



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Departamento de posgrados

TITULO: “DESARROLLO DE UN MODELO DE DISEÑO Y
EJECUCIÓN DE LEAN SIX SIGMA PARA EL SECTOR MANUFACTURERO”

Trabajo de Graduación previo a la obtención del título de:
MAGISTER EN CONTABILIDAD Y FINANZAS, CON MENCIÓN EN GERENCIA Y
PLANEAMIENTO TRIBUTARIO

Presentado por:

CPA. Ing. Juan Andrés Chumbi Pineda

Director:

Econ. Bladimir Proaño Rivera

Cuenca – Ecuador

2017

DEDICATORIA

Con mucho amor dedico esta tesis a mi esposa Ruth y a mis princesas Emilia y Ángeles, quienes fueron mi motor y mayor inspiración para culminar esta importante etapa en mi vida profesional y con quienes estoy en deuda por todo el tiempo que no les pude dedicar durante la elaboración de este proyecto.

Lo dedico de igual manera a mis padres Luis y Azucena quienes con su ejemplo de esfuerzo, sacrificio y perseverancia han forjado en mí importantes valores que me inspiran a ser cada día mejor.

A mis hermanos Susy y Luis quienes en todo momento me han brindado su apoyo incondicional.

Juan A. Chumbi P.

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento para con el director de esta tesis Economista Bladimir Proaño quien con su dirección ha enriquecido de manera significativa cada uno de los aspectos desarrollados en este trabajo.

Juan A. Chumbi P.

Los conceptos vertidos en este trabajo, son
responsabilidad del autor.

Juan A. Chumbi P.

RESUMEN:

En el actual mundo empresarial y competitivo, el mercado oferta productos con características cada vez más exigentes como elementos de venta, que van desde: productos de mejor calidad, precios más competitivos, características innovadoras, garantía extendida y servicio post-venta; y es ahí en donde aquellas empresas, que no cuentan con factores diferenciadores y sólidos, están expuestas a muchos riesgos relacionados con su trascendencia y sostenibilidad en el largo plazo; es por esta razón que se hace necesario ser más competitivos y con ello trasladar estas mejoras al precio de venta y mejorar su participación en el mercado local o incursionar en mercados de exportación, paralelamente conseguir mejoras fundamentales en tiempos, sistemas productivos, mejoras en calidad y productividad, estandarización de procesos; etc.

Este trabajo busca identificar de manera simple y clara la aplicación de la metodología Lean Six Sigma como una estrategia de gestión empresarial que tiene por objetivo ayudar a las organizaciones a identificar los desperdicios y eliminarlos de manera sistemática y permanente buscando su causa raíz, optimizando los procesos y reduciendo tiempos de ciclo de procesos, inventarios, correcciones; etc. En el presente documento se pudo esquematizar el paso a paso de esta metodología de trabajo en donde se explican aspectos teóricos y como los mismos se transforman en aspectos tangibles y en realidades durante su implementación.

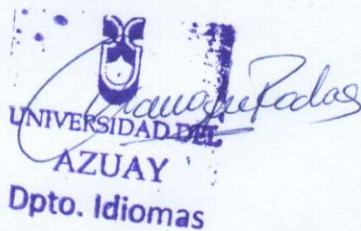
PALABRAS CLAVE:

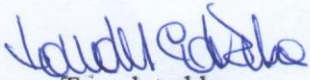
Lean Six Sigma, DMAIC, SIPOC, AMEF, RACI, Causa Raíz, DOE.

ABSTRACT

In today's competitive and business world, the market offers products with increasingly demanding characteristics as sales elements that range from better quality products to more competitive prices, innovative features, extended warranty and post-sales service. Consequently, the companies that do not have differentiating and concrete factors are exposed, in the long term, to many risks related to their transcendence and sustainability. Therefore, it becomes necessary to be more competitive, and thus, transfer these improvements to the sales price, increase their participation in the local market or access to export markets, as well as to achieve major improvements in time, production systems, quality and productivity advances, process standardization; etc. This paper seeks to identify in a simple and clear way the application of the Lean Six Sigma methodology as a business management strategy, with the aim to help organizations identify waste and eliminate them in a systematic and permanent way; looking for their root cause, optimizing processes and reducing cycle times of processes, inventories, corrections; etc. This study outlined this work methodology step by step, explaining theoretical characteristics and how they are transformed into tangible features and realities during its implementation.

KEYWORDS: Lean Six Sigma, DMAIC, SIPOC, AMEF, RACI, Root Cause, DOE.




Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

INDICE

CAPITULO I: SISTEMATIZACIÓN TEÓRICA	1
1.1. INTRODUCCIÓN LEAN	1
1.2. INTRODUCCIÓN SIX SIGMA	4
1.3. METODOLOGIA LEAN SIX SIGMA	6
1.4. DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control).....	8
1.5. ESTRUCTURA REQUERIDA.....	9
1.6. MÉTRICAS LEAN SIX SIGMA	10
CAPITULO II: DESARROLLO METODOLOGICO	12
2.1. DEFINICION DEL PROBLEMA	12
2.2. ESTABLECER EL OBJETIVO.....	12
2.3. CREAR LOS EQUIPOS DE TRABAJO	12
2.4. CHARTER O CARTA DEL PROYECTO	14
2.5. COMPORTAMIENTO HISTORICO DE LA METRICA	15
2.6. GRAFICA GOAL VS. ACTUAL.....	16
2.7. GRAFICAS ESTADISTICAS: HISTOGRAMA, DIAGRAMA DE PARETO Y BOX-PLOT.....	17
2.8. ANALISIS DE CAPACIDAD ACTUAL DEL PROCESO	19
2.9. MATRIZ R.A.C.I	26
2.10. DIAGRAMA SIPOC	27
2.11. HALLAZGOS.....	30
2.12. DIAGRAMA FMEA - AMEF	31
2.13. DIAGRAMA DE ESPINA DE PESCADO Y METODO 6M O METODO DE DISPERSION.....	35
2.14. D.O.E. DESIGN OF EXPERIMENTS / DISEÑO DE EXPERIMENTOS	38
CAPITULO III: EVALUACIÓN DE RESULTADOS	46
3.1. RESULTADOS IMPLEMENTACIÓN LEAN SIX SIGMA	46
CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
4.1. CONCLUSIONES.....	48
4.2. RECOMENDACIONES	49
BIBLIOGRAFIA	49
ANEXOS	50

CAPITULO I: SISTEMATIZACIÓN TEÓRICA

1.1. INTRODUCCIÓN LEAN

Lean, fue un concepto pionero propuesto por Toyota y adoptado por otros fabricantes japoneses, que no fue descubierto y aplicado hasta mucho tiempo después por fabricantes occidentales principalmente en líneas manufactureras y de ensambles.

Se la conoce también como: Sistema de Producción Toyota, Producción Eficiente, Justo a tiempo.

Originalmente se centró en reducir los desechos y desperdicios generados en la fabricación y actualmente se han alcanzado grandes ganancias al aplicar este sistema Lean en ambientes operacionales y de servicio.

A continuación, se muestra en la Fig.1 un cuadro resumen de la metodología Lean y la aplicación de herramientas en el tiempo que reducen la variabilidad del proceso y consecuentemente del resultado.

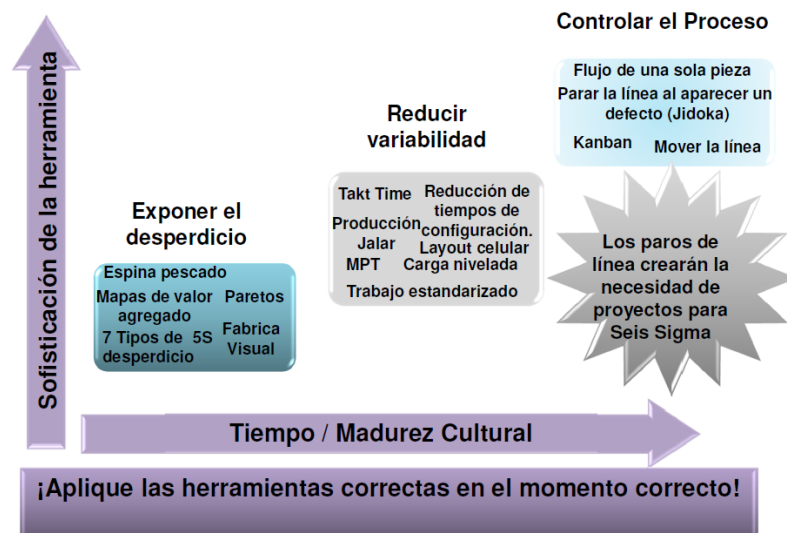


Fig.1 Lean y sus herramientas en el tiempo.

Desperdicio o “Muda”. -

La eliminación continua y sostenible de los desperdicios es una de las formas más fáciles que tiene una empresa para mejorar sus operaciones.

Los desperdicios se entienden como todo aquello adicionalmente innecesario en tiempos, materiales, usos, operaciones; etc. requeridos en la fabricación de un producto. Todo aquello que no agrega valor.

En un sistema Lean se deben identificar con claridad cada uno de los siguientes siete desperdicios que son:

- a) **Esperas:** Todos aquellos tiempos muertos que se generan en una línea de producción donde un operador no puede ejecutar su tarea por no contar con disponibilidad de materiales, máquinas, especificaciones; etc.
- b) **Procesos Innesesarios:** Aquellas actividades innecesarias y que no agregan valor para el cliente: inspecciones, revisiones, adecuaciones recurrentes del puesto de trabajo; etc.
- c) **Correcciones:** También conocidos como reprocesos del producto, aquellas actividades enfocadas a corregir todo aquello que no salió bien a la primera vez en alguna estación de trabajo.
- d) **Exceso de Inventarios:** Básicamente se refiere a la acumulación de inventarios en materias primas, productos en proceso y productos terminados y que en Lean no es justificable.
- e) **Sobreproducción:** Por el hecho de querer optimizar la utilización o uso de la planta las empresas caen en este desperdicio que se da cuando su velocidad de salida tiene restricciones; lo único que generan son gastos adicionales de almacenamiento, transporte y daños en los productos por manipulación.

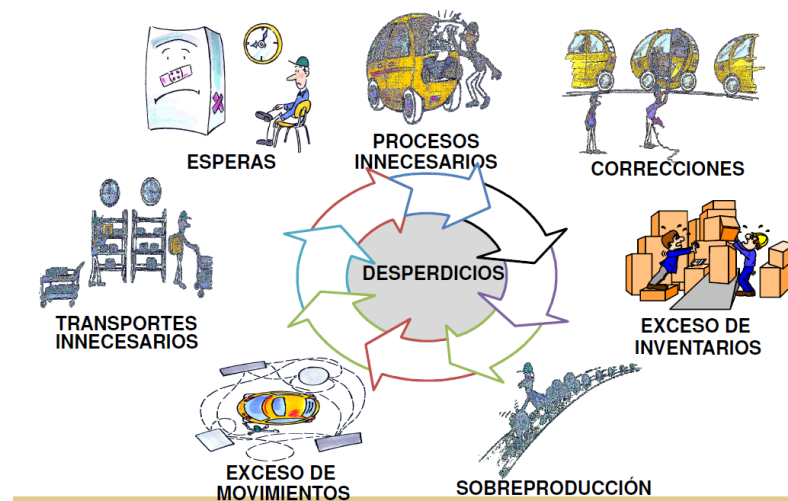


Fig. 2 Los siete desperdicios.

Fuente: <https://media.licdn.com>

f) Exceso de Movimientos: Se refiere a todos aquellos movimientos innecesarios en una planta productiva que puede ser en la fabricación, mantenimiento, setups de máquinas; etc.

g) Transportes Innecesarios: Aquellos movimientos de materiales, repuestos, insumos; etc. que son de uso recurrente y que no están al alcance del operario, tiene que ver mucho con un diseño de Layout adecuado de planta.

En Resumen, que busca Lean:

- 1) Eliminar desperdicios.
- 2) Reducir el costo total de los productos.
- 3) Reducir tiempos de proceso y aumento de productividad.
- 4) Reducir consumo de recursos.
- 5) Reducir inventarios.
- 6) Mejorar la calidad.

1.2. INTRODUCCIÓN SIX SIGMA

El concepto Six Sigma fue desarrollado por Motorola durante la década de los 80's, conscientes de los diversos problemas de calidad que tenían en sus productos y enfocados activamente a escuchar lo que realmente es importante para sus clientes, Motorola destina un equipo de sus ingenieros para el desarrollo de una metodología que garantice su calidad.

La mejora significativa que tuvo Motorola fue el detonante para que otras multinacionales incorporen esta metodología como parte activa de sus procesos, tal es el caso de: General Electric, Ford, Honeywell; entre otras.

El objetivo de Six Sigma es reducir la variación de tal forma que los resultados del proceso encajen dentro de las especificaciones definidas por los clientes con seis sigmas de desviación (desempeño del 99.9997%), tiene un enfoque altamente estructurado a la eliminación de la variación.

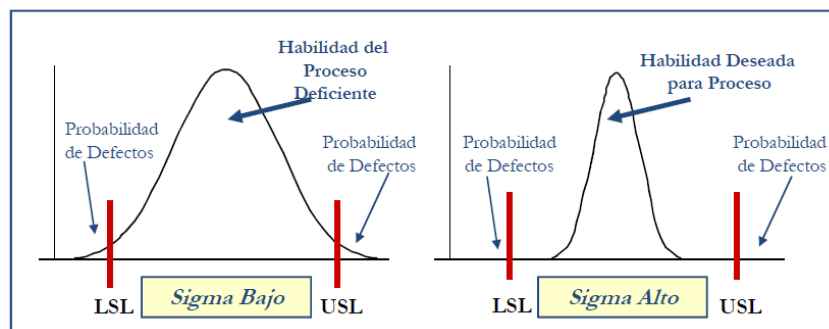


Fig. 3 Significado de Six Sigma. **Fuente:** <https://elmundodelacalidad.files.wordpress.com>

Sigma es una unidad estadística de medición de habilidad del proceso que toma en cuenta los desplazamientos o corridas del proceso a través del tiempo.

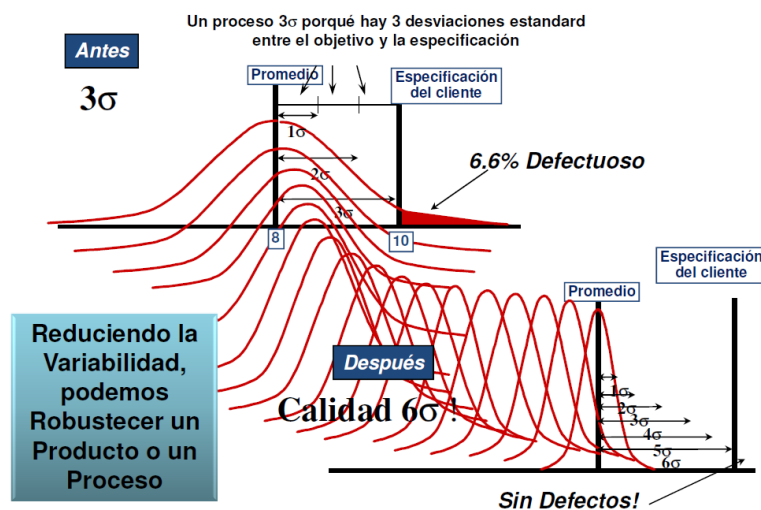


Fig. 4 Defectos en Six Sigma. **Fuente:** <https://elblocdepaco.files.wordpress.com>

Six Sigma es una métrica, una herramienta, una metodología y una disciplina de resolución de problemas, estructurada y fundamentada en la gerencia de información y en la recolección rigurosa de datos y análisis estadístico.

En Resumen, que busca Six Sigma:

- Identificar y eliminar los defectos generados por los procesos del negocio. Ataca la variabilidad existente en la ejecución de los procesos y mejora su capacidad.
- Su fuerza proviene de las herramientas estadísticas que le aportan el análisis a la mejora de la calidad.
- El enemigo de Seis Sigma es la variación.
- Seis Sigma es una cultura de trabajo y un estilo de Gerencia.
- Cambio cultural y desarrollo de los colaboradores.
- Ventaja Estratégica competitiva.

La combinación tanto de Lean como Six Sigma han generado la Metodología LEAN SIX SIGMA.

1.3. METODOLOGIA LEAN SIX SIGMA

Combina el conjunto de soluciones y estrategias incluidos en Lean con el proceso cultural, organizacional y las herramientas analíticas de Seis Sigma.

Su objetivo es mejorar la respuesta a los clientes, siendo más rápidos y con menos desperdicios.



Fig. 5 Lean Six Sigma y su significado **Fuente:** <https://blogs.deusto.es>

Su metodología es estructurada y sigue 5 pasos (DMAIC): Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar que permiten enfocarse en las variables vitales en lugar de las salidas de los procesos.

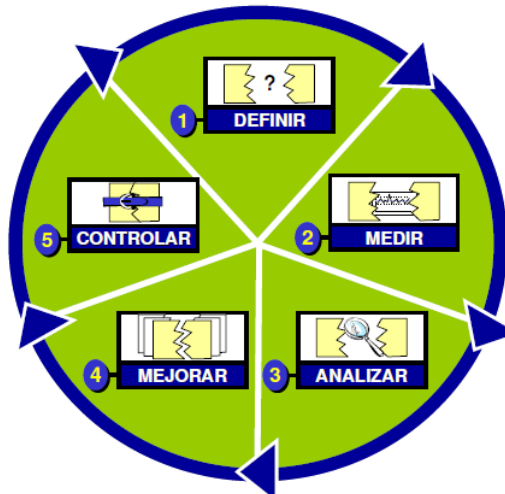


Fig. 6 Gráfico DMAIC **Fuente:** <http://www.cursos6sigma.com>

LEAN	SIX SIGMA
Menos Desperdicios	Menos Variación
Más Velocidad	Más Capacidad
Reducir el desperdicio e incrementar la velocidad de los procesos.	Mejorar el desempeño en los CTQs (Critical to Quality) requerimientos críticos del cliente.
Enfocado en los procesos y la toma de acciones.	Uso del DMAIC como metodología para obtener y sostener resultados.
Utiliza herramientas lean existentes y probadas: Kaisen, Mapa de Valor, 5s.	Utiliza herramientas existentes y probadas: DOE, Prueba de Hipótesis, GAGE R&R, AMEF.

1.4. DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control)

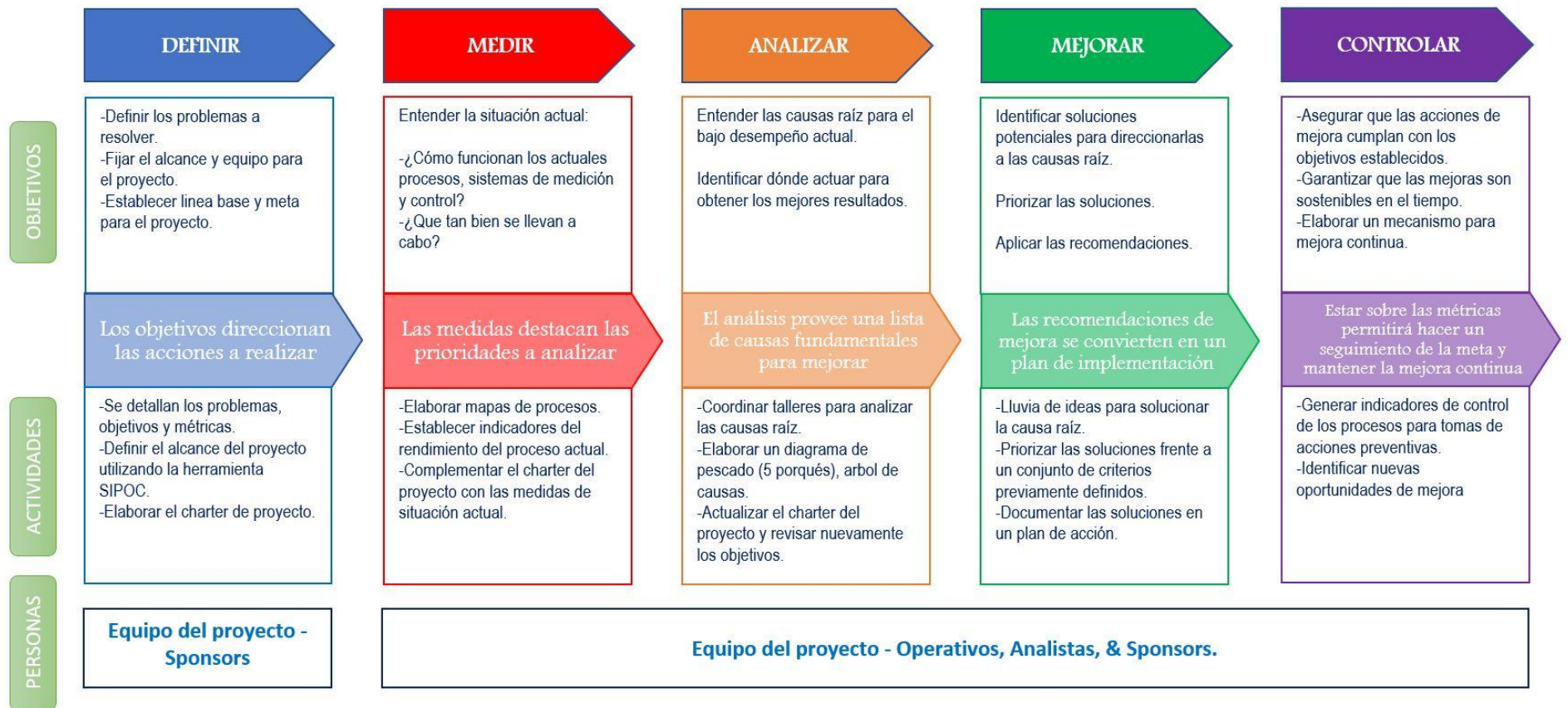


Fig. 7 Cuadro Explicativo DMAIC

Fuente: <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com>

1.5. ESTRUCTURA REQUERIDA

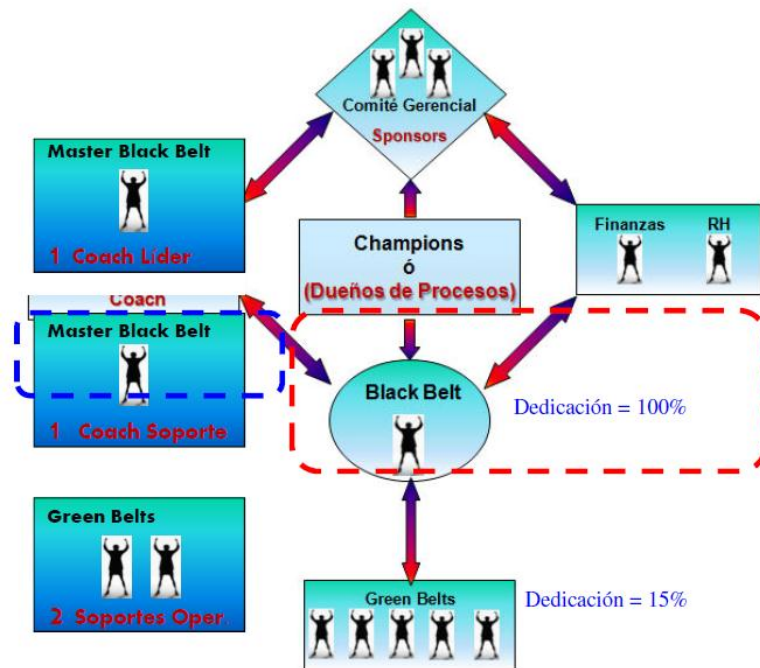


Fig. 7 Estructura Lean Six Sigma **Fuente:** <https://tecnosebook.files.wordpress.com>

Sponsor:

- Mantiene el vínculo entre lo estratégico y lo táctico durante la implementación vinculando los objetivos del negocio con las áreas o procesos escogidos para los proyectos.
- Realiza seguimiento a las metas globales y los resultados de la implementación bajo los indicadores definidos y los beneficios financieros esperados por la organización.

Dueños de Procesos:

- Son los responsables globales de las áreas donde trabajan los proyectos de mejora.
- Es facilitador y promotor del cambio cultural dentro de su área.

Black Belt:

- El cinturón negro lidera e implementa los proyectos de mejora dentro de la organización.
- Enfoca y aplica los métodos de calidad y herramientas estadísticas para eliminar los defectos, mejorar los tiempos de procesos, y reducir los desperdicios, hasta alcanzar el objetivo.

Miembros del Equipo / Green Belt:

- Colaboran y apoyan en las actividades relacionadas al proyecto.
- Participan tiempo parcial y cuando lo requiere el Black Belt.
- Continúan aplicando lo aprendido.

Responsable Financiero:

- Suministra la información financiera en la definición e identificación de beneficios económicos.
- Valida el impacto económico del proyecto y su retorno financiero; estimando la proyección de estos beneficios a futuro.

Involucramiento Black Belt:

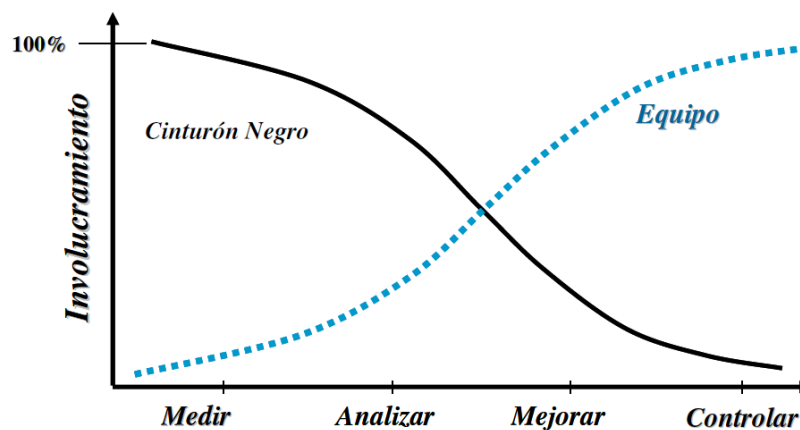


Fig. 8 Fases DMAIC & Black Belt **Fuente:** <http://image.slidesharecdn.com/introduccionsixsigma>

1.6. MÉTRICAS LEAN SIX SIGMA

En proyectos Lean Six Sigma es esencial definir métricas sobre las cuales se van a medir los resultados del proyecto, estos tienen que elegirse minuciosamente y es esencial que sean el claro reflejo de lo que está pasando en la empresa.

Las métricas pueden variar dependiendo de los proyectos a ejecutar y el tipo de negocio sin embargo por lo general están enmarcadas en:

- LTP Lead Time Process (Tiempo total del proceso)
- WIP Work in process (Inventario en proceso)
- YIELD (Rendimiento de una operación)

- FTQ First Time Quality (Calidad en la operación)
- Eficiencia del Ciclo del Proceso
- Capacidad del Proceso
- Nivel Sigma
- Ventas
- Costos / Unidad
- Calidad
- Productividad
- Reprocesos
- Utilidad Bruta / Gastos.

En fin, son varios los componentes que pueden utilizarse en la definición de una métrica lo esencial es elegir la que más represente al proceso y en general permitan una evaluación inequívoca del proyecto.

CAPITULO II: DESARROLLO METODOLOGICO

DEFINIR

2.1. DEFINICION DEL PROBLEMA

En la definición del problema se toman en cuenta aquellos aspectos que son relevantes para la compañía y que en el tiempo han tenido un desmejoramiento importante o que simplemente se desea mejorar y que se tiene plena conciencia de su significancia en los resultados. Ejemplo: El tema X continúa siendo un factor importante al costo de la compañía. Tiene un impacto anual de \$\$\$.

Aplicación Práctica:

En la empresa modelo un factor importante para la compañía es el costo de sus productos, por lo que la problemática a resolver definida para el proyecto fue: *“La Reducción del Costo Unitario del Producto RI XXX”*

2.2. ESTABLECER EL OBJETIVO

Es necesario desarrollar un objetivo claro con un plan de acción concreto para obtener la meta propuesta por el equipo. Ejemplo: Reducir el tiempo gastado en el tema X en un 50%, con un ahorro estimado para la compañía de \$\$\$ al año, para ser completado en un tiempo X.

Aplicación Práctica:

En la empresa modelo se definió el objetivo del proyecto de la siguiente manera: *“Reducir el costo Unitario del Modelo RI XXX en un 5%, generando un incremento de utilidad bruta de \$ 350.000 al año, proyecto a ser completado en 9 meses”*

2.3. CREAR LOS EQUIPOS DE TRABAJO

Los equipos de trabajo como se había definido en la estructura requerida para los proyectos LEAN DESIGN deben considerar aspectos importantes como:

- 1) Definir el Black Belt del equipo, cuya responsabilidad se centrará en ser el Líder del proyecto quien con suficiente autoridad apoyará a que el trabajo fluya de manera ordenada y concretada acorde a la metodología y hacia el cumplimiento del objetivo.

- 2) Establecer un equipo de apoyo “Dueños de los procesos” heterogéneo donde se busque la integración del proceso en todos los integrantes.
- 3) De preferencia algunos dueños de los procesos deberían contar con una formación Green Belt sin embargo de no ser posible, es necesario una comunicación clara y objetiva de lo que busca la metodología, el uso y aplicación de cada herramienta Lean o Six Sigma.
- 4) Crear un ambiente de apoyo generando confianza para la identificación clara de los principales desperdicios y que las causas raíz se evidencien de manera espontánea.

2.4. CHARTER O CARTA DEL PROYECTO

Todo proyecto tiene que nacer con una definición bien clara de lo que se busca, así mismo es necesario una adecuada comunicación del proyecto hacia todos los niveles en la organización y por último el contar con la aprobación y validación financiera es importante ya que formaliza todo lo que la alta gerencia aspira alcanzar con el mismo hacia todos los niveles. **Aplicación Práctica:**

PROJECT CHARTER												
Nombre Proyecto:	"REDUCIR EL COSTO UNITARIO DEL MODELO RI XXX EN UN 5%, GENERANDO UN INCREMENTO DE UTILIDAD BRUTA DE \$ 350.000 AL AÑO, PROYECTO A SER COMPLETADO EN 9 MESES"	Equipo del Proyecto										
Sponsor:	Tnlgo. Jorge León.	E.G.B:	Santiago Dominguez (Desarrollo Materiales)									
Black Belt:	Juan Chumbi P.		Edison Encalada (Metalmecánica)									
Fecha Inicio:	12 de Enero de 2015		Italo Rivera (Investigación y Desarrollo Refrigeración)									
Fecha Fin:	28 de Octubre de 2015	E.D.T:	Vinicio Brito (Ensamble) William Paredes (Poliuretano)									
Declaración del Problema		Métrica de Desempeño										
¿QUÉ ESTA OCURRIENDO?	<ul style="list-style-type: none"> El mercado de refrigeración en la actualidad es cada vez más difícil y competitivo. Una mejora en el costo de nuestros productos puede ser viabilizado por dos vías: <ol style="list-style-type: none"> El impacto directo en el precio de venta. Mejorar los márgenes actuales. 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Métrica</th> <th>Actual</th> <th>Goal</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Reducción de Costo:</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>$[(\text{Cto.Prom.2015} - \text{Cto.Prom.2014}) / \text{Cto.Prom.2014}] * 100$</td> <td>\$ 228,82</td> <td>\$ 217,38</td> </tr> </tbody> </table>		Métrica	Actual	Goal	Reducción de Costo:			$[(\text{Cto.Prom.2015} - \text{Cto.Prom.2014}) / \text{Cto.Prom.2014}] * 100$	\$ 228,82	\$ 217,38
Métrica	Actual	Goal										
Reducción de Costo:												
$[(\text{Cto.Prom.2015} - \text{Cto.Prom.2014}) / \text{Cto.Prom.2014}] * 100$	\$ 228,82	\$ 217,38										
¿DÓNDE ESTA OCURRIENDO?	Los resultados se evidencian en los Estados Financieros de la compañía, pero se generan desde el abastecimiento, logística interna,											
¿CUÁNDO COMENZÓ?	En los últimos tres años el incremento de la competencia en los mercados de exportación y nacional con productos de buena calidad y precios muy accequibles ha evidenciado la necesidad de ser más competitivos además del constante riesgo del retiro de la barrera arancelaria del país.											
¿CUÁL ES LA MAGNITUD? ESPECIFICAR INDICADORES	<ul style="list-style-type: none"> Durante el año 2014 el costo promedio ponderado del modelo RI 375 fue de \$ 228,82 											
Objetivo del Proyecto		Impacto Económico en el Negocio										
<ul style="list-style-type: none"> Reducir el costo total unitario para los productos del modelo RI 375 en un 5% de un costo promedio ponderado de \$ 228,49 del año 2014 a \$ 217,06 en el año 2015; es decir una reducción promedio de \$ 11,42. Esto es pasar del valor actual CTU 2014 al costo total objetivo CTU 2015. El margen actual promedio es del 39,78% el margen por alcanzar sería del 42% 		BENEFICIO ECONOMICO:	\$ 350.000									
		BENEFICIO ADICIONAL:	Incremento Productividad 10%									
Alcance del Proyecto		Entrega de Fases										
Proyecto aplica a:		Definir:	15/4/2015 Mejorar: 31/8/2015									
<ul style="list-style-type: none"> Para todos los Mercados que requieran el modelo RI 375. 		Medir:	31/5/2015 Control: 14/10/2015									
		Analizar:	15/7/2015 Cierre: 28/10/2015									

Fig. 9 Modelo de Carta del Proyecto

Fuente: Proyecto

MEDIR

2.5. COMPORTAMIENTO HISTORICO DE LA METRICA

Es necesario en un proyecto considerar el comportamiento que ha tenido a lo largo del tiempo aquel indicador, valor o concepto que se adoptó como Métrica del proyecto, de tal manera que se pueda analizar aquellos ciclos o incluso un comportamiento de estacionalidad en donde podremos prever aquellas variables y que nos permitan generar acciones que impacten de manera real en el resultado.

Para ello se recomienda la utilización de gráficos estadísticos que nos permitan comparar y analizar las tendencias generadas en el tiempo.

Aplicación Práctica:

En la empresa modelo se analizaron los costos históricos específicamente del modelo RI XXX objeto de estudio, que como podemos ver (Fig. 10) nos muestra un incremento de costos para el II Semestre 2014 esto explicado por aspectos ya conocidos por el negocio como lo es la relación directamente proporcional existente entre el volumen de producción y los costos unitarios. (a mayor volumen de producción, menor el costo unitario; esto básicamente se da por la mano de obra directa y los gastos indirectos de fabricación). La empresa cuenta con un ciclo de estacionalidad claramente marcado por dos fechas en el año: mayo por el día de la madre y diciembre por navidad y fin de año, dándose un mayor despliegue productivo para el primer semestre de cada año.

Con esta gráfica se deja claro el objetivo del proyecto y visualmente nos identifica a donde queremos llegar con el proyecto.

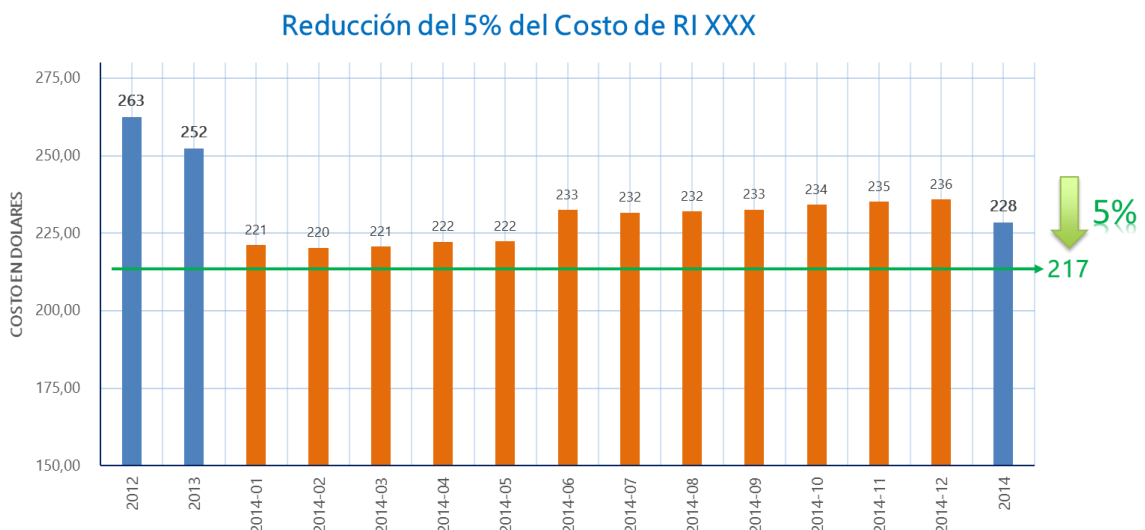


Fig. 10 Histórico de la Métrica

Fuente: Proyecto

El reto para el negocio es saber cómo eliminar esta dependencia de un alto volumen de producción para la obtención de buenos costos unitarios de producción.

Desde este punto ya podemos contar con aspectos importantes sobre los cuales se puede gestionar en el proyecto generando propuestas de cambios en la producción, logística, almacenamiento o incluso cambios en el método como normalmente se estuvieron realizando los cálculos y la obtención de costos en la empresa, cambios de políticas contables; etc., además que direcciona hacia aspectos relevantes para trabajar en el proyecto y que impacten directamente y de manera sostenida en el objetivo del proyecto que es la reducción del costo unitario total.

2.6. GRAFICA GOAL VS. ACTUAL

Uno de los aspectos relevantes dentro de esta metodología hace referencia a la constante evaluación de los resultados alcanzados es por eso que se propone esta gráfica muy simple que no es otra cosa que establecer dos aspectos importantes: 1) relacionado con un valor objetivo por alcanzar suavizado de manera equilibrada en el tiempo y 2) un status del valor alcanzado y compararnos de manera diaria, semanal, o mensual sobre los resultados obtenidos de tal forma que podamos observar los avances o retrocesos que tengamos en el proyecto y la brecha existente con el objetivo planteado en esta fase de definición.

Aplicación Práctica:

En la empresa modelo se definió como métrica del proyecto el costo total del producto, recordemos que la información siempre tiene que venir de las áreas responsables por lo que el departamento de finanzas y costos se convierten en la voz oficial de los datos que esta métrica involucra pudiendo conjuntamente con ellos preparar el seguimiento del Goal vs. Actual y por ende del proyecto.

Mes a mes se ha ido obteniendo la información de costo unitario total para el modelo RI XXX y revisando su evolución en el tiempo como resultado de las acciones tomadas desde el inicio del mismo.

Estos datos se van a ir registrando en un cuadro similar al indicado en la Fig. 11. Que como podemos observar en esta etapa de definición solamente cuenta con el valor objetivo que inicia con el costo promedio ponderado generado en el año inmediatamente anterior 2014 y concluye con el valor objetivo al final del proyecto septiembre 2015.

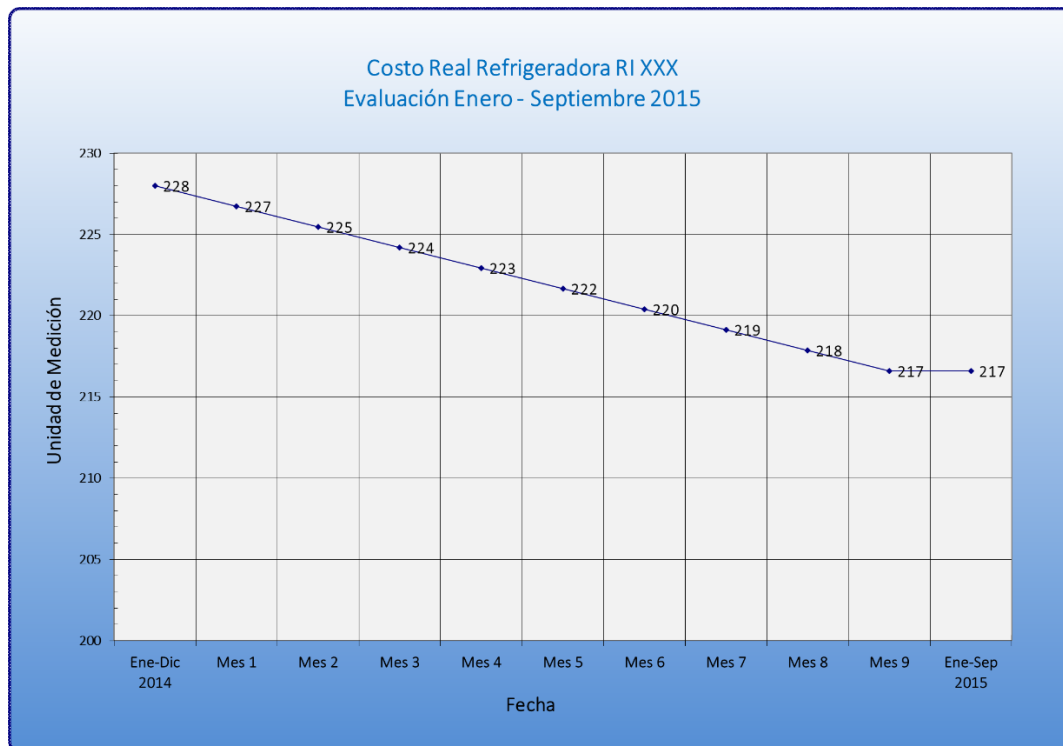


Fig. 11 Gráfica Goal vs Actual **Fuente:** Proyecto

A partir del mes de septiembre 2015 el costo unitario del producto se debería mantener dentro de estos parámetros, para garantizar ello se contempla dentro de la metodología la etapa de control con la cual se pretende que las acciones implantadas no se diluyan en el tiempo.

2.7. GRAFICAS ESTADISTICAS: HISTOGRAMA, DIAGRAMA DE PARETO Y BOX-PLOT

La utilización de gráficas estadísticas nos permite obtener información de manera visual y nos enfoca correctamente en aquellos componentes sobre los cuales podemos trabajar.

Aplicación Práctica:

Al analizar la composición del costo del modelo RI XXX (Fig. 12), se obtuvo como resultado que el 83% del costo unitario esta en materias primas directas, el 10% en mano de obra directa y el 7% restante en la amortización de gastos indirectos de fabricación.

En esta etapa se puede inferir que la obtención de mejoras dentro de ese 83% de materias primas directas puede influir de manera importante y sostenible en el costo unitario del producto que es el objetivo del proyecto a implementar.

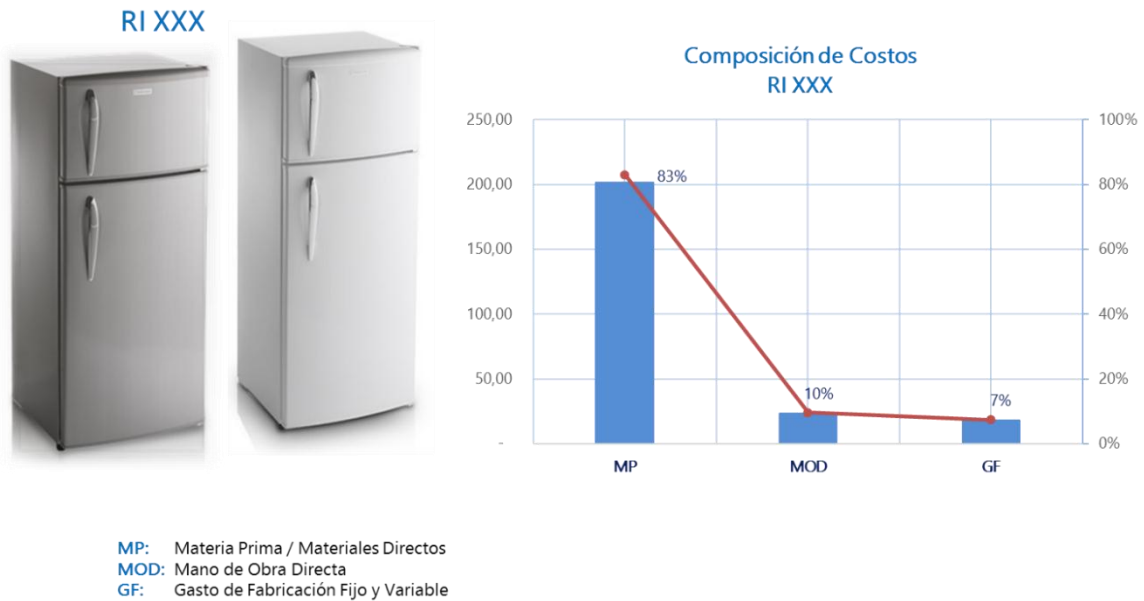


Fig. 12 Composición del Costo

Fuente: Proyecto

Un diagrama de Pareto es una gráfica de barras ordenadas de mayor a menor, donde cada barra refleja la importancia o peso de cada uno de los factores que se analizan.

El Diagrama de Pareto ayuda a enfocarse en los “Pocos vitales” en lugar de los “Muchos triviales”.

Aplicación Práctica:

En la empresa modelo se analizó de igual manera la composición del costo unitario utilizando para ello un diagrama de Pareto; en este diagrama como podemos observar en la Fig. 13 se hizo una descomposición del costo en componentes del producto de tal manera que podamos enfocar nuestros esfuerzos en aquellos en los que podamos conseguir mejoras importantes.

De esta manera el 36% del costo del modelo RI XXX se concentra en el denominado Gabinete Armado, el 25% en el compresor, el 10% en Puerta Grande y así sucesivamente; lo que hacemos con esta herramienta es importante porque nos orienta directamente sobre lo que tenemos que trabajar.

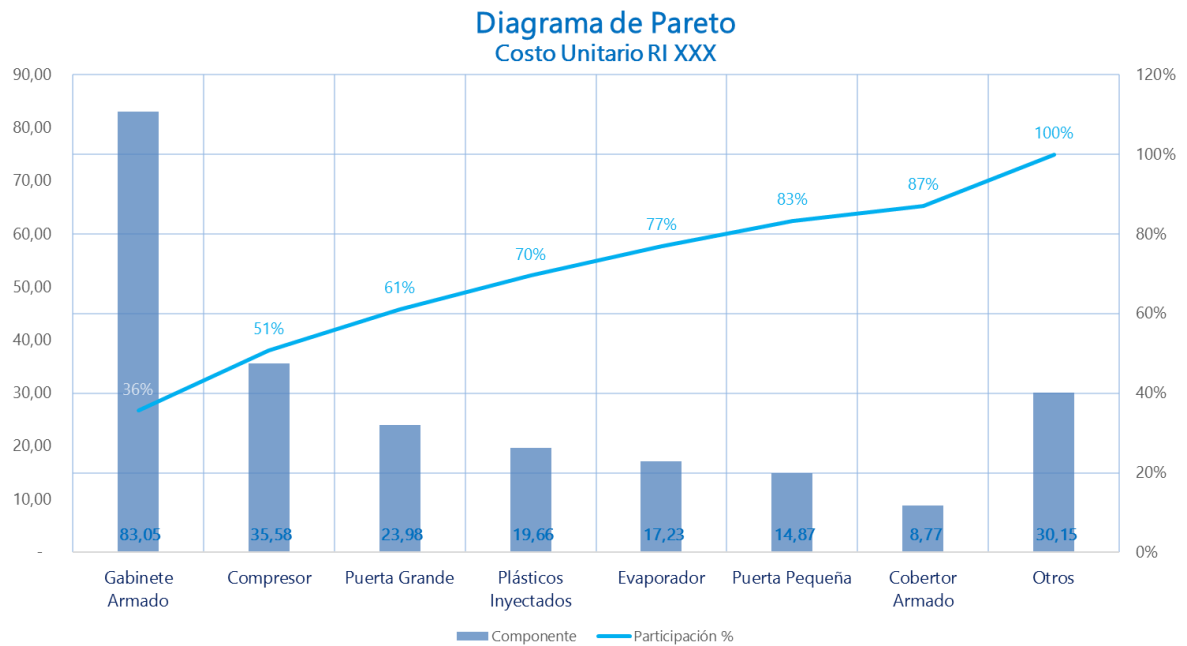


Fig. 13 Diagrama de Pareto Costo Unitario

Fuente: Proyecto

Posterior a este análisis se procede a analizar la composición a un nivel más detallado de estos componentes que conforman el 80/20 y aplicando herramientas LEAN SIX SIGMA buscamos la optimización del costo principalmente en aquellos que representan el 80% de la participación del costo unitario.

2.8. ANALISIS DE CAPACIDAD ACTUAL DEL PROCESO

En cualquier proceso de manufactura es importante cuantificar la variabilidad natural del proceso, para poder analizarla y evaluar si es compatible con los requisitos o especificaciones del cliente; a este estudio se le denomina **Análisis de Capacidad**.

Análisis de Capacidad es una herramienta estadística y gráfica que compara matemática y visualmente el rendimiento actual del proceso con las especificaciones dadas por el cliente.

Este análisis forma parte de varias de las herramientas SEIS SIGMA requerida como paso indispensable dentro de esta metodología DMAIC. Tiene como objetivo determinar la estabilidad del proceso, identificando y removiendo cualquier fuente de inestabilidad.

El análisis de capacidad del proceso sirve como base para varias funciones de calidad de procesos y productos entre ellas:

- Ensayos de pruebas en productos, garantías por calidad.

- Mejoras de procesos.
- Especificaciones de productos
- Desarrollo de productos

En cualquier proceso es necesario cuantificar la variabilidad natural del proceso y de esta manera analizar y evaluar si cumple con los requisitos del cliente.

Este análisis recibe el nombre de Estudio de Capacidad y expresa la habilidad de un proceso en términos de una medida estándar.

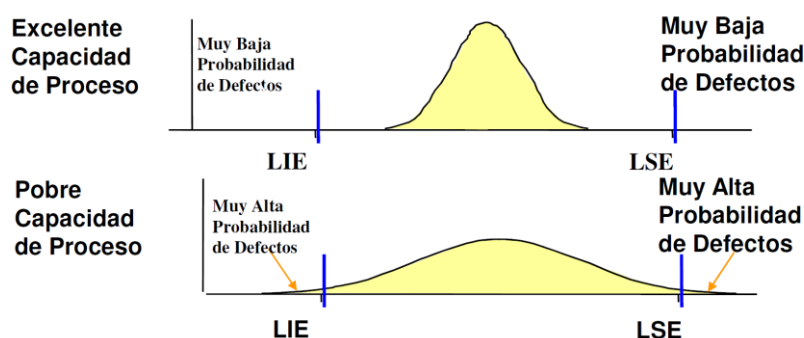


Fig. 14 Capacidad del Proceso

Este proceso suele dividirse en dos etapas:

- 1) **Caracterizar los datos.** - Para ello utilizaremos la estadística descriptiva:
 - a. Medidas de tendencia central (media, mediana, moda).
 - b. Medidas de tendencia no central (cuartiles, percentiles, deciles).
 - c. Medidas de dispersión (rango, desviación estándar)
 - d. Gráficos estadísticos: cajas e histogramas.
- 2) **Estudiar la aptitud o capacidad del proceso.** – Se medirá la capacidad del proceso con coeficientes que permiten comparar el rango de especificaciones con la variación natural del proceso:
 - a. Cp, Cpk, Sigma
 - b. Defecto, Oportunidad, Sigma.

PASOS PARA MEDIR LA CAPACIDAD DEL PROCESO.

Paso 1: Identificar el tipo de datos. (Cuantitativos o Variables; Cualitativos o Atributos)

Paso 2: Definir el tamaño de la muestra y obtener los datos.

Paso 3: Definir subgrupos.

Paso 4: Analizar el tipo de distribución.

Paso 5: Índices de capacidad.

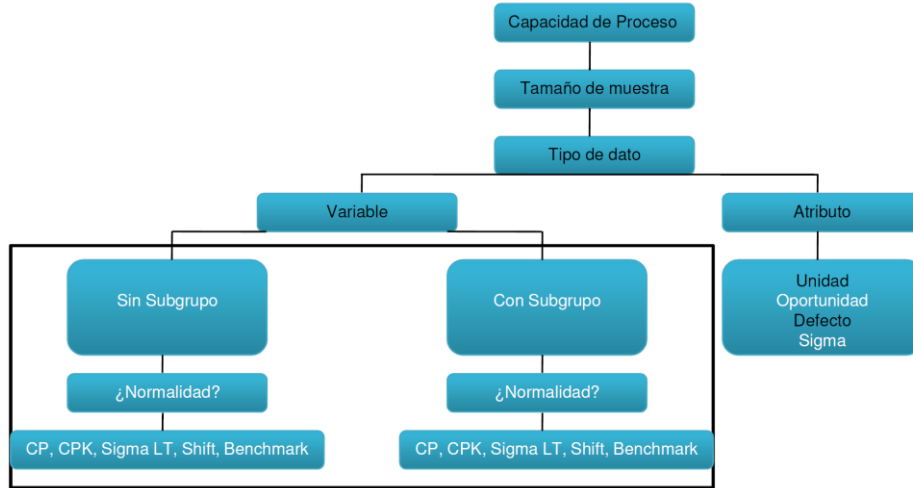


Fig. 15 Pasos para medir la capacidad del proceso

Aplicación Práctica:

Paso 1: Identificar el tipo de datos.

En la empresa modelo se analizó la capacidad para el cumplimiento que tiene el proceso de fabricación respecto a su costo objetivo; el tipo de datos requerido para este análisis tienen el carácter de cuantitativos y continuos dado la naturaleza del costo del producto.

Paso 2: Definir el tamaño de la muestra y obtener los datos.

Para la definición del tamaño de la muestra existen diferentes maneras de hacerlo una de ellas es a través de fórmula estadística en donde es necesario el nivel de confianza, el máximo error tolerable y la varianza de la población. Lo recomendable es utilizar como mínimo entre 20 y 50 valores.

Los datos obtenidos para su aplicación sumaron 22 observaciones o datos históricos en los que se evidencia como el costo del modelo RI XXX ha ido evolucionando en el tiempo.

Paso 3: Definir subgrupos.

Como se había mencionado anteriormente en el año la empresa cuenta con dos temporadas plenamente marcadas y definidas en las que pudimos aplicar esta definición

de subgrupos sin embargo lo que interesa es justamente aislar estas condiciones y conseguir que nuestro proceso sea capaz de llegar a un costo objetivo en cualquier época del año, por lo que se decidió analizar la capacidad total del proceso en todo el año.

Paso 4: Analizar el tipo de distribución.

La distribución de los datos puede tener un comportamiento normal y no normal. Dependiendo del tipo de normalidad que se obtenga se requiere uno u otro análisis de datos como muestra la Fig. 16 en donde al presentarse una distribución no normal es recomendable la aplicación de Box – Cox y una Distribución Weibull.

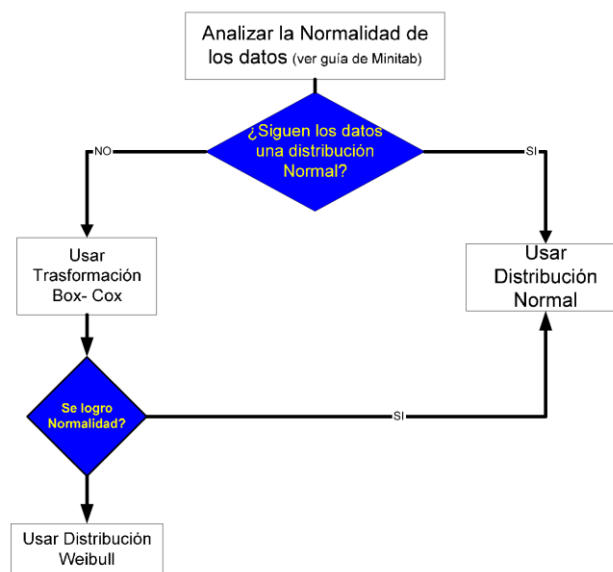


Fig. 16 Aplicación Tipo de Distribución

Distribución Normal: En una distribución normal los datos se distribuyen normalmente sobre el promedio.

Distribución Weibull: Se refiere a una distribución no normal en donde lo más probable es que se tenga una mezcla de datos que vienen de poblaciones diferentes. Si las analizamos individualmente posiblemente tendremos un comportamiento normal, pero en conjunto son no normales.

Paso 5: Índices de Capacidad.

Los índices de capacidad nos permitirán identificar el rendimiento del proceso, el nivel de defectos y la habilidad de cumplir con dicho rango, tal como se puede observar en la Fig.

17 dentro de una distribución normal de datos podemos contar con rango propio del proceso y un rango de conformidad. Este último viene dado por las especificaciones del cliente y es hasta este punto en donde la dispersión de los datos es aceptable.

Para variables cualitativas o atributos:

- Unidad
- Defecto
- Oportunidad
- Z

Para variables cuantitativas:

- Cp
- Cpk
- Z

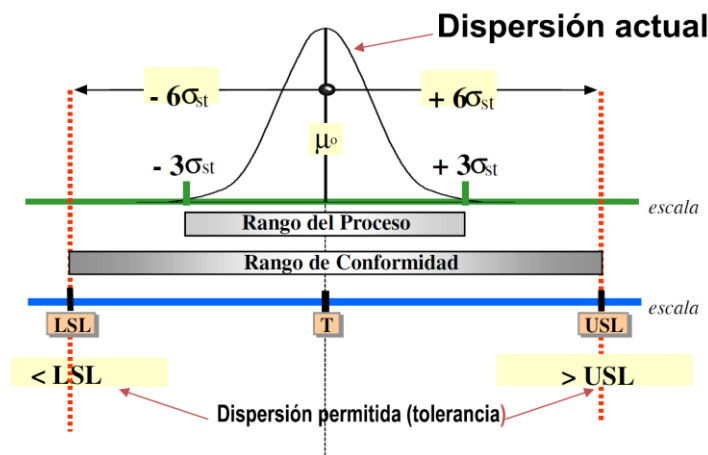


Fig. 17 Rangos de un proceso y tolerancias **Fuente:** <https://www.ingenieriaindustrialonline.com>

Índice Cp: También denominado índice de capacidad del proceso, es una medición de la habilidad de un proceso en lograr resultados consistentes. Es la razón entre la dispersión permitida y la actual del proceso.

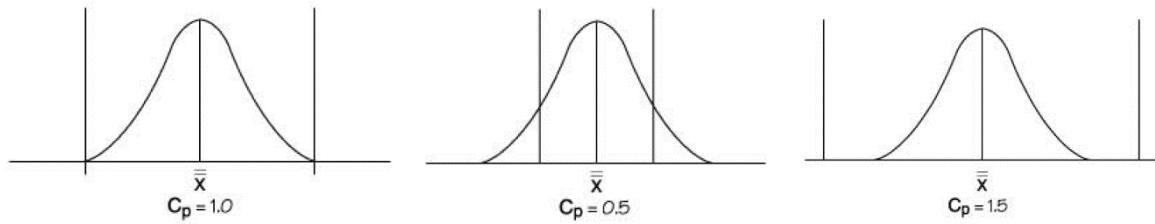
Índice Cpu: Mide la relación entre el intervalo comprendido entre la media del proceso y la tolerancia superior y 3σ (para capacidad = 6σ)

Índice Cpl: Mide la relación entre el intervalo comprendido entre la media del proceso y la tolerancia inferior y 3σ (para capacidad = 6σ)

Índice Cpk: Es un índice que compara el estado actual del proceso con las tolerancias. Tiene en cuenta la media del proceso, la variabilidad y las especificaciones.

Gráficamente:

Índice CP:



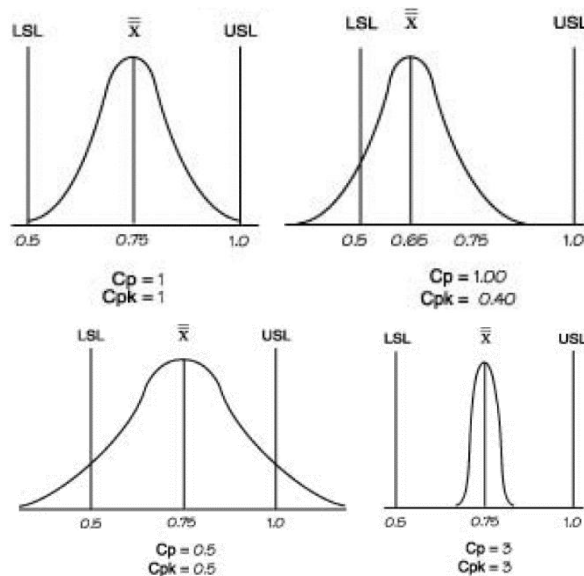
CP= 1 La dispersión del proceso y el rango de conformidad es el mismo.

CP<1 La dispersión del proceso es mayor que la permitida por las especificaciones.

CP>1 La dispersión del proceso es menor que el rango de conformidad.

En definitiva, el índice CP establece cuantas veces el proceso encaja dentro de las especificaciones.

Índice CPK:



CPK = 1 Indica que el proceso encaja perfectamente dentro de las especificaciones.

CPK < 1 Indica que los datos están por fuera de los límites de especificación.

CPK > 1 Indica que los datos están dentro del límite de especificación.

Fuente: <http://www.statisticalprocesscontrol.info/bilder/cpk>

En conclusión el índice CPK mide que tan cerca esta un proceso está operando en sus límites de especificación.

Según se puede observar en la Fig. 18 las desviaciones que se presentan hacen que los costos del modelo RI XXX tengan un comportamiento fuera de los límites de especificación, desplazándose notoriamente hacia la derecha lo que denota un costo más alto que el esperado.

Para ello se utilizó el software MINITAB muy útil para este tipo de análisis; en el cuadro: Procesar Datos se pueden encontrar los parámetros para el análisis, siendo los siguientes:

Límites de especificación esperados:

- LIE (Límite Inferior de Especificación) = \$ 200.00
- LSE (Límite Superior de Especificación) = \$ 234.08
- Media de la muestra = \$ 241.73
- Muestra = 22 observaciones.

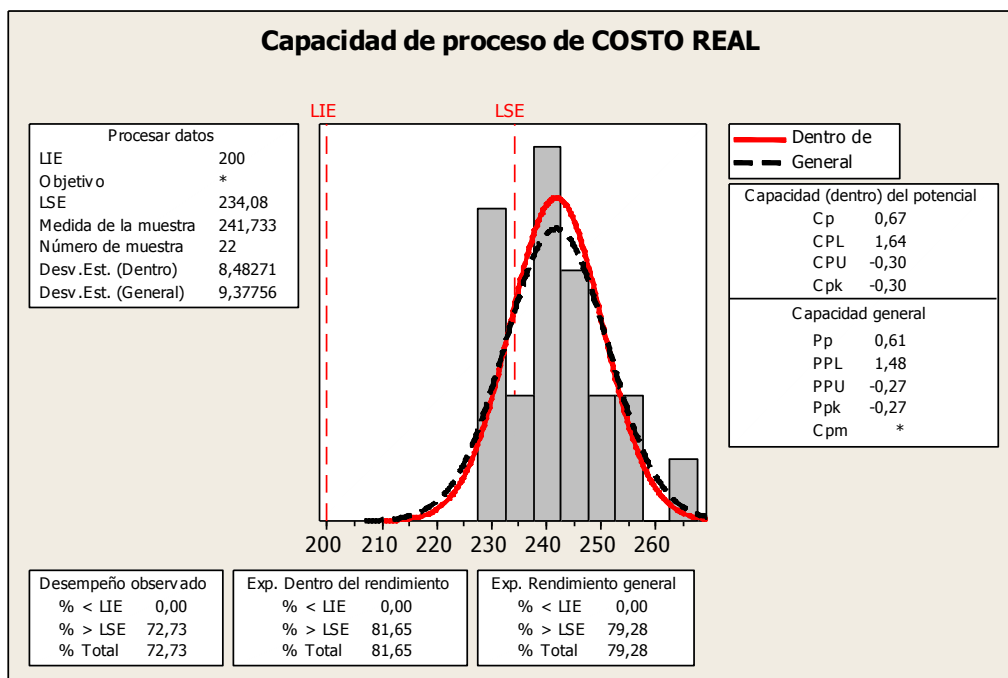


Fig. 18 Capacidad del Proceso Costo Real – Minitab

Fuente: Proyecto

Interpretación de Resultados:

Índice CP = 0,67 Lo que nos indica que existe una dispersión y/o desviación de los costos de producción superior a lo especificado como costo objetivo. Se está cumpliendo con este objetivo al 67%.

Índice CPK = -0,30 Al ser inferior a 1 este índice nos indica que definitivamente los datos por fuera de los límites de especificación.

Como conclusión el **81,65%** de los costos de producción están por encima del Límite de especificación superior o costo objetivo.

2.9. MATRIZ R.A.C.I

Es necesario que se establezcan claramente cuáles son las responsabilidades en la gestión de los proyectos Lean Six Sigma, y para ello se recomienda la utilización de esta matriz que no es más que un cuadro de asignación de responsabilidades.

Responsabilidad			Descripción
R	Responsible	Responsable	Quien realiza la tarea.
A	Accountable	Rinde cuentas	Responsable de que la tarea se ejecute.
C	Consulted	Consultado	Persona/s que dispone de la información necesaria para la ejecución de la tarea.
I	Informed	Informado	Persona/s que deben ser informados sobre el avance de los resultados.

Aplicación Práctica:

Para la elaboración de la Matriz RACI se debe contar claramente con las tareas a ejecutar por cada etapa dentro de la metodología DMAIC que se encuentra descrito en la presente tesis para las fases de Definir, Medir, Analizar, Implementar o Mejorar y Controlar.

Una vez descritas estas tareas, y con el equipo de trabajo bien establecido podremos elaborar esta matriz, mediante la asignación de responsabilidades para cada uno de los participantes. Según se puede observar en la Fig. 19 en la que consta un pequeño extracto de esta matriz en donde la responsabilidad de cada participante respecto al proyecto está claramente identificada.

Esto nos permite tener organización en las tareas del proyecto y de igual manera tener una identificación del equipo y de quién se podría ya sea obtener una autorización, un apoyo, información o simplemente a quien debemos comunicar un avance o la generación de resultados.

En un proyecto Lean Six Sigma básicamente la responsabilidad es compartida entre el ejecutante que es el Black Belt y el Sponsor del proyecto.

Project Plan/Business Process			RACI - Action Terms														
			R	C	A	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
			R	C	A	C	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
			R	I	C	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
			R	C	A	C	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
			R	I	A	C	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
			R	I	A	C	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
			R	I	A	C	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
			R	I	A	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
			R	I	A	C	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
			R	I	A	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
			R	I	A	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

Fig. 19 Matriz RACI Fuente: Proyecto

2.10. DIAGRAMA SIPOC

El diagrama SIPOC por sus siglas en inglés: (**S**: Suppliers/Proveedores, **I**: Inputs/Entradas, **P**: Process/Proceso, **O**: Output/Salidas, **C**: Customers/Cientes)

Tiene como propósito asegurar que el alcance del proyecto sea entendido y acordado por los involucrados, facilitando las mejoras del proceso a través de la identificación de clientes y proveedores del mismo, para ello es muy importante la voz del cliente, dicha voz que es traducida en requerimientos de entrada y salida a lo largo de un proceso.

La diagramación del proceso actual es vital para encontrar las fronteras y sobre todo determinar aquellas actividades que generan reprocesos y/o correcciones, reuniendo con ello un conocimiento colectivo para asegurar que todos los pasos sean revisados.

Su objetivo fundamental es la identificación de oportunidades de mejora en el proceso.

Un SIPOC se compone de varios elementos en donde su interacción se puede observar en la Fig. 20 la descripción de cada compoene se describe a continuación:

- S: Suppliers / Proveedores:** Proveen las entradas de un proceso.
- I: Inputs / Entradas:** Recursos materiales y humanos requeridos por el proceso. En este aspecto es necesario identificar con claridad el QUE y el COMO en los elementos de entrada.
- P: Process / Proceso:** Actividad que transforma las entradas en salidas.

O: Outputs / Salidas: Producto o servicio resultante del proceso. Al igual que las entradas es necesario la identificación del QUE y el COMO para las salidas del proceso.

C: Customers / Clientes: Usuarios de las salidas de un proceso.

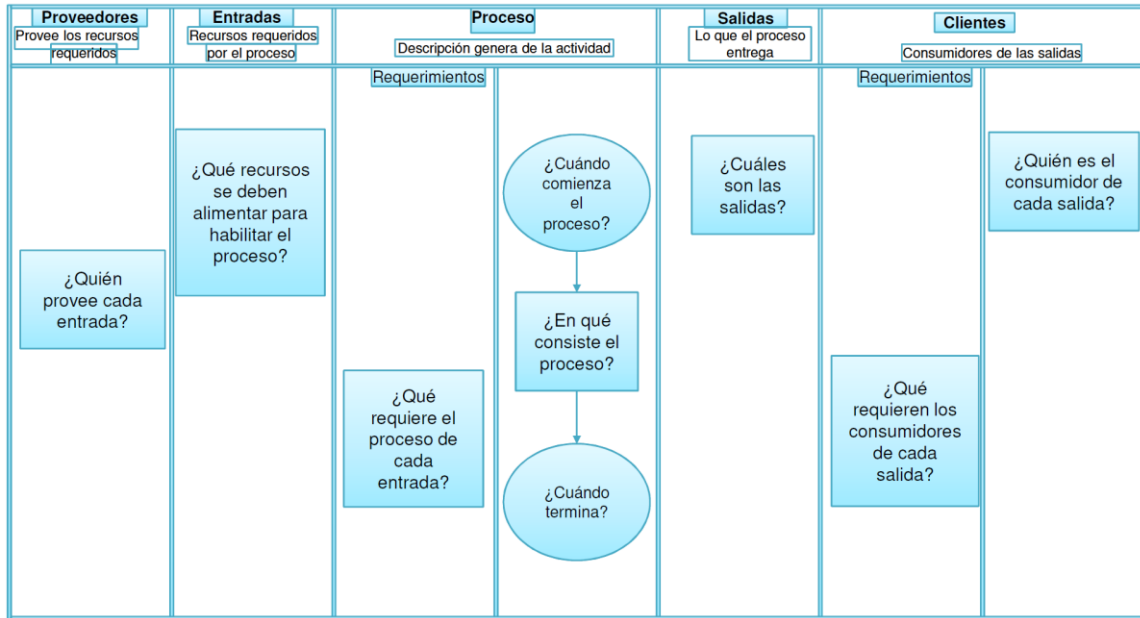


Fig. 20 Estructura SIPOC

Fuente: <https://www.edrawsoft.com/howto/sipoc-how>

Aplicación Práctica:

En la empresa modelo se procedió en primer lugar con el levantamiento del proceso de fabricación del modelo RI XXX, dicho proceso se encuentra disponible en las denominadas rutas de fabricación, en donde paso a paso se fue indagando con los dueños de los procesos y con el apoyo del equipo Green Belt.

La ruta de fabricación de un producto está ligada directamente a la estructura del producto, a lo que se le denomina B.O.M (*Bill of Materials*) o lista de materiales, de esta manera se partió del código de mayor jerarquía que fue el del modelo RI XXX y generando la explosión de materiales hacia abajo.

Dicha explosión nos genera una serie de materias primas cuya participación es directamente en la línea de ensamble y también los denominados Semielaborados que a su vez tienen un proceso de pre-ensamble o de fabricación previa hasta llegar a la línea final.

El objetivo al aplicar esta herramienta es diagramar detalladamente el proceso de transformación del producto y de acumulación de costos que se va dando en cada uno de los centros de costos o también denominados centros de transformación.

SIPOC DIAGRAM - High Level
Reducción de Costos RI XXX

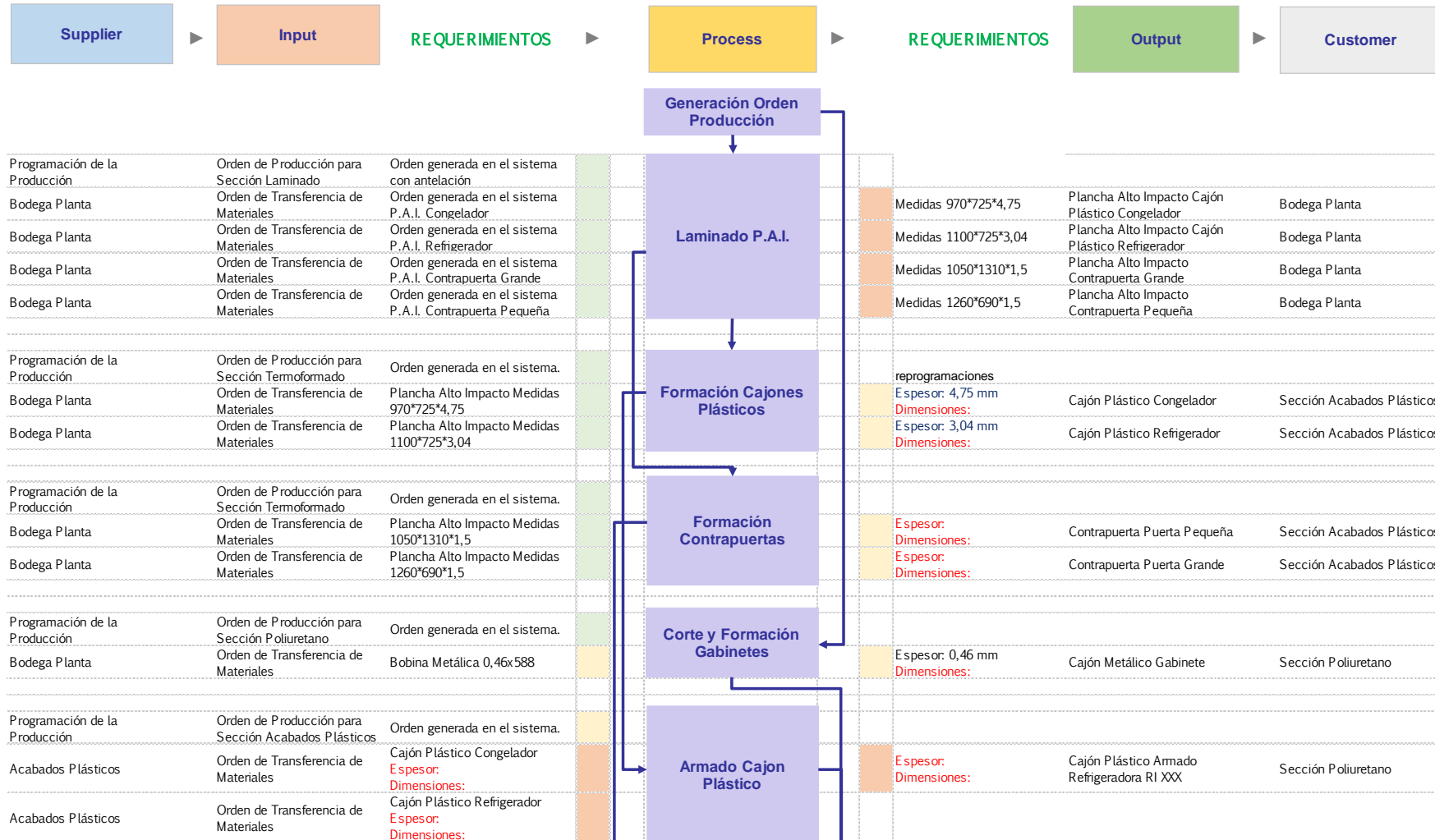


Fig. 21 SIPOC Empresa Modelo

Posteriormente a la elaboración SIPOC se pudieron determinar muchas alternativas para la optimización de costos de producción del modelo RI XXX, estas alternativas se presentaron tanto en materiales como en procesos productivos, a su vez que evidenciaron aspectos importantes en temas no solo de costos sino también de procesos en donde existen riesgos inherentes que no estuvieron bajo control. Estas oportunidades de mejora se resumen en el siguiente punto.

2.11. HALLAZGOS

Es determinante al finalizar cada etapa dentro de la metodología DMAIC el establecimiento de los hallazgos o también denominados resultados, en donde se deben enumerar todas las alternativas de mejoras que se pudieron encontrar en esta etapa sin descartar ninguna de ellas hasta que por la aplicación de herramientas en las etapas de medición y análisis se descarten.

Aplicación Práctica:

Las alternativas de mejoras vistas a un nivel general por temas de confidencialidad tanto en proceso como en materiales resultantes de esta primera etapa se pueden observar en el siguiente cuadro resumen; aunque se recalca que estos hallazgos requieren un mayor detalle:

HALLAZGOS		
Bobina Metálica	Espesor de 0,46 mm a 0,36 mm.	Mejora Costos Materiales
Bobina Prepintada	Lámina Prepintada por Lámina para Pintar.	Mejora Costos Materiales
Compresor Embraco México	Compresor de 690BTU por compresor de 610BTU.	Mejora Costos Materiales
Tablero Posterior	Carton Plástico en reemplazo de P.A.I.	Mejora Costos Materiales
Puertas Monoblock	Puertas Atomilladas por Puertas Monoblock.	Mejora Productividad
Perfil sellado Gabinete	Perfil de material reciclado por cinta.	Mejora Productividad y Eficiencia
Evaporador	Evaporador Actual Shaftal por Evaporador Bundy	Mejora Costos Materiales
Compresor Tecumseh 220V	Compresor TECUMSEH en reemplazo de EMI70	Mejora Costos Materiales
Poliuretano	De 6,98 kg a 6,21 kg.	Mejora Costos Materiales
Evaporador	Evaporador con Intercambiador Interno	Mejora Costos Materiales
Inyección Plásticos	Desarrollo de nuevo Proveedor de Poliestiren	Mejora Costos Materiales
Linea de Ensamble	Productividad en Linea de Ensamble	Mejora Productividad y Eficiencia
Sección Puertas	Productividad Sección de Puertas	Mejora Productividad y Eficiencia
Sección Termoformado	Productividad Sección de Termoformado	Mejora Productividad y Eficiencia
Sección Poliuretano	Productividad Sección de Poliuretano	Mejora Productividad y Eficiencia
Inyección Plásticos	Incorporación de Carbonato de Cal en composición	Mejora Costos Materiales
Plancha Alto Impacto	Disminuir tamaño de P.A.I.	Reducción de Retazos
Desperdicios	Reducción de desperdicios linea de ensamble	Mejora Productividad y Eficiencia
Desperdicios	Reducción de desperdicios puertas	Mejora Productividad y Eficiencia
Desperdicios	Reducción de desperdicios linea Termoformado	Mejora Productividad y Eficiencia
Desperdicios	Reducción de desperdicios linea poliuretano	Mejora Productividad y Eficiencia
Reprocesos	Reducción de reprocesos y variabilidad Ensamble	Mejora Productividad y Eficiencia
Reprocesos	Reducción de reprocesos y variabilidad Puertas	Mejora Productividad y Eficiencia
Reprocesos	Reducción de reprocesos y variabilidad Termoform	Mejora Productividad y Eficiencia
Reprocesos	Reducción de reprocesos y variabilidad Poliuretano	Mejora Productividad y Eficiencia

Cuadro 1. Hallazgos Fase Definir

Beneficios SIPOC:

- Identifica inconsistencias o falta de información o especificación.
- Identifica los recursos necesarios y sus requerimientos al considerar las siguientes preguntas:
 - ¿Existen salidas que no cuenten con especificación?
 - ¿Alguna especificación no concuerda con alguna entrada o salida?
- Identifica mediciones adecuadas al contestar preguntas como:
 - ¿Qué mediciones efectuamos actualmente?
 - ¿Todos los requerimientos son medibles?
 - ¿No es posible medir algún requerimiento y cuál es su impacto?
- Si se puede contestar las anteriores preguntas con claridad no se tendría ningún inconveniente a lo largo de cualquier proceso; sin embargo, esto no sucede.

ANALIZAR

2.12. DIAGRAMA FMEA - AMEF

El diagrama FMEA por sus siglas en inglés: (**F**: Failure/Fallas, **M**: Mode/Modo, **E**: Effects/Efecto, **A**: Analysis/Análisis) o comúnmente conocido como *Análisis de Modo Efecto de Falla – AMEF*.

Tiene como propósito asegurar que modos potenciales de fallas, y sus causas asociadas hayan sido considerados y analizados.

Permite analizar la calidad, seguridad y/o fiabilidad del funcionamiento de un proceso, tratando de identificar los fallos potenciales que presenta su diseño, y por tanto tratando de prevenir problemas futuros de calidad.

Se trata de un estudio sistemático de las fallas (denominadas modos de fallas) y sus causas asociadas, partiendo de los efectos.

Su objetivo es la corrección de los procesos para evitar la aparición de fallas, estableciendo un plan de acción y control, que se obtiene como resultado de este estudio.

Pasos:

(Ver Figura 22)

1. Liste las actividades del proceso acorde al SIPOC. (*Función del Proceso*)
 - **Sugerencia:** Use verbos en infinitivo.

2. Identifique el modo de falla. (*Fallas Potenciales*)
 - **Sugerencia:** Utilice siempre como modo de falla: 1. No se hace 2. Se hace mal 3. Genera demoras; para cada una de las actividades del proceso.

3. Ingrese los efectos. (*Efectos de fallas potenciales*)
 - **Sugerencia:** Siempre póngase en los zapatos de su cliente interno/externo.

4. Identifique las causas. (*Causas potenciales de la falla*)
 - **Sugerencia:** Describa las causas raíz del problema.

5. Liste los controles. (*Controles de Proceso Actuales*)
 - **Sugerencia:** Se pueden utilizar controles proactivos (prevención) y/o reactivos (detección).

6. Estime la severidad, ocurrencia y detección. (*Puntaje de 1 a 5*). (Ver Figura 23) y calcule el RPN.

7. Coloque las acciones puntuales para solucionar la causa raíz.

8. Defina responsables y fechas de cumplimiento para el plan de acción detallado.

9. Recalcule el RPN de tal manera que se puede evaluar la efectividad de las acciones tomadas.

ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS POTENCIALES

EMPRESA: INDxxxxx **RESPONSABLE:** MANUFACTURA **ELABORADO POR:** Juan Churruarín **FECHA:** 5/3/2015
PRODUCTO: REFRIGERADOR RI-XXX **MIEMBROS DEL EQUIPO:** - Edison Encalada **FECHA:** 5/3/2015 **VISION:** 10/3/2015
PROCESO: FABRICACION RI-XXX - Juan Pablo Pintado - William Paredes

Risk Priority Number:
Valoración resultante, que se obtiene:

#	FUNCION DEL PROCESO	FALLAS POTENCIALES	EFFECTOS DE FALLAS POTENCIALES	SEVERIDAD	CAUSAS POTENCIALES DE FALLA	OCCURRENCIA	Controles de Proceso Actuales	DETECCION	RPN	Acciones Recomendadas	Responsable	Acciones Tomadas	SEVERIDAD	OCCURRENCIA	DETECCION	RPN
	Actividades del Proceso (Acorde al	Falla Potencial: 1.- No se hace 2.- Se hace mal	Impacto que genera la falla potencial en el		El Por Qué? de las fallas potenciales que generan esos		Existe algún Control que evite que la falla			Plan de acción resultante enfocado al	Personal definido para ejecutar el Plan de	Detalle de las acciones efectivamente				Nueva valoración para verificar que el plan de acción dio los resultados
				Severidad: Si el impacto generado es considerable.			Ocurrencia: Que tan probable es que la falla se presente.			Detección: Se refiere a la probabilidad de detección de la falla.						

Fig. 22 Estructura FMEA – AMEF

Clasificación de Severidad del Efecto		Clasificación de Ocurrencia de la Causa		Clasificación de Detección del Control	
Rating	Descripción	Rating	Descripción	Rating	Descripción
1	Se detecta una oportunidad de mejora, pero no se requiere acción. Las consecuencias de la falla son despreciables.	1	Probabilidad de ocurrencia remota. Nunca	1	<ul style="list-style-type: none"> La mayor probabilidad de detección de la falla antes que llegue al cliente Un control que prácticamente previene que ocurra una causa
2	Las consecuencias de la falla son leves. El cliente probablemente no verá el efecto.	2	Baja tasa de ocurrencia. Poco frecuente.	2	<ul style="list-style-type: none"> Probabilidad muy alta de detectar la falla antes que llegue al cliente Un control que típicamente previene que ocurran los defectos
3	La consecuencia de la falla es moderada. Algunos clientes pueden detectar y rechazar el servicio/producto	3	Moderada probabilidad de ocurrencia. Con cierta frecuencia	3	<ul style="list-style-type: none"> Probabilidad moderada de que el defecto sea detectado antes de llegar al cliente Un control que detecta la causa después que ha ocurrido
4	El producto, proceso o servicio están severamente degradados. El cliente detectará y puede trabajar con el problema o rechazarlo.	4	Falla ocurrente. Frecuentemente.	4	<ul style="list-style-type: none"> Baja probabilidad de detección del defecto antes de llegar al cliente Pocos o ningún control para prevenir la causa, algunos controles para detectar
5	Las consecuencias de la falla son severas. Los productos/servicio no funcionarán.	5	Alta probabilidad de falla. Es casi seguro que la falla ocurrirá. Frecuencia alta	5	<ul style="list-style-type: none"> La más baja probabilidad de detección antes de llegar al cliente. El cliente puede reclamar contra el producto o servicio y/o rechazarlo No hay controles consistentes de prevención o detección de la causa

Fig. 23 Puntajes para estimación Severidad, Ocurrencia y Detección

Aplicación Práctica:

ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS POTENCIALES

EMPRESA:
PRODUCTO:
PROCESO:

INDxxxxxx
REFRIGERADOR RI-375
FABRICACION RI-375

RESPONSABLE:
MIEMBROS DEL EQUIPO:

MANUFACTURA
- Edison Encalada
- Juan Pablo Pintado
- William Paredes
- Juan Pablo Pintado
- Juan Chumbi

ELABORADO POR:
FECHA:

Juan Chumbi P.
5/3/2015

FECHA ULTIMA REVISION:

10/3/2015

#	FUNCION DEL PROCESO	FALLAS POTENCIALES	EFFECTOS DE FALLAS POTENCIALES	SEV	CAUSAS POTENCIALES DE FALLA	OCC	Controles de Proceso Actuales	DET	RPN	Acciones Recomendadas	Responsable	Acciones Tomadas
1	Generar Orden de Producción	Error en generación de cantidades	Materiales y Semielaborados Almacenados	4	Revisiones y Correcciones	2	Administración de Inventarios- Histórico de Ventas	3	24			
2	Seleccionar Materias Primas Laminadora	Confusión en carga	P.A.I. Insevisible	5	Confusión en operador	1	Identificación Clara con Membretes en Materiales	1	5			
4	Laminar Plancha de Alto Impacto P&P	Espesor fuera de tolerancias	Deformaciones en Termoformado	5	Error de Calibración: Laminadora	3	Medición Manual de Espesor	4	60	Medición Automática de Espesor	Edison Encalada	
5	Cortar Plancha de Alto Impacto P&P	Medidas fuera de tolerancias	Reprocesos y Desperdicios	5	Error de Calibración: Cizalla	1	Cizalla Automática para corte	1	5			
6	Transportar Planchas Alto Impacto P&P	Daños por golpes en manipulación	Reprocesos y Desperdicios	5	Manipulación Incorrecta	2	Utilización de Gatas Hidráulicas y Pallets	1	10			
7	Almacenar Planchas Alto Impacto P&P	Daños por golpes en manipulación	Reprocesos y Desperdicios	5	Manipulación Incorrecta	5	Se destina una zona específica	5	125	Métodos de manipulación adecuada	Edison Encalada	
8	Termoformar Cajones y Contrapuertas	Error en operación de máquina	Deformaciones, Descuadras, Puntos débiles	5	Error en Operación, mala colocación	2	Sello de Revisión	2	20			
9	Termoformar Cajones y Contrapuertas	Fallas de termoformadora	Deformaciones, Puntos débiles	5	Error de Calibración: Termoformadora	2	Sello de Revisión	2	20			
10	Termoformar Cajones y Contrapuertas	Daños por fallas de moldes	Deformaciones, Marcas	5	Desgaste de Moldes para Termoformado	4	Sello de Revisión	4	80	Mantenimiento Correctivo	William Paredes	
12	Cortar laterales Cajones y Contrapuertas	Daños en calibración de máquina	Dimensiones inadecuadas, Desperdicios	5	Mala colocación para corte	3	Utilización de Guías para corte	2	30			
13	Perforar Caiones	Daños por fallas de calibración	Dimensiones inadecuadas, Desperdicios	5	Mala colocación para perforación	2	Utilización de Molde para belloti	1	10			
14	Troquelar Contrapuertas	Daños por fallas de operación	Onficios incorrectos, Desperdicios	5	Error en Operación	2	Utilización de Guías para corte	1	10			
15	Armar Cajón Plástico	Error en colocación de insumos	Producto Insevisible, Reprocesos y Desperdicios	5	Mala colocación, Insumos con problemas	3	Cartas de Precontrol	5	75	Nuevos Moldes de armado POKA YOKE o reparación de los actuales	Miguel Salinas	
16	Injectar poliuretano gabinete	Fugas de Poliuretano	Reprocesos y Desperdicios	4	Falta de hermetización	4	Cartas de Precontrol - Revisión Visual	2	32			
17	Injectar poliuretano gabinete	Exceso de Poliuretano	Sobrecosto del Artículo	5	Sistema de Medición Inadecuado	4	Medición Manual de Densidad	4	80	Adquisición de máquina adecuada para medición de densidad	William Paredes	En revisión

Cuadro 2. RPN más altos y Plan de Acción

Es indispensable poder identificar las causas raíz de las posibles fallas de tal manera que al momento de realizar la estimación del RPN y colocar un plan de acción se pueda ser efectivo y solucionar las desviaciones presentadas.

Por ello para la identificación clara de las causas raíz se puede utilizar la siguiente herramienta:

2.13. DIAGRAMA DE ESPINA DE PESCADO Y METODO 6M O METODO DE DISPERSION

El diagrama de espina de pescado, también conocido como diagrama de Causa – Efecto, consiste en representar gráficamente y de manera simple uno o varios problemas que se pueden presentar en nuestro proceso sea productivo o administrativo y en cada una de sus ramificaciones se incluyen las causas generadoras de ese problema, incluyendo incluso las alternativas de solución.

La variante principal es la combinación de esta herramienta con otra metodología denominada Método 6M o de Dispersión en donde cada una de las causas se las agrupa y/o asocia con cada una de las 6M denominada de esta manera por su significado:

Mano de Obra: Todos factores atribuibles al trabajo de nuestro personal en la transformación del producto.

Método: Se refiere a la forma de trabajo y al proceso inherente al producto.

Maquinaria: Todo aquello que tiene que ver con la infraestructura de la empresa.

Materiales: Aquellos que se emplean como insumos de entrada y que interactúan directamente en la fabricación del producto.

Mediciones: Procedimientos y equipos que nos sirven para garantizar la inocuidad o calidad del producto.

Medio Ambiente: Entorno en el cuál se desenvuelve la producción.

Aplicación Práctica:

En la empresa Modelo se procedió con la evaluación de las diferentes causas raíz que generan como resultado un producto RI XXX no competitivo, determinándose a través de un seguimiento continuo conjunto con todas las áreas involucradas tanto en el diseño, desarrollo, transformación, almacenamiento y comercialización de este artículo.

La metodología empleada para la obtención de las causas raíz se denomina **BRAIN STORM** o **LLUVIA DE IDEAS** en donde los participantes en estos talleres evidencian las falencias en cada uno de los procesos al interior de la cadena de valor del Modelo RI XXX. Sin embargo, esta metodología ha sido complementada con una herramienta denominada “**LOS 5 POR QUÉ**”. Básicamente consiste en preguntar hasta por cinco veces el porqué de las condiciones presentadas hasta poder determinar la causa raíz.

Ejemplo de aplicación práctica:

- **1er ¿Por qué?:** ¿Por qué es costoso el Producto?
 - **1ra Respuesta:** Porque el Producto es improductivos.
- **2do ¿Por qué?:** ¿Por qué es improductivo?
 - **2da Respuesta:** Porque existen muchos reprocesos.
- **3er ¿Por qué?:** ¿Por qué existen muchos reprocesos?
 - **3ra Respuesta:** Porque las Puertas llegan con golpes y se tienen que arreglar.
- **4to ¿Por qué?:** ¿Por qué las puertas llegan con golpes?
 - **4ta Respuesta:** Porque en el traslado desde Metalmecánica a Pre-Puertas se lastiman.
- **5to ¿Por qué?:** ¿Por qué se lastiman las puertas en el traslado?
 - **5ta Respuesta:** Porque se da una manipulación inadecuada por parte del personal.

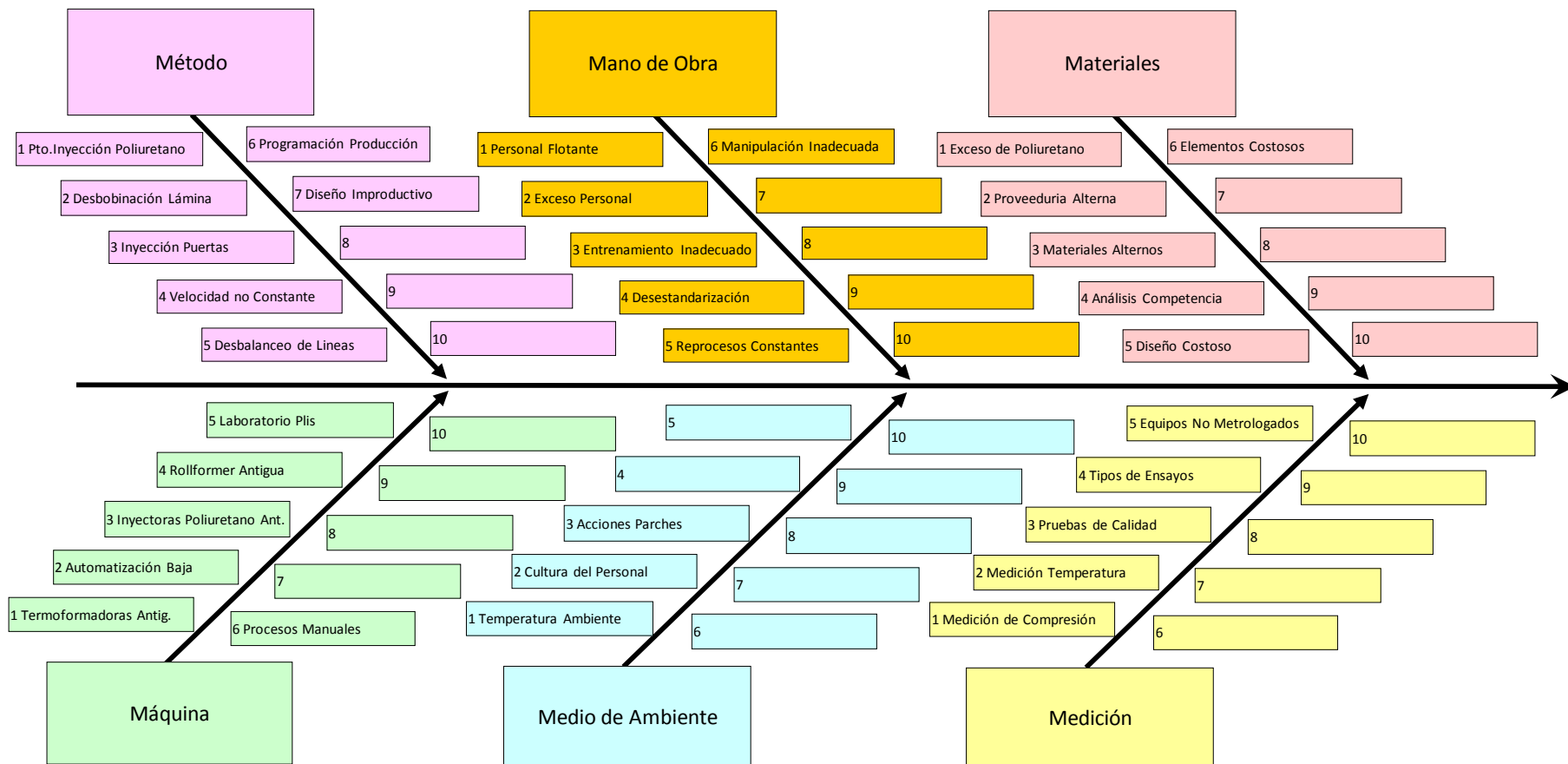
Una vez determinada la causa raíz procedemos con ubicar la misma dentro de la categoría que corresponda dentro del Método 6M, en el ejemplo expuesto la causa raíz detectada corresponde a la categoría de Mano de Obra por la falta de cuidado de los operadores encargados de la transportación y movilización interna; sin embargo, en un análisis más amplio esta falla se relaciona directamente con la calidad de capacitación e instrucciones que se dan a los operadores; que va desde la inducción del nuevo personal y las instrucciones generadas al personal actual lo que se ha generado es que el conocimiento y buenas prácticas que mantenía la organización se haya ido perdiendo con el tiempo.

De allí la importancia de establecer un procedimiento claro reflejado en **HOJAS DE TRABAJO ESTANDARIZADAS** que ejemplifiquen con claridad el estándar y la manera como se tiene que hacer la manipulación de estos semielaborados y generar una cultura en las personas que entiendan sobre todo el impacto de no seguirlo de manera rigurosa.

Diagrama Causa & Efecto y Método 6M

Declaración del Problema:

Mejorar Costos de Produccion en el Modelo RI XXX



Cuadro 3. Diagrama Causa & Efecto en combinación con el Método 6M

2.14. D.O.E. DESIGN OF EXPERIMENTS / DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Un plan formal para conducir un experimento se denomina “Diseño Experimental”, en este estudio se caracteriza la manipulación inducida por parte del investigador y la combinación de todas las alternativas posibles denominadas factores.

PASOS PARA LA EXPERIMENTACIÓN.

- Defina el problema.
- Establezca el objetivo
- Seleccione las variables de respuesta
- Seleccione las variables independientes
- Escoja los niveles de variables.
- Seleccione el Diseño Experimental
- Recolecte los datos
- Analice los Datos
- Realice conclusiones estadísticas.
- Replique los resultados
- Establezca soluciones prácticas.
- Implemente soluciones

Aplicación Práctica:

- Problema:** Uno de los aspectos principales que forma parte de la naturaleza de los electrodomésticos fabricados constituye el Poliuretano; componente utilizado como aislamiento térmico del artefacto. Son varios los aspectos que influyen en la calidad del poliuretano inyectado y por ende del aislamiento térmico; estos aspectos combinados hacen que este elemento pueda tener una relación directa con la eficiencia del artefacto. Los principales aspectos que influyen son: Punto de Inyección, Cantidad de Poliuretano inyectado y Temperatura del Gabinete al momento de su ingreso a la torre de inyección.
- Objetivo:** Determinar con claridad cuál es la influencia de cada uno de los tres factores más influyentes que involucra este experimento, en la densidad del poliuretano, buscando una optimización en la cantidad de poliuretano inyectado.

Variable de Respuesta: Densidad de Poliuretano.

Variables Independientes: Los factores y niveles que se van a probar en el experimento son los siguientes:

Factores	(-)	Niveles (+)
Punto de Inyección	Lateral	Central
Cantidad de Poliuretano	5400 gr.	5900 gr.
Temperatura Gabinete	25°	45°

Cuadro 4. Factores y Niveles para DOE

Combinaciones Posibles:

Nro. Muestra	Punto de Inyección	Cantidad de Poliuretano	Temperatura
1	Lateral	5400	25
2	Central	5400	25
3	Lateral	5900	25
4	Central	5900	25
5	Lateral	5400	45
6	Central	5400	45
7	Lateral	5900	45
8	Central	5900	45

Cuadro 5. Combinaciones DOE

Ejecución del experimento:

Para la inyección de poliuretano y en cumplimiento de cada una de las 8 combinaciones planteadas de acuerdo a la Metodología DOE (Design of Experiments) se tuvo especial cuidado en dar cumplimiento a las premisas para cada combinación:

- a) Temperatura adecuada del gabinete a su ingreso a las torres de inyección.
- b) Cantidad de inyección de poliuretano.
- c) Punto de Inyección.



Punto de Inyección



Temperatura



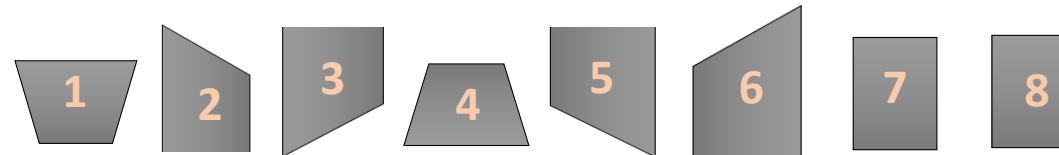
Cantidad Poliuretano

Recolección de Datos: Los datos se obtienen en función a la Variable de Respuesta que para el experimento es la Densidad resultante en cada uno de los 8 puntos del gabinete de un refrigerador. Para la recolección y tabulación de información se utilizó el formato que se indica en el Cuadro 6.

DISEÑO DE EXPERIMENTOS

CAMBIO PUNTO DE INYECCIÓN POLIURETANO

Objetivo: Impacto Inyección del Punto Central
Fecha Experimento: viernes, 30 de septiembre de 2016
Modelo de Análisis: RI XXX



PLANTILLA PARA RECOLECCION DE DATOS

X = FACTORES			Y= DENSIDAD									
PUNTO DE INYECCIÓN	TIEMPO DE DISPARO	TEMPERATURA	SUPERIOR	LATERAL IZQ. SUPERIOR	LATERAL IZQ. INFERIOR	INFERIOR	LATERAL DER. SUPERIOR	LATERAL DER. INFERIOR	ESPALDAR INFERIOR	ESPALDAR SUPERIOR	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR
LATERAL	ACTUAL	45°	36,14	34,76	35,13	33,84	33,93	34,00	33,74	33,82	34,42	0,86
CENTRAL	ACTUAL	45°	35,5	34,70	34,38	34,38	35,03	34,29	35,00	34,30	34,70	0,44
LATERAL	MENOR	45°	35,98	34,63	33,04	31,75	33,72	33,99	33,39	32,80	33,66	1,27
CENTRAL	MENOR	45°	33,83	33,04	34,00	33,23	34,21	34,39	33,04	34,81	33,82	0,66
LATERAL	ACTUAL	25°	37,38	35,09	34,58	32,63	34,20	34,38	34,47	34,11	34,61	1,33
CENTRAL	ACTUAL	25°	36,54	33,51	35,27	34,53	35,69	34,46	33,97	34,76	34,84	0,97
LATERAL	MENOR	25°	35,21	33,00	32,65	30,71	31,88	32,67	32,33	31,99	32,56	1,28
CENTRAL	MENOR	25°	32,19	31,44	33,00	29,61	32,80	32,09	31,23	32,38	31,84	1,09

Cuadro 6. DOE Datos resultantes de Densidad

Análisis y Presentación de Resultados:

Toda vez que se cuenta con las Y resultantes del experimento, mediante la ayuda de software especializado como Minitab se procede con el respectivo modelado del experimento ingresando la información resultante para cada una de las combinaciones resultantes:

	C1	C2	C3	C4	C5-T	C6	C7	C8	C9	C10
	OrdenEst	OrdenCorrida	PuntoCentral	Bloques	Punto de Inyección	Cantidad de Poliuretano	Temperatura	Densidad Promedio	Desviación Estándar	
1	1	1	1	1	Lateral	5400	25	32,5550	1,28167	
2	2	2	1	1	Central	5400	25	31,8425	1,08554	
3	3	3	1	1	Lateral	5900	25	34,6050	1,32638	
4	4	4	1	1	Central	5900	25	34,8413	0,96881	
5	5	5	1	1	Lateral	5400	45	33,6625	1,26946	
6	6	6	1	1	Central	5400	45	33,8187	0,66057	
7	7	7	1	1	Lateral	5900	45	34,4200	0,85802	
8	8	8	1	1	Central	5900	45	34,6975	0,44268	
9										
10										

Figura 24. Modelación de Experimento

En este programa podemos utilizar la opción “*Optimizador de Respuesta*” en donde se buscará la menor desviación posible con la mayor densidad resultante.

Gráfica de Pareto de los Efectos:

La figura 25 nos indica cuál de los factores definidos genera un efecto importante en la Y del experimento es decir en la densidad del poliuretano el cuál como se ha mencionado tiene una relación directa con la cantidad de poliuretano inyectada y por ende con el costo de los productos.

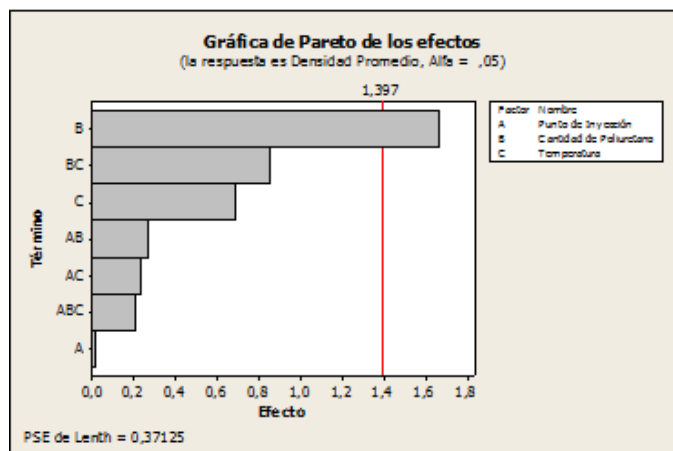


Figura 25. Gráfica de los Paretos

Gráfica de Efectos Principales:

La figura 26 nos muestra la importancia que tienen los factores objeto de estudio en la inyección de Poliuretano. En el primer cuadro: Punto de Inyección podemos notar que este factor es irrelevante para la densidad del artefacto sin embargo en la figura 27 nos indica que es un factor decisivo para la Desviación resultante.

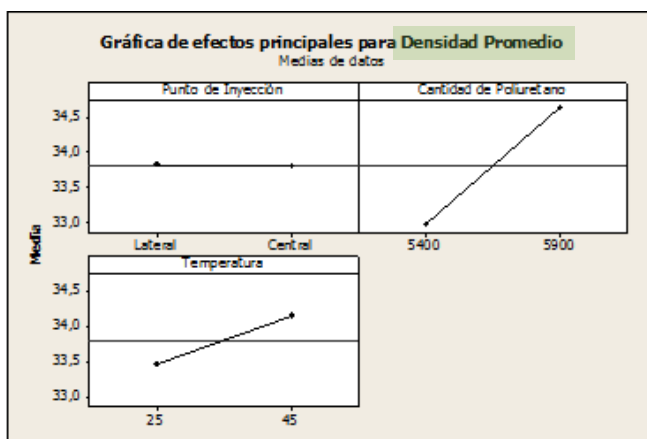
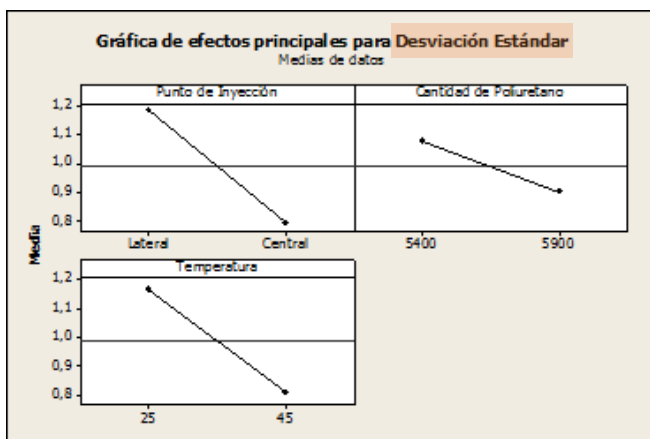


Figura 26. Gráfica de Efectos sobre Densidad

Al tener una mayor variación con la inyección lateral no nos permitiría disminuir la cantidad de poliuretano por los puntos inferiores a la especificación recomendada por el proveedor.



Es por eso que con la inyección central la variación disminuiría considerablemente pudiendo con ello disminuir paralelamente la cantidad de poliuretano hasta encontrar el punto óptimo para la cantidad y temperatura en la inyección de poliuretano.

Figura 27. Gráfica de Efectos sobre Desviación Estándar

Gráfica de Interacción:

En la figura 28 se puede observar la gráfica de interacción nos muestra cómo interactúan y se relacionan los diferentes factores en el experimento. De esta manera se puede concluir que con una mayor temperatura (45°) y con el cambio del punto de inyección a central la variación disminuye considerablemente.

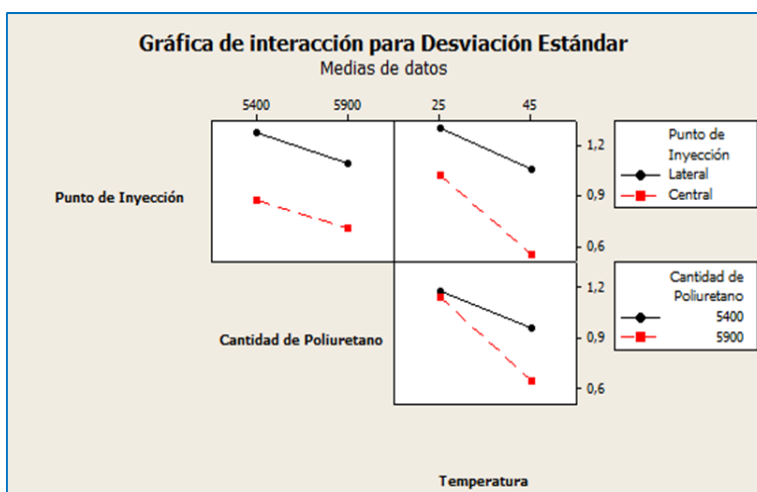


Figura 28. Gráfica de Interacción para Desviación Estándar

Gráfica de Cubos:

La gráfica de cubos se puede utilizar para mostrar las relaciones existentes entre dos, tres, hasta ocho factores. En el experimento realizado de acuerdo a lo que muestra la figura 1.7 podemos notar los diferentes resultados de aplicar de determinada manera el experimento.

Por ejemplo, según la Figura 29 & 30: Si se realiza la inyección por la parte lateral con 5900 gr. y a 25° de temperatura se podría obtener una densidad promedio de 34,6050 y una desviación estándar de 1,3264.

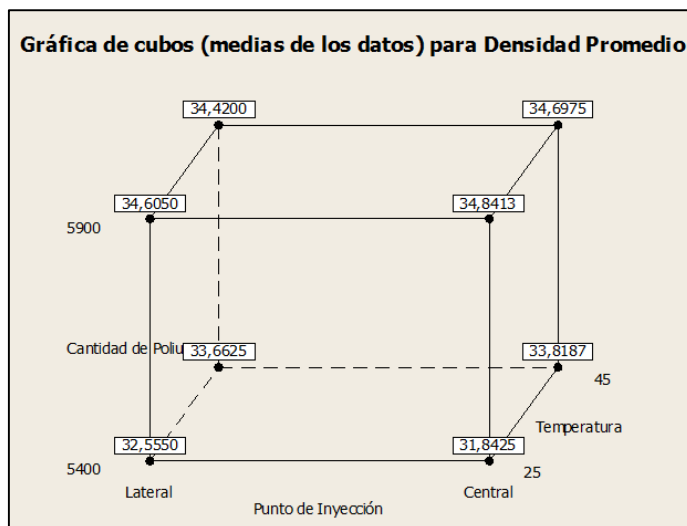


Figura 29. Gráfica de Cubos para Densidad

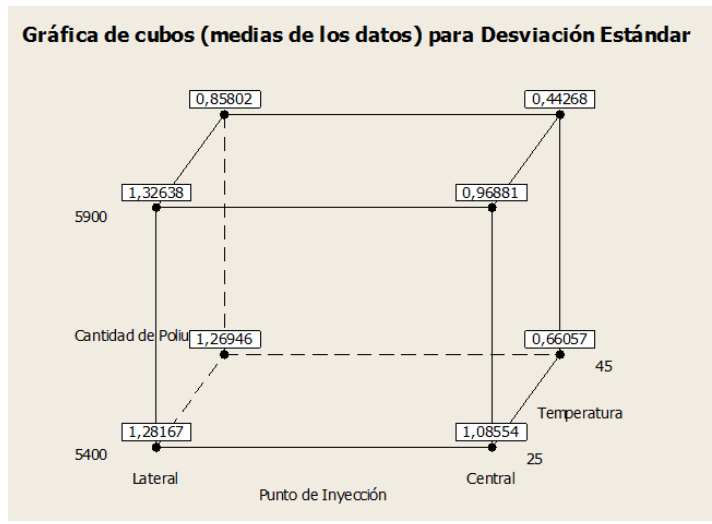


Figura 30. Gráfica de Cubos para Desviación Estándar

Gráfica de Optimización:

Esta gráfica (Figura 31) es un simulador de las variables Y's que para el experimento sería la Densidad Promedio y su Desviación Estándar.

El optimizador de respuesta de Minitab se ha configurado de tal manera que nos indique con la corrida del experimento y con los datos resultantes que encuentre la Densidad Máxima con la mínima desviación estándar.

En la parte superior con letras rojas nos muestra el valor para los factores con los cuales se obtendrían la máxima densidad con la mínima desviación.

El gráfico de optimización nos muestra que los mejores resultados cumpliendo la condición que se requería para el experimento se dan cumpliendo los factores en las siguientes condiciones:

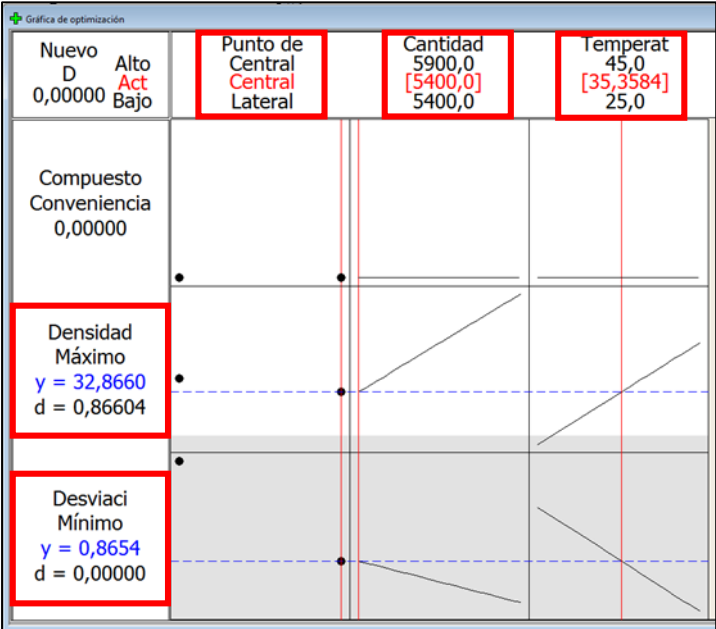


Figura 31. Gráfica de Optimización

- **Punto de inyección:** Central.
- **Cantidad:** Disminuida en 500 gr. es decir 5400 gr.
- **Temperatura:** 35,36°

En conclusión, el diseño de experimentos nos demuestra matemáticamente que: cambiando la forma de inyectar poliuretano por la parte central del gabinete, se puede lograr una disminución radical de la desviación entre cada uno de los 8 puntos tomados, reduciendo esta variabilidad podremos obtener una disminución importante en la cantidad de poliuretano inyectada. La reducción promedio generaría una mejora de costos de \$ 1,34 por producto.

CAPITULO III: EVALUACIÓN DE RESULTADOS.

IMPLEMENTAR

3.1. RESULTADOS IMPLEMENTACIÓN LEAN SIX SIGMA

Con el desarrollo de la Metodología LEAN SIX SIGMA los resultados obtenidos luego de la implementación de diversos aspectos los podemos resumir en el siguiente cuadro:

MEJORA	MATERIALES	MANO DE OBRA & GTOS. FABRICACION		
Optimización cantidad	Poliuretano	\$ 280.442,16		
Eliminar tercerización			Tapas de Compartimiento & Cobertor Plástico	\$ 203.140,78
Cambio de material	Tablero Posterior & Lámina de Compartimiento	\$ 202.225,21		
Alternativa proveedor	Evaporador	\$ 182.344,85		
Mejora de procesos			Programación adecuada (Eliminación de calibraciones & Scrap)	\$ 54.255,21
RESULTADOS:		\$ 665.012,22		\$ 257.395,99

Cuadro 7. Resumen de Resultados

MATERIALES:

- 1) **Poliuretano:** Con la aplicación de la metodología DOE (Design of Experiments) se pudo controlar la variabilidad de los materiales y con ello optimizar la cantidad de poliuretano, dándonos como resultado el valor de **\$ 2,33 por producto.**
- 2) **Tablero Posterior & Lámina de Compartimiento:** Con la evaluación y descomposición de materiales y la utilización de histogramas y Paretos se detectó

la oportunidad de varios materiales y con ello poder evaluar alternativas de proveeduría externa para cada uno de los componentes como lo es el tablero posterior, esto nos traería como resultado una mejora de costo por el valor de \$ **1,62 por producto**.

3) Evaporador: Buscar nueva proveeduría de este componente nos ha brindado la oportunidad de tener una alternativa de mejor calidad y con una mejora de costos por el valor de \$ **2,47 por artículo** fabricado.

MANO DE OBRA Y GASTOS DE FABRICACIÓN:

4) Tapas de Compartimiento y Cobertor Plástico: Eliminar la tercerización de estos componentes, recibiendo moldes propios que estaban en manos de proveedores externos de inyección de plástico y hacerlo con maquinaria propia ha generado una mejora importante de costos por el valor de \$ **2,58 por producto**.

5) Programación Adecuada: Con la detección de exceso de scrap y mejoras en la programación (consolidación de órdenes de producción por familias de láminas de PAI) se logró con ello una reducción del scrap y tiempo de fabricación de maquina valorándose el impacto en el valor de \$ **0,69 por artículo**.

GOAL VS. ACTUAL

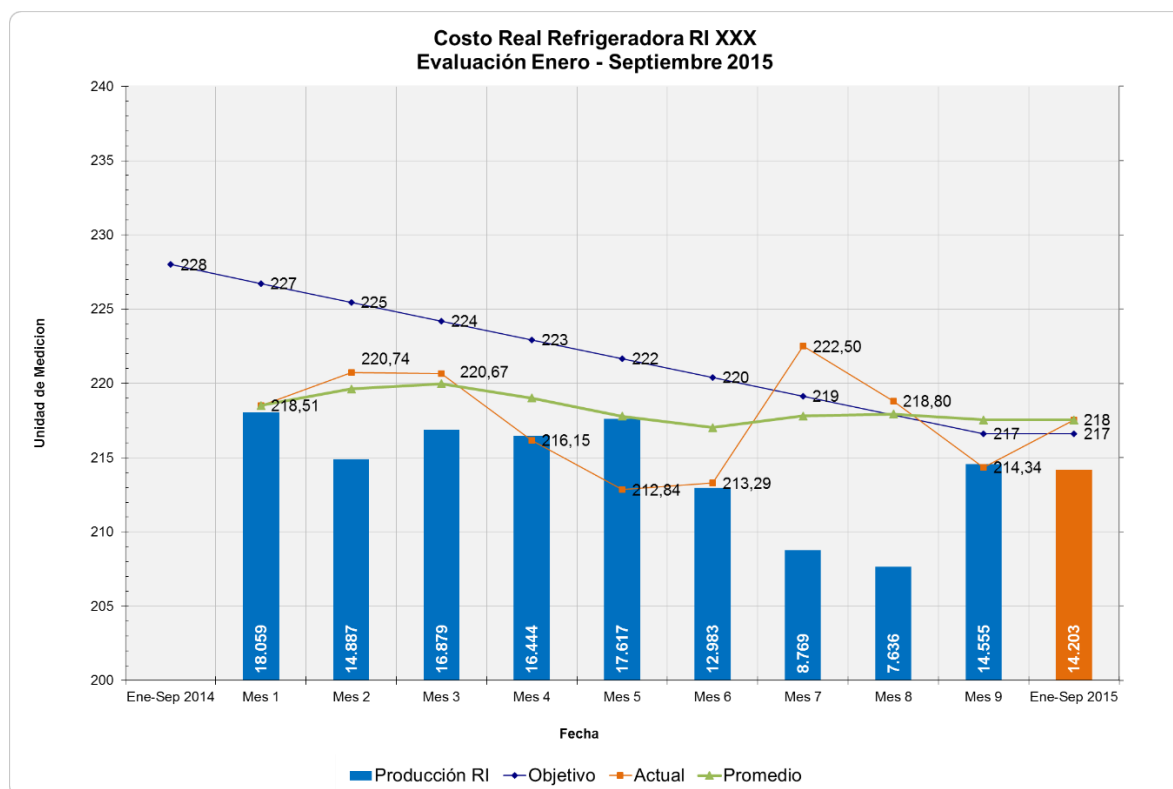


Figura 32. Resultados Lean Six Sigma

Esta gráfica nos muestra la línea referencial trazada como meta para el proyecto, cuyo costo promedio del año anterior fue de \$ 228.00 y como meta se estableció un nuevo costo promedio objetivo en el año actual de \$ 217.00, con las actuales implementaciones y cambios que se realizaron no solamente a los procesos sino también a los materiales se ha conseguido un costo promedio para el año actual de \$ 217.54; todo ello debidamente monitoreado mes a mes para evaluar el impacto de cada una de las acciones y cambios realizados.

CONTROLAR

Es necesario destacar que los cambios y mejoras son entregados a los dueños de los procesos en donde se generaron estas mejoras, conjuntamente con el CEP (Control Estadístico de Procesos) de tal manera que se haga un monitoreo constante para controlar y evitar futuras desviaciones y en el caso de darse contar con un Plan de acción claro.

CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Como conclusión del proyecto se generó un impacto económico directo e indirecto de \$ 665.012,22 por materiales.
- El actual volumen de producción del modelo RI XXX al año: 40.000 unidades y refrigeradoras en general: 300.000 unidades por lo que el impacto de una mejora resulta significativo.
- El impacto económico directo en mano de obra y gastos de fabricación de \$ 257.395,99.
- El costo objetivo promedio \$ 217.00. costo real alcanzado \$ 217.54
- Existieron mejoras de costos en materiales por el valor de \$ 6.42
- Las mejoras de costos para mano de obra y gastos de fabricación fueron de \$ 3.27
- En total se consiguió una mejora importante para el costo del artefacto de \$ 9.69.
- Reducción del número de calibraciones equivalente al 33%.
- Implementación de un CEP (Control Estadístico de Procesos) ha conseguido una reducción del 90% de scrap.

4.2. RECOMENDACIONES

- Los volúmenes de producción afectan al costo total del artefacto, razón por la cual se ha optado por un cambio de metodología para negociaciones principalmente en mercados de exportación basado en el trupt y Costo Totalmente Variable; de esta manera se conseguiría una optimización de capacidad instalada y absorción de costos fijos.
- Los proyectos Lean Six Sigma se recomienda sean enfocados hacia aspectos estratégicos de la organización para garantizar con ello el cumplimiento de objetivos e indicadores que agreguen valor para la empresa.

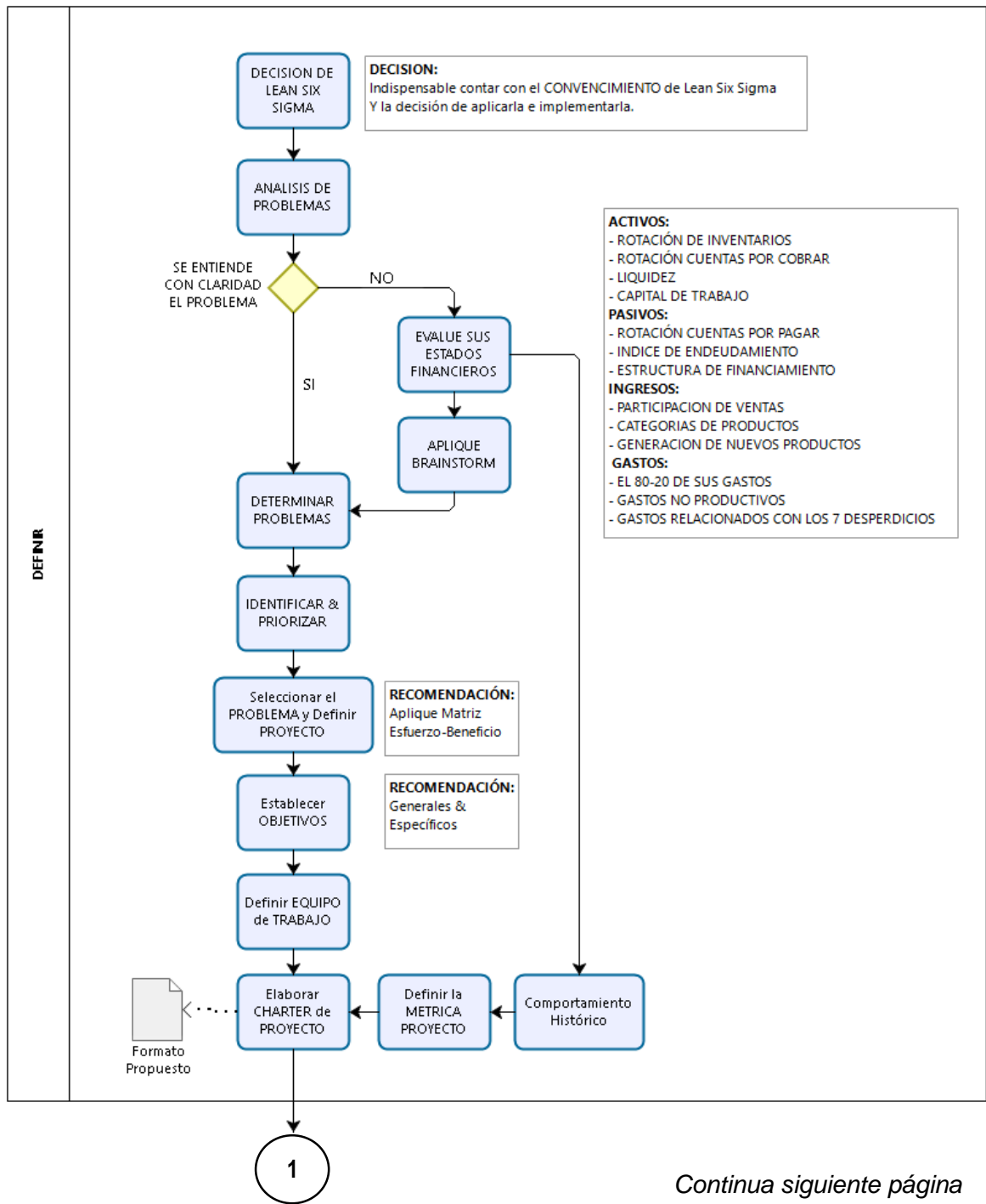
BIBLIOGRAFIA

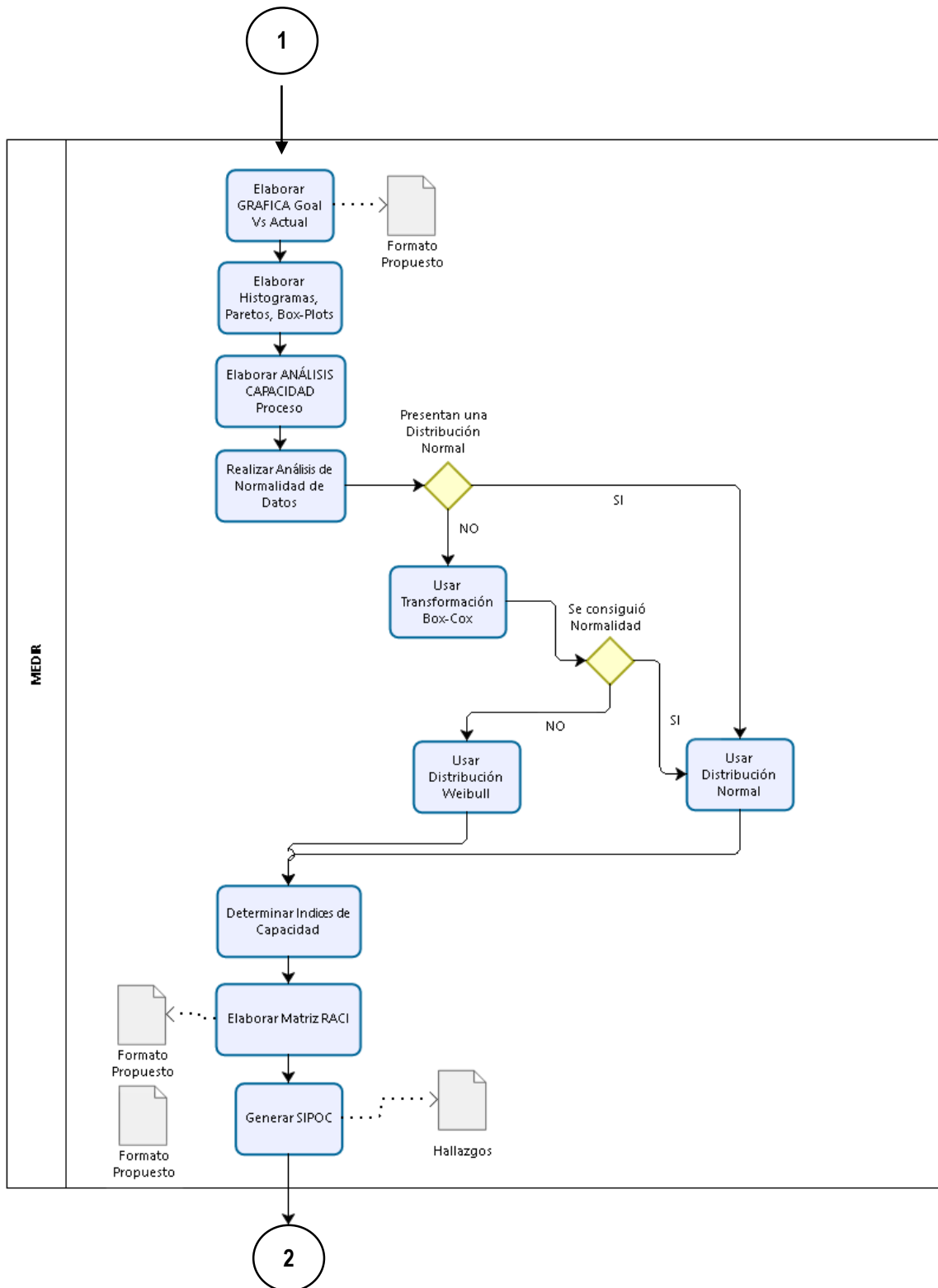
- George, L. Michael. (2002). Lean Six Sigma. McGraw Hill.
- George, L. Michael. (2003). Lean Six Sigma for Service. McGraw Hill.
- Tapping, D., Luyster, T & Shuker T. (2002). Value Stream Management. Productivity Press.
- Jackson, L. T., Jones. K. R. (1996). Implementing a Lean Management System. Productivity Press.
- Pascal ,D. (2002). Lean Production Simplified. Productivity Press.
- Jay L. Devore. Ed. (2005). Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. Thomson Learning.
- Allen L. Webster. (2001). Estadística aplicada a los negocios y la economía. Mc. Graw Hill.
- Douglas C. Montgomery (2004). Diseño y Análisis de Experimentos. Editorial Limusa.

ANEXO 1

ESQUEMA LÓGICO LEAN SIX SIGMA

METODOLOGIA DMAIC





Continua siguiente página.

