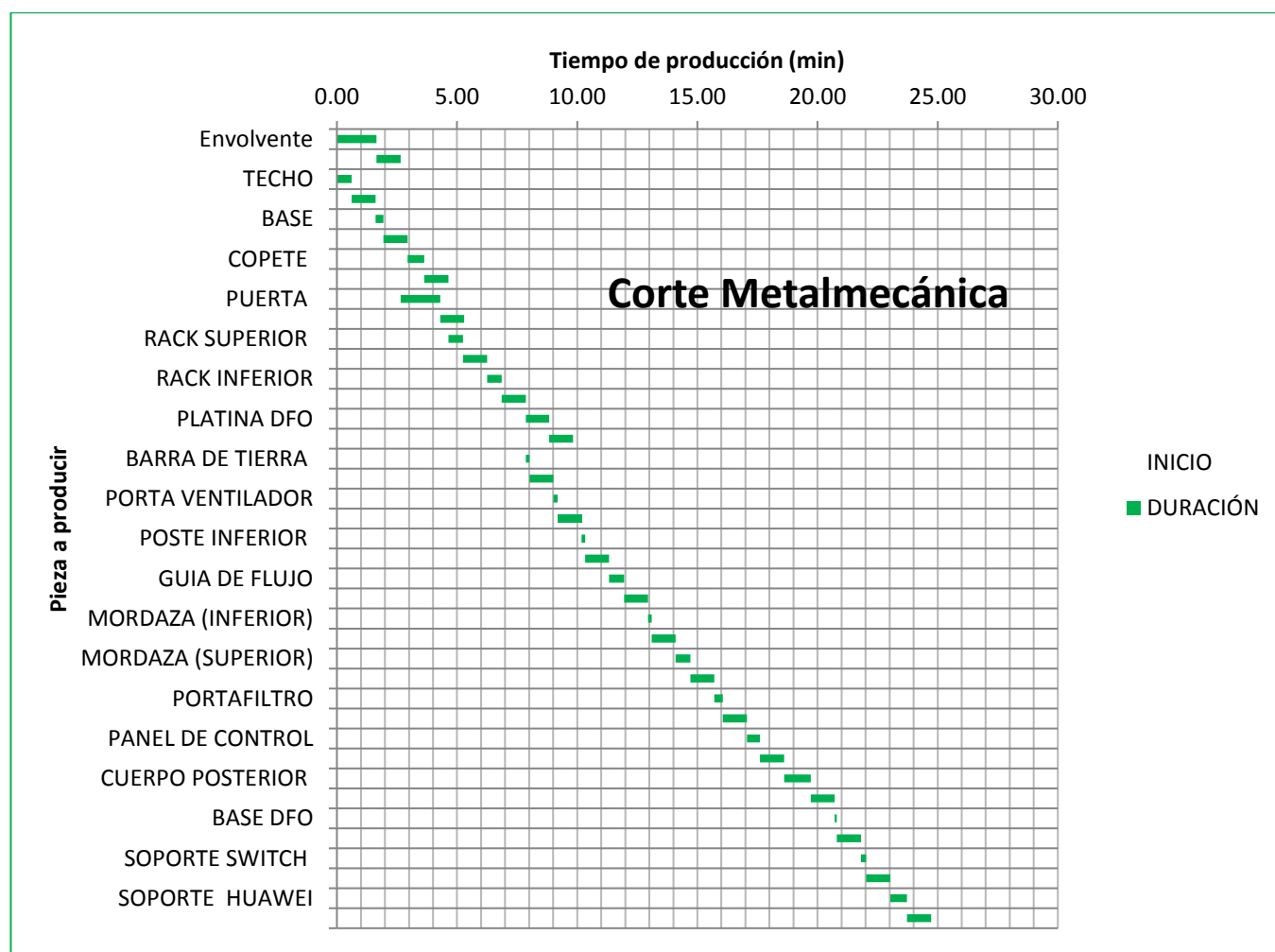
## d. Controlar.

Una vez balanceada la línea, se plantea un estándar de producción para este producto, el cual determina cuándo empieza y termina un proceso.

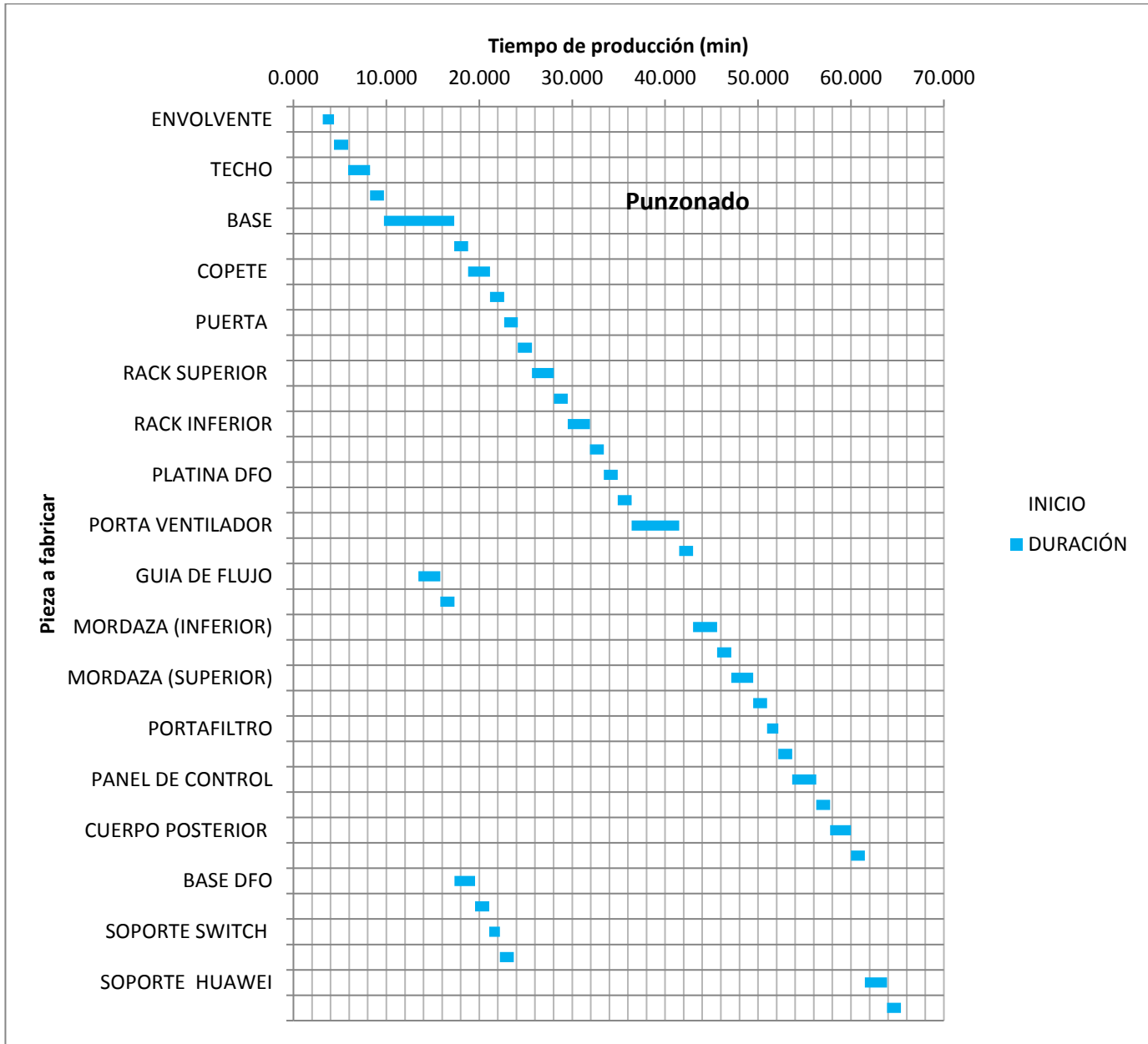
Para hacerlo más fácil de entender, se realiza una gráfica para cada proceso así como el inicio y el fin de la producción de una pieza. Con esto se estandariza la línea y la producción de este producto para planear mejor la producción y así saber cómo va avanzando ésta.

Por medio de esta gráfica se busca emplear una línea de tiempo con todas las actividades en la cual se aprecie de manera visual el inicio y el fin de cada una en las cinco líneas y así reducir el tiempo de producción ya que se estandariza la fabricación.

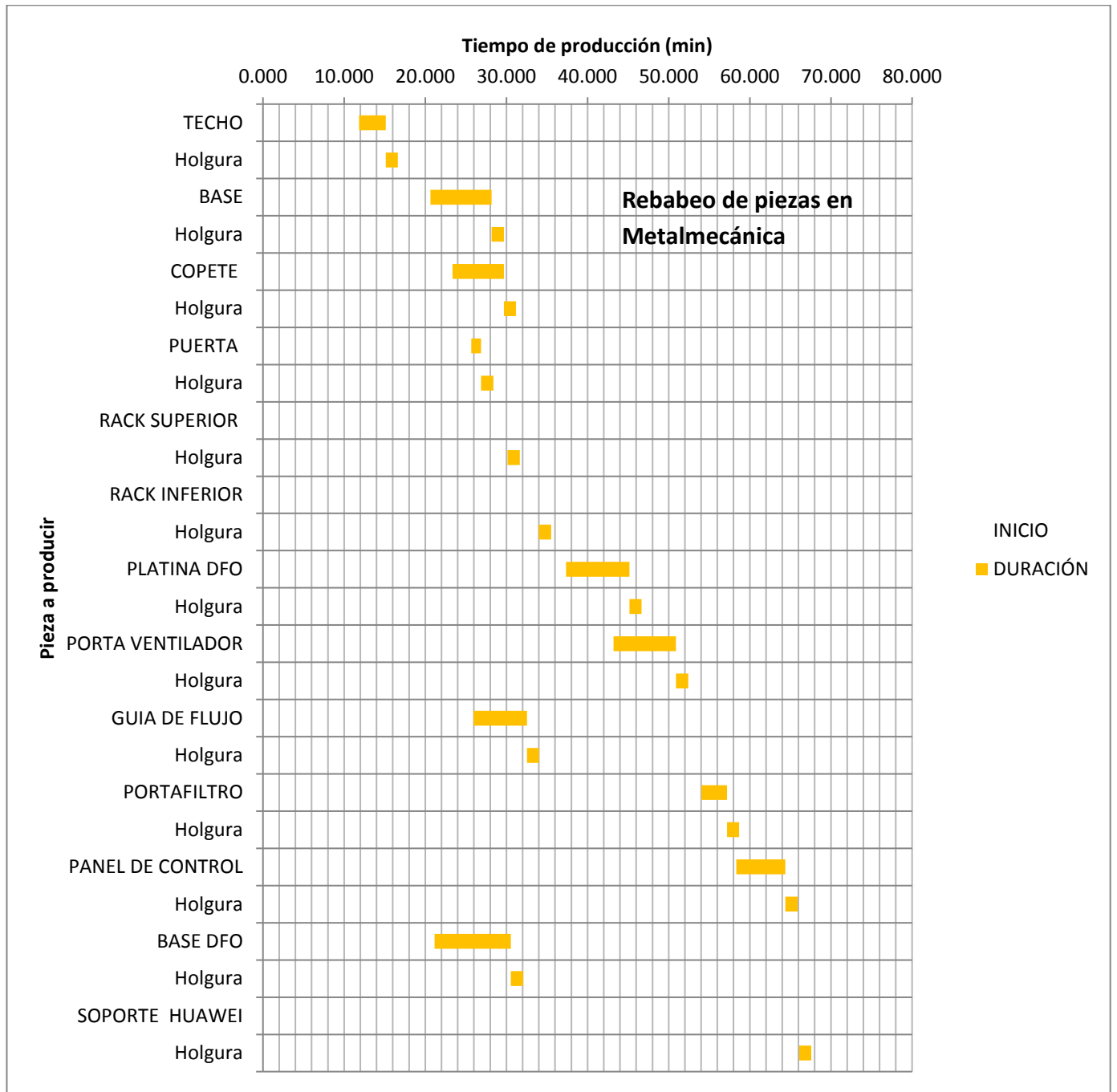
Se presentan las gráficas de cada proceso.



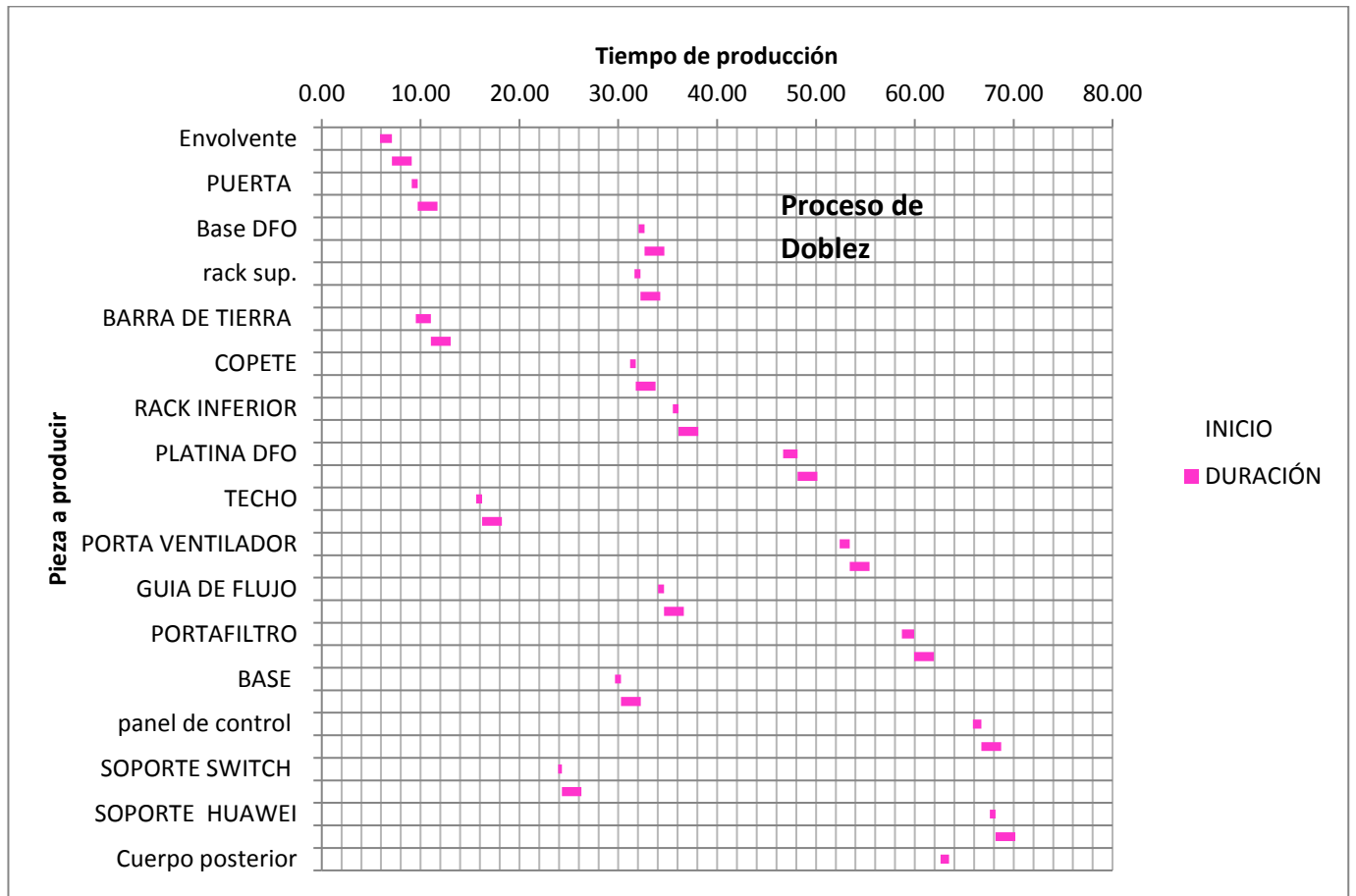
III.e.1. Gráfica para el proceso de corte



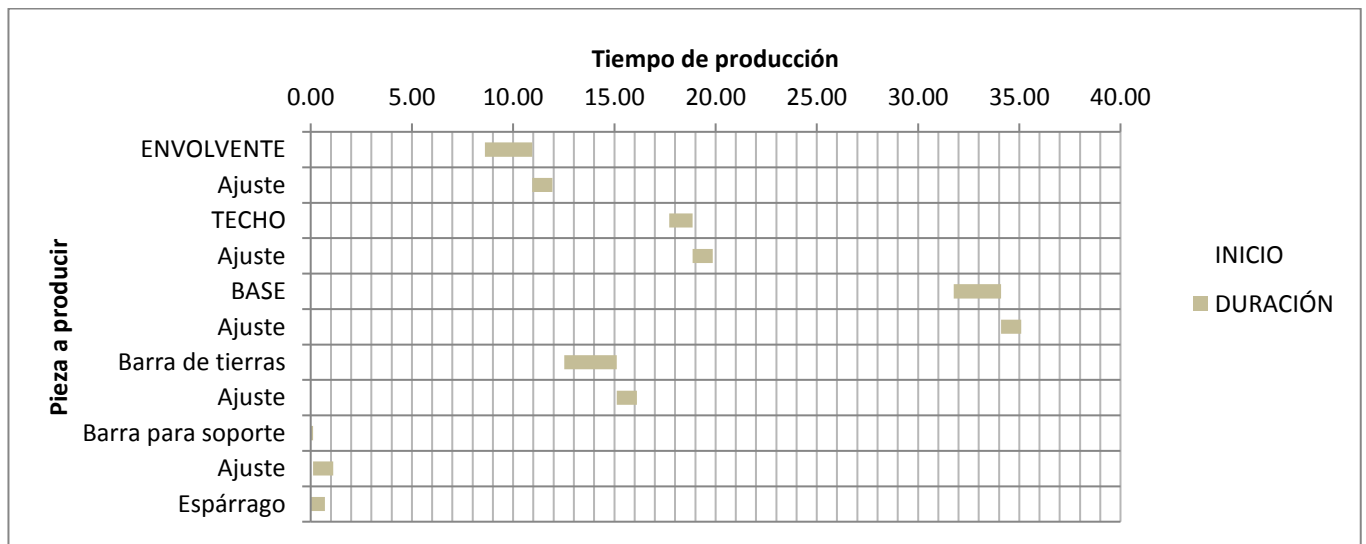
III.e.2. Gráfica para el proceso de punzonado



III.e.3. Gráfica para el proceso de rebabeo



III.e.4. Gráfica para el proceso de doblez



III.e.5. Gráfica para el proceso de habilitado



## RESULTADOS:

Haciendo uso del estudio de tiempos, se pudo balancear la línea de producción del GUT, por medio de tres métodos en las distintas áreas:

- Con base en el cuello de botella.
- A través del número de operarios.
- Por disposición de máquinas y analizando los procesos.

Se logró disminuir la planilla de trabajo en la línea asignando en la mayoría de las operaciones distintas actividades a cada trabajador.

Con esto, se puede entonces realizar un plan de producción en el departamento de Manufactura con el cual se podrá tener un mejor control de los procesos, operadores y tiempos destinados así como un registro de en qué tiempo terminará y empezará a producirse cada pieza.

Surge, al ver los análisis y el balance de la línea, la pregunta ¿Qué hacer con la planilla de trabajadores sobrantes? La respuesta es muy sencilla. Al tener trabajadores que bien pueden realizar un número extra de la capacidad De producción (124 GUT), o que hacen su número correspondiente en un tiempo muy por abajo del necesario, no es necesario que se queden haciendo tiempos muertos sino, por todo lo contrario deben ocuparse en otras actividades una vez finalizado su trabajo con los GUT.

Dependerá de cada supervisor que los ocupe en otros procesos ya que como sabemos el GUT no es el único producto que se realiza en la empresa y por tanto, si se realizara el balance de las demás líneas en diferentes productos, se tendría un estándar para toda la planta.

Fuera del estudio de tiempos se sugeriría una reubicación de las áreas para tratar de tener células de producción en línea evitando lo más posible los cruces.

Dependerá también de cada supervisor cambiar y elegir a los operadores de cada proceso, esto no tendrá problema al principio pues ya se conocen los tiempos estándar y una vez acoplados a esto se tratará de reducir los mismos (los suplementos se reducen en algunos casos cuando cambian los movimientos o el área de trabajo).

Por último cabe aclarar que el balance de las líneas de producción es solo el principio para optimizar una planta, pues hay n factores que interfieren en un sistema productivo y que nos representan puntos de mejora.

## CONCLUSIONES

- Al aplicar técnicas de Estudio del Trabajo como balanceos de línea y estudio de tiempos y movimientos se logra disminuir el tiempo de producción en el área que presentaba el mayor atraso y por la cual pasan todos los productos dentro de la línea.
- Por medio de la metodología DMAIC se buscó optimizar y eliminar uno de los tantos problemas que presenta la empresa aumentando el nivel sigma de 3.2 a 3.3 lo cual aunque parece poco en realidad es una cifra importante considerando el estado actual de la organización.
- Se presenta con estos resultados un plan que de la mano con el Sistema de Gestión de Calidad logre cumplir con los objetivos de cada área y de la empresa como tal; pese a que la Alta Dirección no dio el visto bueno para su implementación y seguimiento, se espera seguir desarrollando y aumentando éste para su futura presentación en caso de requerirse.
- Se comienza a pensar en una nueva filosofía que tomando en cuenta el proyecto desarrollado pueda implementar más herramientas de calidad dentro de la organización, lo anterior ya se está comenzando a implementar con técnicas como 5's la cual se había abandonado por falta de motivación y pérdida de interés al tener cosas "más importantes" que realizar.
- Se trabaja ya de manera directa en la reducción de desperdicios: esperas, demoras, repriorizaciones y operaciones innecesarias en primera instancia.
- Por último, puedo decir que mi formación multidisciplinaria como ingeniero industrial jugó un rol de suma importancia en el proyecto, ya que, como es sabido no todas las profesiones pueden desarrollarse en áreas tan diferentes como calidad, gestión, planeación, manufactura, etc.

A pesar de que esta ha sido la primera compañía en la cual he trabajado en mi vida y el primer proyecto que he implementado, ha sido sin embargo uno de los logros más grandes que me ha dado mi formación personal.

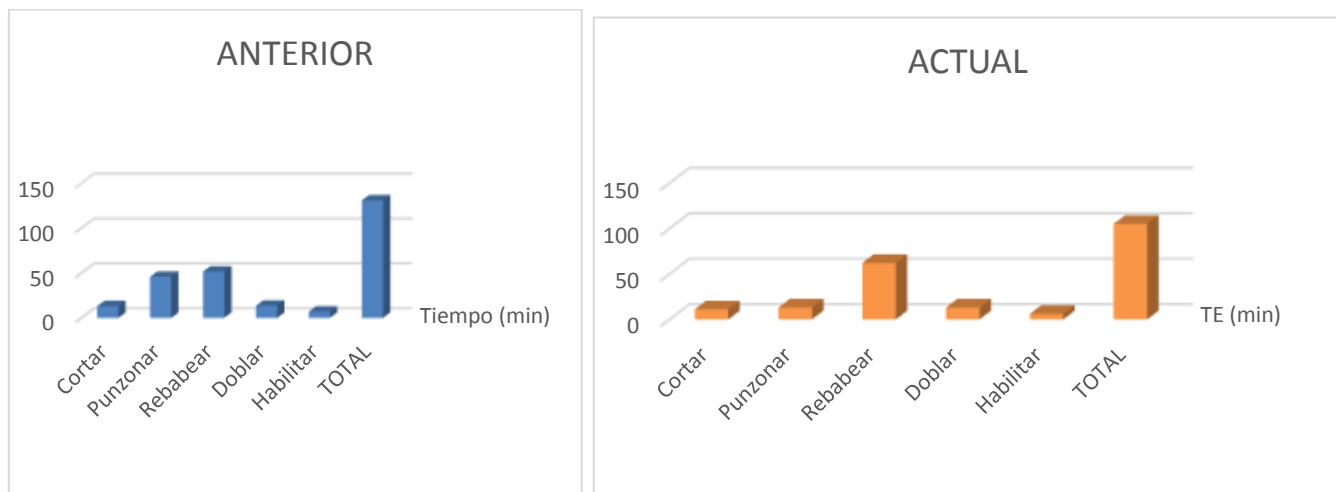
El hecho de realmente medir los resultados y saber que las decisiones y actividades que fui tomando a lo largo del proyecto tenían un impacto en la organización me sirvió de motivación e impulso personal. A raíz de la implementación de este proyecto, pude obtener un lugar definitivo en la organización, a partir de su planteamiento y seguimiento. Ahora mismo estoy compitiendo por una vacante en un puesto de mayor responsabilidad, ya que dados los resultados que se están presentando se pretende ampliar el proyecto mucho más allá

# **ANEXOS.**

## Anexo 1. Formato de Project Charter.

<b>Título:</b>		
<b>Oportunidad</b>	<b>Entregables</b>	<b>Project Sponsor</b>
		<b>Team Leader</b>
		<b>OpEx Coach</b>
<b>Objetivo</b>	<b>Milestones Principales</b>	<b>Stakeholders</b>
<b>Alcance</b>		<b>Equipo</b>
<b>Beneficios / Ahorro</b>		<b>Dependencias críticas</b>
<b>Costo Estimado</b>	Bajo: <\$500K, Mod: \$500K - \$2MM, Largo: \$2MM+	Presupuestado (Y/N)

## Anexo 2. Comparativa de tiempos en el área Metalmecánica. Previo al desarrollo del proyecto y posterior a este.



Anexo 3. Comparativa de Nivel Sigma. Previo al desarrollo del proyecto y posterior a este.

	ANTES	ACTUAL
<b>Número de unidades procesadas</b>	<b>5485</b>	<b>5485</b>
<b>Número total de defectos</b>	<b>3661</b>	<b>3241</b>
<b>Defectos por oportunidad (DPO)</b>	<b>0.417</b>	<b>0.369</b>
<b>Defectos por millón de oportunidades (DPMO)</b>	<b>41700</b>	<b>36930</b>
<b>Nivel Sigma</b>	<b>3.2</b>	<b>3.3</b>

Anexo 4. Monitoreo de avance del proyecto a enero 2018.

DESCRIPCIÓN	AVANCE (%)	OBSERVACIONES
Diagrama de Flujo de procesos y precedencia por área.	50	Faltan diagramas de Precedencia por áreas.
Establecer plantillas de trabajo por área y por procesos	70	Está propuesto, falta validar y acordar con distintas áreas.
Elaboración de estándares de producción	50	Falta validar con planeación.

Tabla 9. Estado actual de mejora.

## GLOSARIO

**Balanceo de Línea:** Es el estudio y aplicación de diversos conceptos como el estudio de tiempos y movimientos que nos permite optimizar un proceso para lograr la máxima eficiencia.

**CTQ:** Siglas de “Critical To Quality”, se refiere a las características clave de un producto o proceso cuyo desempeño recae directamente en la satisfacción del cliente.

**Defecto (D):** Cualquier evento que no cumpla la especificación de un CTQ.

**Defectos por millón de oportunidades (DPMO):** Es el número de defectos encontrados en cada millón de unidades.

**Defectos por oportunidad (DPO):**

$$DPO = \frac{D}{U \times O}$$

**Defectos por unidad (DPU):** Es la cantidad de defectos en un producto

$$DPU = \frac{D}{U}$$

**Defectuoso:** Una unidad que tiene uno o más defectos.

**Desperdicio:** Mal aprovechamiento de alguna cosa. Residuo, desecho, basura, restos que no se pueden aprovechar más.

**Diagrama de flujo:** Es la representación gráfica del algoritmo o proceso. Se utiliza en disciplinas como programación, economía procesos industriales y psicología cognitiva.

**Diagrama de Operaciones:** Es la representación gráfica de un proceso cualquiera que muestra además de los pasos a seguir, el número de operaciones, transportes y demás que intervienen.

**Diagrama:** Es un dibujo geométrico con el que se obtiene la presentación gráfica de una proposición, de la resolución de un problema, de las relaciones entre las diferentes partes o elementos de un conjunto o sistema, o de la regularidad en la variación de un fenómeno que permite establecer algún tipo de ley.

**Estándar:** Grupo de especificaciones técnicas determinadas relativas a un área de actividad.

**Estudio de métodos:** Estudia el análisis de las operaciones, movimientos, planificación, diseño y desarrollo de la empresa, esto para obtener y aplicar métodos óptimos para la fabricación de los productos.

**Estudio del Trabajo:** Es la unión de dos materias, las cuales son Estudio de Métodos y Medición del Trabajo, las dos son implementadas a la empresa con un solo objetivo incrementar la productividad, sin embargo cada una cumple diferentes funciones dentro de empresa.

**KPI:** Siglas en inglés de “Key Performance Indicator”, se refiere a aquellos indicadores clave que miden el desempeño de algo.

**Lean Manufacturing:** Sistemas productivos cuyo objetivo es eliminar del proceso todo desperdicio o ineficiencia y realizarlo con el mínimo de recursos necesarios.

**Matriz de priorización:** Herramienta utilizada para toma de decisiones que utiliza la ponderación como base.

**Medición del trabajo:** Estudia, aplica y cuantifica las técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según la norma de ejecución pre-establecida por la empresa.

**Metodología DMAIC:** Herramienta que en conjunto de Lean Manufacturing y 6 Sigma puede ser utilizada para mejorar procesos, productos o servicios.

**Oportunidad de defectos (O):** Cualquier acontecimiento que pueda medirse y de una *oportunidad* de no satisfacer un requisito del cliente.

**Porcentaje de Eficiencia:** Se refiere a qué porcentaje del tiempo disponible el operario será eficiente o productivo, es decir, el porcentaje del tiempo que realmente estará laborando.

**Procedimiento:** Es un conjunto de acciones u operaciones que tienen que realizarse de la misma forma, para obtener siempre el mismo resultado bajo las mismas Condiciones.

**SIPOC:** Siglas de “Supplier-Inputs-Process-Outputs-Customer”, se trata de un esquema que sirve para identificar los proveedores, entradas, salidas y clientes directos de un proceso.

**Six Sigma:** Filosofía que mide un proceso en términos de defectos, ésta nos dice que el nivel más alto es 6 sigma en el cual sólo existen 3.4 defectos por millón de oportunidades. Es también una filosofía de gestión que enfoca su atención en eliminar los defectos a través de prácticas que la mejoran de los procesos.

**Suplementos:** Son estándares fijos que se aplican al tiempo observado para tener una holgura de los procesos y planificar la producción.

**Tiempo Estándar:** tiempo que emplea un trabajador promedio en cumplir una labor bajo unas condiciones de trabajo determinadas

**Tiempos muertos:** Es el tiempo de producción en el cual no se realiza actividad alguna por parte de operadores y/o máquinas, debido principalmente a atraso en el proceso anterior o falta de material.

**Trabajo:** Algo para llegar a un fin determinado. Actividad que genera valor.

**Unidad (U):** Es un artículo producido o procesado (OT).

**VOC (Voz del cliente):** Identifica las necesidades y expectativas que tiene un cliente de un producto o servicio para sentirse satisfecho al recibirlo.

### **Citas y referencias.**

- Balestrini, M. (2001) *Cómo se Elabora el Proyecto de Investigación*. Caracas. BL Consultores Asociados
- Hernández, R., Fernández C. & Baptista L. (2003). *Metodología de la Investigación*. México, D.F.: McGraw-Hill.
- <http://www.iasa-mex.com>
- Hobbs, D. (2004). *Lean Manufacturing Implementation*. Florida: J. Ross Publishing Inc.
- Bentley, W. (2009). *Lean Six Sigma Secrets for the CIO*. Washington: CRC Press.
- Furterer, S. (2009). *Lean Six Sigma in Service*. Washington: CRC Press.

1. Hobbs, D. (2004). *Lean Manufacturing Implementation*. Florida: J. Ross Publishing Inc, pp. 1-9.

2. Nunnally, B. (2007). *Six Sigma in the Industry*. Washington: CRC Press, pp. 9-17.

3. Bentley, W. (2009). *Lean Six Sigma Secrets for the CIO*. Washington: CRC Press, pp. 1-15.

4. Furterer, S. (2009). *Lean Six Sigma in Service*. Washington: CRC Press, pp. 3-55.



## Agradecimientos:

A Rosa María Rivera, mi madre quien también es mi amiga, consejera, psicóloga y la que ha desempeñado muchas profesiones más con tal de brindarme su apoyo y afecto. Agradezco y agradeceré infinitamente todo su amor, su comprensión, su cariño y su ayuda que me hasta hoy me sigue regalando. Le recuerdo además que tiene toda mi admiración y mi respeto y que su fortaleza es un ejemplo para mí.

A Antonio Cruz quien ha demostrado ser un padre y un hombre digno de admirar y a quien por mucho le doy estas pequeñas líneas llenas de respeto, orgullo y cariño.

Agradezco a ambos todos los esfuerzos, toda la lucha y dedicación que pusieron a uno de sus tantos sueños que era verme convertido en un profesionista. Mi más sincero reconocimiento y gratitud por la educación y valores que me hicieron formarme ética y cívicamente, todo mi amor.

A mis hermanos: Omar, Erika y Jessica que de una u otra forma me apoyaron y ayudaron para llegar tan lejos, este éxito es también de ustedes.

A los chaparros: Melanie, Axel y Gael por alegrarme la vida y llenarla de risas y amor y por enseñarme que siempre hay motivos para sonreír.

A Itzel Beltrán por todos y cada uno de los momentos vividos a lo largo de todos estos años, por las aventuras vividas y venideras. Gracias por ser parte de mi vida, de mi familia y por tantas cosas más que seguro olvidé mencionar, pero sobre todo, gracias por seguir aquí pese a todo y pese a todos. "Tú saltas, yo salto"

A Raúl Castillo, compañero en las buenas, en las malas y en las peores. Agradezco la compañía, el amor, la amistad, la dedicación, las ganas, las risas y cada instante compartido hasta ahora. Agradezco también la comprensión, el apoyo y la paciencia a lo largo de este tiempo. Gracias por dejarme ser parte de tu vida, de tus costumbres, gustos y de tu ser.

A Leonardo Quiroz, en reciprocidad a sus buenas acciones porque sin sus consejos y regaños habría abandonado este sueño.

A Grace Becerril por creer siempre en mí.

También a Dios por haberme permitido llegar a este punto de mi vida y darme salud, conocimiento, madurez y esperanza en aquellos momentos en los cuales todo parecía ser incertidumbre.

A la siempre honorable y admirable Universidad Nacional Autónoma de México por dejarme ser parte de sus filas y con ello adentrarme a ese mundo donde el saber nunca termina.

A la Facultad de Ingeniería, mi alma mater, querida y respetada, guardaré con cariño y agradecimiento todos y cada uno de los momentos vividos en sus aulas. Gracias por hacerme un profesional de ética, principios y valores. Nunca terminaré de agradecer todas las herramientas brindadas para la vida.

A quienes no menciono detalladamente por falta de espacio, pero hicieron posible este logro, estaré siempre agradecido por su amistad, sus palabras de aliento y confort.

A la vida misma.