

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y CONTABLES

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGÍSTER
EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS CON MENCIÓN
EN GERENCIA DE LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD**

**MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ESPUMA
DE POLIURETANO EN LA EMPRESA CHAIDE Y CHAIDE S.A.
UTILIZANDO LA METODOLOGÍA LEAN SIX SIGMA**

**ING. MERCI ESMERALDA LEÓN MORALES
ING. DORIAN MARCELO SALAZAR AGUIRRE**

DIRECTOR: ING. PAÚL HIDROVO DÁVALOS, MBA.

QUITO, 2013

DIRECTOR:

Ing. Paúl Idrobo Dávalos, MBA.

INFORMANTES:

Ing. Iván Rueda Fierro Mgtr.

Ing. Álvaro Burgos Yáñez, MSc.

DEDICATORIA

A nuestros dos tesoros, Nicolás y Tomás, por ser la inspiración y la alegría. Por su paciencia, tiempo y dulzura que cada día nos empujaron a culminar este trabajo.

A nuestros padres por su apoyo y por su sabiduría, por impulsarnos a querer ser cada día mejores personas y profesionales.

Merci y Dorian

A mi esposa, que ha sido un apoyo fundamental en la consecución de todas mis metas.

Dorian

A mi esposo, mi amor, mi compañero y mi amigo, por todo su apoyo, porque juntos hacemos un equipo formidable, y con la bendición de Dios hemos alcanzado muchas metas importantes, y hoy luego de un gran esfuerzo vemos culminado este trabajo.

Merci

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento al personal administrativo y operativo de la empresa Chaide y Chaide por colaborar en el desarrollo de la presente tesis y por las facilidades brindadas en la implementación del proyecto Six Sigma.

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
1 MARCO TEÓRICO	2
1.1 ORIGEN, DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA	2
1.2 SIX SIGMA.....	3
1.3 CAPACIDAD DE PROCESO.....	4
1.4 FASES SIX SIGMA.....	9
1.4.1 Fase Definir el Proyecto (D).....	10
1.4.2 Fase Medir la Situación Actual (M).....	12
1.4.3 Fase Analizar la Causa Raíz (A).....	13
1.4.4 Fase Mejorar (M).....	13
1.4.5 Fase Controlar para mantener la Mejora (C).....	14
1.5 HERRAMIENTAS DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA	15
1.5.1 Diagrama de Procesos.....	15
1.5.2 Diagrama PEPSU (SIPOC)	17
1.5.3 Diagrama de Pareto.....	17
1.5.4 Diagrama de Ishikawa (o de Causa-Efecto).....	17
1.5.4.1 Método de las 6M	18
1.5.4.2 Ishikawa de Segundo Nivel	18
1.5.5 Diagrama de Dispersión	18
1.5.6 El Análisis de Modo y Efecto de las Fallas (AMEF)	19
1.5.7 Despliegue de la Función de Calidad (DFC, QFD)	21
1.5.8 Sistemas Poka- Yoke	22
1.5.9 Gráficas de Control	23
1.5.9.1 Gráficas de Control por Variables	23
1.5.9.2 Gráficas de Control por Atributos	24
1.6 DISEÑO DE EXPERIMENTOS	25
1.6.1 Etapas en el Diseño de Experimentos	26
1.6.2 Principios Básicos	27
1.6.3 Clasificación y Selección de los Diseños Experimentales	27
1.7 APORTE DE SIX SIGMA A LA GESTIÓN DE CALIDAD.....	28
2 FASE DE DEFINICIÓN.....	30
2.1 ANÁLISIS SITUACIONAL.....	30
2.1.1 Diagrama de Procesos SIPOC del proceso de elaboración de Espuma de Poliuretano.....	31
2.1.2 Espuma de Poliuretano.....	33
2.1.3 Procedimiento de Elaboración de Espuma de Poliuretano	38
2.1.4 Productos del Proceso de Elaboración de la Espuma de Poliuretano.....	39
2.1.5 Propiedades Físicas de la Espuma de Poliuretano	40
2.2 DEFINICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS CRÍTICAS PARA LA CALIDAD DE LA ESPUMA DE POLIURETANO Y SUS ESPECIFICACIONES.....	41
2.3 DEFINICIÓN DEL EQUIPO QUE PARTICIPARÁ EN EL PROYECTO, ASÍ COMO SUS FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES.....	42
2.4 METODOLOGÍAS DE MEJORA CONTINUA UTILIZADAS ANTERIORMENTE.....	43
2.5 DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN DEL CLIENTE INTERNO	44
2.6 ALCANCE Y LÍMITES DEL PROYECTO	46
2.7 BENEFICIOS DEL PROYECTO.....	46

2.8	IDENTIFICACIÓN DE FACTORES CRÍTICOS DE CALIDAD EN EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO.....	47
2.9	DEFINICIÓN DE OBJETIVOS FINANCIEROS, PRODUCCIÓN, PRODUCTIVIDAD, DESPERDICIOS, INVENTARIOS, PRODUCTO NO CONFORME	51
2.10	DEFINICIÓN DEL MARCO DEL PROYECTO SEIS SIGMA	55
3	FASE DE MEDICIÓN.....	59
3.1	INDICADOR DE SERVICIO	59
3.2	MEDICIÓN DE LA SATISFACCIÓN DEL CLIENTE	61
	3.2.1 Resultados de la Medición de Cliente Interno.....	62
3.3	INDICADOR DE PRODUCCIÓN	64
3.4	INDICADOR DE PRODUCTIVIDAD	66
3.5	INDICADOR DE CALIDAD	68
	3.5.1 Desperdicio de Espuma de Poliuretano.....	71
3.6	INDICADORES FINANCIEROS	73
3.7	CÁLCULO DEL SIGMA DEL PROCESO (ACTUAL)	75
3.8	CAPACIDAD DEL PROCESO (ACTUAL)	77
	3.8.1 Capacidad de Proceso Variable altura de Laminados.....	78
	3.8.2 Cálculo de la Capacidad del Proceso de la Variable Dureza de la Espuma.....	83
	3.8.3 Cálculo de la Capacidad del Proceso de la Variable Índice de TDI (Isocianato).....	85
	3.8.4 Cálculo de la Capacidad del Proceso de la Variable Compresión Permanente	87
	3.8.5 Cálculo de la Capacidad del Proceso de la Variable Densidad	101
3.9	RESUMEN DE INDICADORES	116
4	FASE DE ANÁLISIS.....	120
4.1	ANÁLISIS DEL MAPA DE PROCESOS	120
4.2	ANÁLISIS DE DATOS	120
	4.2.1 Herramientas para el Análisis de Causa y la Solución de Problemas	120
4.3	PRUEBA DE HIPÓTESIS	171
	4.3.1 Hipótesis para la Altura de los Laminados Cilíndricos	171
5	FASE MEJORA	177
5.1	GENERACIÓN DE SOLUCIONES	177
	5.1.1 Selección del Conjunto de Soluciones Ideales	178
5.2	DISEÑO DE EXPERIMENTOS FACTORIALES EN EL PROCESO.....	188
	5.2.1 Planeación y Diseño.....	188
	5.2.2 Análisis e Interpretación.....	192
	5.2.3 Conclusiones Finales.....	197
6	FASE DE CONTROL.....	199
6.1	CÁLCULO DE SIGMA DEL PROCESO	199
	6.1.1 Cálculo de Sigma del proceso elaboración de bloques de Espuma de Poliuretano.....	199
	6.1.2 Cálculo de Sigma del Proceso	201
	6.1.3 Cálculo de Sigma del Proceso elaboración de bloques Cilíndricos de Espuma de Poliuretano	202
	6.1.4 Calculo de la Capacidad del Proceso luego de Implementar la metodología Six Sigma	203
6.2	ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO.....	208
	6.2.1 Mejoras Importantes Implementadas para la Mejora del Proceso	208
	6.2.2 Gráficas de Control	212

6.3	EVALUACIÓN DEL IMPACTO	220
	6.3.1 Evaluación de Beneficios Económicos, Técnicos y Ambientales	
	Obtenidos.....	226
6.4	RESUMEN DE INDICADORES.....	238
6.5	COSTO – BENEFICIO DEL PROYECTO SEIS SIGMA	239
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	240
7.1	CONCLUSIONES	240
7.2	RECOMENDACIONES.....	241
	BIBLIOGRAFÍA.....	243
	ANEXOS	244
Anexo No. 1	Formato AMEF (Análisis de Causa y Fallos)	245
Anexo No. 2	Factores A2, D4, D3 Para Gráfica de Control por Variables.....	246
Anexo No. 3	Proceso de producción de colchones y complementos de la empresa Chaide y Chaide	247
Anexo No. 4	Formato Encuesta de Satisfacción del cliente Interno	248
Anexo No. 5	Fórmulas Patrón Altura Laminados.....	249
Anexo No. 6	Propuesta de Diseño Automatización de Dosificación de Aditivos de Espuma.....	250
Anexo No. 7	Conteo Automático de Laminas de Espuma y Notificación en ERP- SAP.....	251
Anexo No. 8	Formato Medición de Láminas de Espuma.....	252
Anexo No. 9	Determinación de la eficiencia por máquina. Metodología OEE (Eficiencia, Disponibilidad y Calidad)	253
Anexo No. 10	Check List Entrega - Recepción de Laminas de Espuma.....	254
Anexo No. 11	Receta Gráfica Láminas de Espuma de Poliuretano	255
Anexo No. 12	Stock Máximo y Mínimo de Bloques de Espuma	256
Anexo No. 13	Stock Máximo y Mínimo de Láminas de Espuma Tapicería	257
Anexo No. 14	Check List Máquina de Corte Inicio de Turno	258
Anexo No. 15	Calibración de Probetas	259
Anexo No. 16	Curva Temperatura Ambiental vs Octoato de Estaño.....	260
Anexo No. 17	Check List Batidora de Espuma y Compuerta del Reactor.....	261
Anexo No. 18	Gráfica de Control Altura de Laminados	262
Anexo No. 19	Check List Utilización y Calibración Máquina Dosificadora de Químicos.....	263
Anexo No. 20	Gráfica Temperatura ambiental vs. Altura de Laminados Cilíndricos	264
Anexo No. 21	Curva Nominal Octoato de Estaño vs Altura de la Espuma cilíndrica	265
Anexo No. 22	Formato Estado de Validación de Químicos antes de su utilización	266
Anexo No. 23	Metodología de Corte de Bloques de Espuma Gráfica para evitar Desperdicio.....	267
Anexo No. 24	Ajuste de Fórmulas colocando el índice de TDI entre 105-125	268
Anexo No. 25	Tablas de Muestreo MILITARY STANDARD 105D.....	270
Anexo No. 26	Diagrama de Gantt de Actividades de Mejora.....	271
Anexo No. 27	Gráfica de Control Medición del Desperdicio de Espuma.....	275

RESUMEN EJECUTIVO

En el proceso de elaboración de espuma de Poliuretano en la empresa Chaide y Chaide S.A, se producen bloques de espuma de poliuretano rectangulares y cilíndricos, los mismos que luego del proceso de corte son los productos semielaborados para la producción de colchones. Este proceso es crítico en la cadena de valor de la empresa por lo que la aplicación de una metodología Six Sigma para la reducción de la variabilidad del mismo es necesaria.

Para la realización de este proyecto de mejoramiento con la utilización de la metodología Six Sigma se siguieron las fases de esta herramienta las cuales son: Definir, Medir, Analizar, Controlar y Mejorar, por lo cual cada capítulo de esta tesis tiene el nombre de las fases y que se describen a continuación:

En el capítulo No. 1 se hablará sobre los conceptos y origen de la metodología Six Sigma como una herramienta para mejorar los procesos, los conceptos de Capacidad del Proceso, Además, se conocerán de manera conceptual las cuatro fases que se siguen para la implementación de esta metodología en las empresas: Definir, Medir, Analizar – Mejorar y Controlar, así como las diferentes herramientas de la calidad que pueden ser utilizadas en cada fase. Finalmente conoceremos cuales han sido los aportes de Six Sigma a la gestión de la calidad.

En el capítulo No. 2 **Definir**: se dará una breve descripción de la organización, su mapa de procesos así como el diagrama SIPOC del proceso de Espuma de Poliuretano, se definirá el equipo que participará en el proyecto Six Sigma, se definirá el alcance del proyecto, se identificarán los factores críticos y las características de calidad de la espuma de poliuretano desde un enfoque del cliente, así como la situación actual del proceso para identificar las oportunidades de mejora; la definición de metas y objetivos de: producción, productividad, financieros, desperdicios e inventarios.

En el capítulo No. 3 **Medir**: se detalla la medición de cada uno de los objetivos establecidos en el proyecto Six Sigma entre los que se encuentran: Indicador de Servicio, Satisfacción del cliente interno, Producción de bloques, láminas y Laminados de espuma; Productividad del proceso productivo, Calidad (producto no conforme o defectuoso, y el cálculo del sigma del proceso).

En el capítulo No.4 **Analizar**: se detalla el análisis de causa efecto de cada uno de los objetivos establecidos en el proyecto Six Sigma. Además se desarrolló la herramienta AMEF (Análisis preventivo para el Olor en la espuma de Poliuretano).

En el capítulo No. 5 **Mejorar:** se describen las acciones correctivas, acciones preventivas y las mejoras que se implementaron para cumplir con cada uno de los objetivos trazados a lo largo del proyecto Six Sigma, el cálculo del sigma actual del proceso y la realización de un diseño de experimentos para la variable altura de laminado en el producto Lámina Cilíndrica Blanca.

Y Finalmente En el capítulo No. 6 **Controlar:** se verificará si las acciones correctivas implementadas en el segundo semestre del año aplicando la metodología de mejoramiento Six Sigma fueron efectivas y eficaces, se analizarán los resultados con los beneficios económicos, tecnológicos y ambientales obtenidos, se evaluará el impacto del mejoramiento y se implementarán gráficas de control para que el seguimiento y control de los procesos, así como la estandarización de la metodología de mejoramiento Six Sigma.

Las soluciones empleadas en el proceso de elaboración de espuma de Poliuretano fueron eficaces y efectivas, en el proyecto Six Sigma se automatizó el conteo de láminas rectangulares, balanza para el pesaje para formulación, arreglo de moldes para espuma, capacitación interna en el mejoramiento del proceso y propuesta para dosificadora automática de aditivos cuya inversión fue de 75160 usd, y los ahorros y beneficios económicos obtenidos ascienden a 426224 usd; en lo referente a reducción de producto no conforme, mejoramiento de la calidad Six Sigma, reducción de laminados tipo C, y reducción de desperdicio. El tiempo de recuperación de la inversión es de 0.18 año o 2.12 meses.

INTRODUCCIÓN

Chaide y Chaide empresa dedicada a la fabricación, comercialización y distribución de productos para el descanso, está enfocada a estar siempre a la vanguardia en temas de innovación, tecnología, productividad, reducción de costos y eficiencia en sus procesos para ser competitiva en el ámbito nacional e internacional. Una de las principales oportunidades de mejora que presenta la empresa en uno de sus procesos principales como es el caso de la elaboración de espuma de Poliuretano en lo referente al desperdicio producido en la elaboración de espuma, el incremento de producto de bloques de espuma no conforme y mejorar la eficiencia en el proceso.

El tema de calidad, reducción de costos, desperdicio, optimización del tiempo, cero defectos se ha convertido en la meta y objetivo de Chaide y Chaide S.A, con la finalidad de mejorar los procesos continuamente y satisfacer las necesidades de los clientes internos y finales., es por eso que la metodología Six Sigma constituye una herramienta fundamental a ser aplicada en la organización, ya que no únicamente se enfoca hacia el control de la calidad a través de la identificación y rechazo de los productos y servicios fuera de especificación, sino que permite identificar las causas reales de los problemas dentro de los procesos para la aplicación de acciones correctivas oportunas, todo esto a través de una serie de herramientas y técnicas de control estadístico de procesos que permiten enfocar la atención hacia los problemas más significativos.

En el proceso de Espuma de Poliuretano una disminución de los desperdicios de espuma, una reducción del producto no conforme, y una mejora de la calidad del producto representará grandes ahorros en la empresa ya que este proceso es crítico y en él se manejan gran cantidad de recursos dentro de la Organización.

Por estos aspectos la metodología six sigma es una herramienta robusta que mediante un manejo estadístico permiten evaluar el estado de los procesos internos y proponer proyectos de mejora continua para la optimización de los procesos y de esta forma ser más eficientes y productivos.

El objetivo de Chaide y Chaide S.A es aumentar la eficacia y eficiencia del proceso, la reducción de costos de producción, la disminución de desperdicios y la eliminación del producto no conforme.

El presente proyecto seis sigma estará orientado en una primera instancia al proceso principal de elaboración de espuma de poliuretano, que es una área fundamental ya que las materias primas utilizadas para la formulación de la espuma son costosas y cualquier mejora en el proceso produciría la misma producirá grandes beneficios y ahorros económicos importantes.

1 MARCO TEÓRICO

En este capítulo se tratará sobre la metodología Six Sigma como una herramienta para mejorar los procesos en una organización a través de la identificación estadística de las causas que producen su variabilidad y que afectan a la calidad de los productos impidiendo el cumplimiento de requisitos de los clientes.

Para ello es importante familiarizarse con los conceptos de Capacidad del Proceso, los que serán explicados detenidamente. Además, se conocerán de manera conceptual las cuatro fases que se siguen para la implementación de esta metodología en las empresas: Definir, Medir, Analizar – Mejorar y Controlar, así como las diferentes herramientas de la calidad que pueden ser utilizadas en cada fase.

Finalmente se concluirá sobre los aportes de Six Sigma a la gestión de la calidad.

1.1 ORIGEN, DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA

Philip Crosby: introdujo el concepto de cero defectos, así como el concepto que prevenir es mejor que inspeccionar. Sostenía que establecer un nivel aceptable de defectos hace que la cultura de la organización llegue a considerar ese nivel como norma. (Tennant, 2010).

Bill Smith introduce en 1982 en Motorola una iniciativa de reducción radical de defectos en los productos denominada Six Sigma, la cual se enfoca en la mejora de procesos a través de soluciones prácticas claras y rápidas de implementar que surgen de un análisis de procesos y actividades que agregan valor, utilizando herramientas conocidas y técnicas existentes de control estadístico de procesos.

Posteriormente esta metodología es adoptada y aplicada en General Electric con el apoyo de Jack Welch, lo que ocasionó que para 1999, la organización la dominará y aplicará estos conceptos también a servicios. Jack Welch realizó un análisis de costo-beneficios, demostrando que si GE alcanzaba el nivel de calidad Seis Sigma se reducirían los costos entre 7000 y 10000 millones de dólares, lo cual implicaba un aumento entre 10 y 15 % de las ventas. En la práctica, al implementar los proyectos Six Sigma se obtuvieron 320 millones de dólares en beneficios y ganancias en productividad en el año 1997, mientras que el año de 1998 se habían generado 750 millones de dólares en ahorros. Al año siguiente obtuvieron el doble 1500 millones de dólares. Los márgenes operativos pasaron de 14.8 % en 1996 a 18.9% en el 2000. Demostrando que la

utilización de la herramienta Six Sigma es alcanzable en la práctica y puede proporcionar resultados notables sobre la importante inversión que se requiere. (Tennant, 2010).

Six Sigma es una evolución de las teorías sobre calidad de más éxito, desarrolladas después de la segunda guerra mundial. Especialmente pueden considerarse precursoras directas:

- TQM, Total Quality Management o Sistema de Calidad Total
- SPC, Statistical Process Control o Control Estadístico de Procesos

También incorpora muchos de los elementos del ciclo PHVA de Deming.

Six Sigma ha ido evolucionando desde su aplicación como herramienta de calidad hasta incluirse dentro de los objetivos claves de las empresas, como parte de su filosofía de actuación y abarcando su actividad. Aunque nació en las empresas del sector industrial, muchas de sus herramientas se aplican con éxito en el sector servicios en la actualidad. (Tennant, 2010).

1.2 SIX SIGMA

La metodología Six Sigma persigue la reducción de la variación, los defectos y los errores en todos los procesos para así lograr aumentar la cuota de mercado, minimizar los costos e incrementar los márgenes de ganancia.

Six Sigma es una herramienta fundamental a ser aplicada en cada una de las organizaciones para fomentar su crecimiento, ya que no únicamente se enfoca hacia el control de la calidad a través de la identificación y rechazo de los productos y servicios fuera de especificación, sino que permite identificar las causas reales de los problemas dentro de los procesos para la aplicación de acciones correctivas oportunas, todo esto a través de una serie de herramientas y técnicas de control estadístico de procesos que permiten enfocar la atención hacia los problemas más significativos.

Six Sigma mejora los procesos permitiendo la reducción o eliminación de los defectos o fallas del producto terminado que se entrega al cliente, esta metodología busca agilizar todos los procesos de las empresas eliminando todo lo que no aporta valor y por tanto constituye un desperdicio.

La meta es lograr procesos con la calidad seis sigma, es decir que como máximo se generen 3.4 defectos por millón de oportunidades, si por ejemplo una empresa trabaja en uno sigma, estará teniendo 700.000 defectos por millón, y si los hace en dos sigmas, esto querrá decir que comete 300.000 errores por millón.

En general, los procesos estándar tienden a comportarse dentro del rango de tres (3) Sigma, lo que equivale a un número de defectos de casi 67.000 por millón de oportunidades (DPMO), si

ocurre un desplazamiento de 1,5 Sigma; esto significa un nivel de calidad de apenas 93,32 %, en contraposición con un nivel de 99,9997 % para un proceso de Seis Sigma. Comparativamente, un proceso de Tres Sigma es 19.645 veces más malo (produce más defectos) que uno de Seis Sigma. (Gutiérrez Pulido - de la Vara Salazar, 2009).

1.3 CAPACIDAD DE PROCESO

a) Índice de la Capacidad del proceso con doble especificación

Es la medida de la aptitud de un proceso de producir productos dentro de los límites de especificaciones de calidad.

El índice de la capacidad potencial del proceso, se define de la siguiente manera:

$$C_p = \frac{ES - EI}{\sigma}$$

Dónde σ representa la desviación estándar del proceso, mientras que ES y EI son las especificaciones superior e inferior para las características de calidad, el índice compara la variación tolerada para el proceso con su variación real. (Gutierrez y de la Vara Salazar, 2009)

Interpretación del Índice C_p

Se considera que un proceso es capaz cuando la variación real es menor que la variación tolerada. Es decir C_p es mayor a 1; si C_p es menor que 1, el proceso no cumple con las especificaciones. En la tabla 1 se presentan 5 categorías de procesos que dependen del valor del índice C_p , suponiendo que el proceso está centrado. En la tabla 2 se presenta el valor del índice en el porcentaje de artículos que no cumplirían especificaciones, así como la cantidad de artículos o partes defectuosas por cada millón producido (PPM). El valor del índice C_p no es igual a porcentaje de piezas que cumplen con especificaciones. (Gutierrez y de la Vara Salazar, 2009)

Tabla No. 1 Valores del Índice C_p y su interpretación

Valores del Índice	Clase o Categoría del Proceso	Decisión (Si el proceso está centrado)
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad seis sigma
$C_p > 1,33$	1	Adecuado
$1 < C_p < 1,33$	2	Parcialmente Adecuado, Requiere de un control estricto
$0,67 < C_p < 1$	3	No adecuado para el trabajo, es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria
$C_p < 0,67$	4	No adecuado para el trabajo, requiere de modificaciones muy serias

Fuente: Gutierrez Pulido- de la Vara Salazar

Elaborado por: Mercı León-Dorian Salazar

Una empresa de clase mundial tiene un índice de capacidad de proceso superior a dos, un DPMO (Defectos por Millón de oportunidades) de 3.4 llegando casi a la perfección con una calidad Seis Sigma.

Tabla No. 2 Índice en términos de la cantidad de piezas malas bajo normalidad y proceso centrado en el caso de doble especificación

Valor del Índice (Corto Plazo)	PROCESO CON DOBLE ESPECIFICACIÓN (C_p)		PROCESO CON UNA SOLA ESPECIFICACIÓN (C_{pi} , C_{ps} , C_{pk})	
	% Fuera de Las Dos Especificaciones	Partes por Millón Fuera (PPM)	% Fuera de Las Dos Especificaciones	Partes por Millón Fuera (PPM)
0,2	54,8506%	548506,130	274253%	274253,065
0,3	36,8120%	368120,183	18,4060%	184060,092
0,4	23,0139%	230139,463	11,5070%	115069,732
0,5	13,3614%	133614,458	6,6807%	66807,229
0,6	7,1861%	71860,531	3,5930%	35930,266
0,7	3,5729%	35728,715	1,7864%	17864,357
0,8	1,6395%	16395,058	0,8198%	8197,529
0,9	0,6934%	6934,046	0,3467%	3467,023
1,0	0,2700%	2699,934	0,1350%	1349,967
1,1	0,0967%	966,925	0,0483%	483,483
1,2	0,0318%	318,291	0,0159%	159,146
1,3	0,0096%	96,231	0,0048%	48,116
1,4	0,0027%	26,708	0,0013%	13,354
1,5	0,0007%	6,802	0,0003%	3,401
1,6	0,0002%	1,589	0,0001%	0,794
1,7	0,0000%	0,340	0,0000%	0,170
1,8	0,0000%	0,067	0,0000%	0,033
1,9	0,0000%	0,012	0,0000%	0,006
2,0	0,0000%	0,002	0,0000%	0,001

Fuente: Gutiérrez Pulido- de la Vara Salazar

Elaborado por: Mercı León-Dorian Salazar

Las tablas anteriores son aplicables si se cumple lo siguiente: la característica de calidad se distribuye de manera normal, el proceso está centrado y es estable (está en control estadístico), y que se conoce la desviación estándar del proceso.

Si la capacidad del proceso es mala, se pueden tomar las siguientes acciones: mejorar el proceso (centrar y reducir variación), su control y el sistema de medición, modificar tolerancias o inspeccionar al 100% los productos. (Gutierrez y de la Vara Salazar, 2009)

Índices Cpi, Cps y Cpk

Para corregir la desventaja del Cp que no considera lo centrado del proceso se debe evaluar por separado el cumplimiento de la especificación superior e inferior a través del Índice de capacidad para la especificación inferior Cpi y para la especificación superior Cps, los cuales se calculan:

$$C_{pi} = \frac{\mu - EI}{3\sigma} \quad \text{y} \quad C_{ps} = \frac{ES - \mu}{3\sigma}$$

Para considerar que el proceso es bueno el Cpi o Cps debe ser mayor que 1.25 en lugar de 1.33.

El índice real del proceso Cpk, es considerado una versión corregida del Cp, ya que toma en cuenta lo centrado del proceso:

$$C_{pk} = \text{Mínimo} \left\{ \frac{\mu - EI}{3\sigma}, \frac{ES - \mu}{3\sigma} \right\}$$

Si Cpk es satisfactorio (mayor que 1.25), indica que el proceso en realidad es capaz. Si Cpk es menor que 1, entonces el proceso no cumple con al menos una especificación. Además se debe considerar que en procesos nuevos el Cpk debe ser mayor que 1.45. Cuando Cpk es menor o igual a cero, la media del proceso está fuera de especificaciones. (Gutierrez y de la Vara Salazar, 2009)

b) Índice k

Es un indicador de que tan centrada está la distribución de un proceso con respecto a las especificaciones de una característica de calidad dada:

$$k = \frac{\mu - N}{\frac{1}{2}(ES - EI)} * 100$$

Mide la diferencia entre la media del proceso μ y el objetivo o nominal N , para la correspondiente característica de calidad; y compara esta diferencia con la mitad de la amplitud de las especificaciones. La interpretación de K es la siguiente:

- Si el signo del valor de K es positivo significa que la media del proceso es mayor al valor nominal.
- Valores de k menores a 20% en términos absolutos se consideran aceptables, pero a medida que el valor de k sea mayor que 20%, indica un proceso muy descentrado.
- El valor nominal N , es la calidad objetivo y óptima; cualquier desviación con respecto a este valor lleva un detrimento en la calidad. (Gutiérrez y de la Vara Salazar, 2009)

c) Índice Cpm (Índice de Taguchi)

Según G. Taguchi, cumplir con especificaciones no es sinónimo de calidad, la mejora de un proceso debe estar orientada a reducir su variabilidad alrededor del valor nominal N , por lo que propone el índice Cpm, que se calcula así:

$$C_{pm} = \frac{ES - EI}{6\tau}$$

Donde τ está dado por:

$$\tau = \sqrt{\sigma^2 + (\mu - N)^2}$$

Si el proceso está centrado, es decir, si $\mu=N$, entonces C_p , C_{pk} y C_{pm} son iguales. (Gutiérrez y de la Vara Salazar, 2009)

Índice Z

Se obtiene calculando la distancia entre la media y las especificaciones, y esta distancia se divide entre la desviación estándar:

$$Z_S = \frac{ES - \mu}{\sigma}$$

Y

$$Z_I = \frac{\mu - EI}{\sigma}$$

La capacidad de un proceso es el valor más pequeño de los dos anteriores:

$$Z = \min(Z_s, Z_t)$$

Si la desviación estándar utilizada para calcular el índice Z es de corto plazo, Z será de corto plazo Z_c , pero si la desviación estándar es de largo plazo, Z será de largo plazo Z_L . La diferencia entre estas dos es el **desplazamiento o movimiento del proceso Z_m** y representa la capacidad para controlar la tecnología:

$$Z_m = Z_c - Z_L$$

El índice Z se utiliza como métrica en Six Sigma cuando la característica de calidad es de tipo continuo; pero cuando las características de calidad son de atributos se utiliza la métrica Defectos por millón de oportunidades DPMO:

- **Unidad:** Es el producto que se elabora mediante un proceso.
- **Oportunidad de Error:** número de defectos posibles en una unidad.
- **Índice DPU (Defectos por Unidad):** Número de defectos encontrados entre el número de unidades inspeccionadas. No toma en cuenta las oportunidades de error.
- **Índice DPO (Defectos por Oportunidad):** Número de defectos encontrados entre el total de oportunidades de error al producir una cantidad específica de unidades.
- **DPMO (Defectos por Millón de Oportunidades):** Cuantifica los defectos esperados en un millón de oportunidades de error.

Para saber cuál es el nivel de sigmas del proceso, se calcula el rendimiento Y del proceso mediante la distribución de Poisson con la siguiente fórmula:

$$Y = e^{-DPU}$$

De esta ecuación también se aprecia que:

$$DPU = -\ln(Y)$$

Para convertir esto a nivel de sigma de largo plazo es preciso encontrar el valor de Z en una tabla de distribución normal estándar que da una probabilidad acumulada igual a Y, es decir, el nivel de sigma de largo plazo para el proceso = Z_y , dónde:

$$P(Z < Z_Y) = Y \text{ o } P(Z > Z_Y) = 1 - Y$$

Suponiendo un desplazamiento de 1.5 sigmas, el número de sigmas del proceso estará dado por:

$$Z_\sigma = Z_Y + 1.5$$

(Gutiérrez y de la Vara Salazar, 2009)

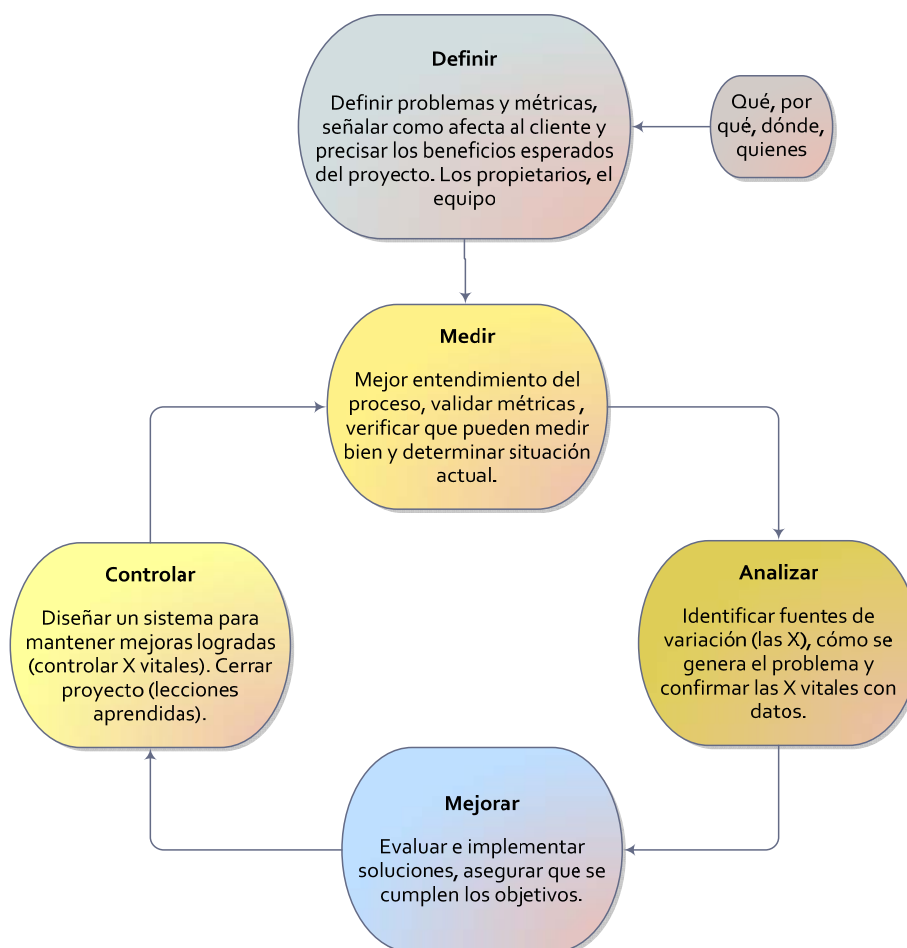
1.4 FASES SIX SIGMA

Para implementar Six Sigma, se siguen distintas fases ordenadas en la ejecución de los procesos con la finalidad de reducir su variabilidad. Estas fases son: Definir el proceso, Medirlo, Analizar sus datos, Mejorarlo y Controlarlo.

Las iniciales de estas cinco fases de la metodología Six Sigma (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) hacen que un nombre abreviado para ella sea metodología DMAMC

Cada una de estas fases de la metodología Six Sigma lleva asociadas determinadas tareas y herramientas de trabajo para su implementación práctica. (Gutierrez Pulido – de la Vara Salazar, 2009))

Gráfico No. 1 Las cinco etapas de realización de un proyecto Six Sigma



Fuente: Control estadístico de Calidad y Seis Sigma, Gutiérrez Pulido – de la Vara Salazar
Elaborado por: Merci León – Dorian Salazar

En la gráfico No. 1 se explica las cinco etapas del proyecto seis sigma, esta metodología de mejora DMAMC (Definir-Medir-Analizar-Mejorar-Controlar), consiste en la aplicación de un proceso estructurado, con el alcance del proyecto, los objetivos y tareas a ejecutarse.

Inicialmente, se trabaja en la selección del equipo más adecuado para llevar adelante el Proyecto Six Sigma. Luego viene la capacitación del equipo, se procede a iniciar el proceso formado por las cinco etapas del proyecto.

A su vez, cada una de las etapas, también posee una estructura interna, y cuyo contenido se indica a continuación:

1.4.1 Fase Definir el Proyecto (D)

En esta fase inicial se debe delimitar el proyecto Six Sigma a través del establecimiento de sus objetivos, indicadores, alcance, beneficios potenciales y recursos humanos que intervienen en éste. Todo lo anterior se resumirá en el marco del proyecto (Project charter).

Algunos criterios que se pueden considerar para la selección y definición de proyectos son:

- **Abordar áreas de mejora de alto impacto:**
 - Reducir defectos o desperdicios en las etapas más críticas de un proceso
 - Satisfacción del cliente (quejas, reclamos, tiempos largos de atención, burocracia)

- **Apoyo y comprensión de la alta dirección**
 - El proyecto tiene el apoyo y la aprobación de la dirección (o gerencia) de la empresa.

- **Efectos fundamentales:**
 - Beneficios monetarios importantes (medibles), que se reflejen en un tiempo menor a un año.
 - Factible de realizarse en 3 a 6 meses.
 - Métricas cuantitativas claras, para medir el éxito del proyecto.

Una vez que se tiene identificado un proyecto tentativo, el siguiente paso es designar un líder o responsable del proyecto, quien debe tener un buen conocimiento operativo del problema, así como la motivación y el liderazgo que le permita guiar a los miembros del equipo. El líder participará en la formación del equipo, considerando a quienes pueden aportar, su experiencia y especialidades.

Establecer el marco del proyecto

El líder del equipo debe completar la definición del proyecto, especificando los diferentes elementos del marco del proyecto. De tal forma que a través de éste quede claro de qué trata el proyecto, los involucrados, los beneficios esperados, etc. En la tabla 3 se muestran los elementos típicos que debe reunir el marco del proyecto, junto con una breve definición.

Además se debe hacer un diagrama de proceso; de flujo o un mapeo de procesos de un nivel macro o intermedio. En la selección de las métricas es importante que éstas reflejen los requerimientos del cliente, siendo por tanto variables críticas del desempeño y calidad del proceso (tiempo de ciclo, costos, defectos, quejas, productividad) (Pulido – de la Vara Salazar 2009)

Tabla No. 3 Elementos del Marco del Proyecto Seis Sigma

Marco del Proyecto Seis Sigma Fecha Versión
Título/propósito: Declaración breve de la intención del proyecto (usar métricas: financieras, calidad, tiempo de ciclo).
Necesidades del negocio a ser atendidas: ¿Por qué se debe apoyar el proyecto?
Declaración del problema: Resumen de los problemas que serán abordados. Incluir condiciones actuales o históricas, tales como índices de defectos y/o costos por el pobre desempeño, en términos de variables críticas para la calidad (Y).
Objetivo: Declaración más específica del resultado deseado.
Alcance: Aspecto específico del problema que será abordado.
Roles y responsabilidades: De quienes intervienen en el proyecto.
Propietarios: Departamentos, clientes o proveedores que serán afectados por las actividades del proyecto o por sus resultados.
Patrocinador o Champion: Directivo que apoya el proyecto y le da seguimiento.
Equipo: Miembros específicos de los grupos de propietario que juegan un papel activo en el proyecto.
Recursos: Procesos, equipos, bancos de datos o gente que no es miembro del equipo, y que se pueden requerir para la realización del proyecto.
Métricas: Variable a través de las cuales se medirá el éxito del proyecto.
Fecha de inicio del proyecto:
Fecha planeada para finalizar el proyecto:
Entregable del proyecto: Beneficios medibles y tangibles que se espera tener si se concluye en forma exitosa el proyecto.

Fuente: Control estadístico de Calidad y Seis Sigma, Gutiérrez Pulido-de la Vara Salazar
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

1.4.2 Fase Medir la Situación Actual (M)

La fase de medición consiste en la caracterización del proceso identificando los requisitos clave de los clientes, que nos darán las características clave del producto (o variables del resultado) y los parámetros (variables de entrada) que afectan al funcionamiento del proceso y a las características clave. A partir de esta caracterización se define el sistema de medida y se mide la capacidad del proceso.

El objetivo general de esta segunda fase es entender y cuantificar mejor la magnitud del problema o situación que se aborda con el proyecto. Por ello, el proceso se define a un nivel más detallado para entender el flujo del trabajo, los puntos de decisión y los detalles de su funcionamiento. Así mismo, se establecen con mayor detalle las métricas (las Y) con las que se evaluará el éxito del proyecto. Además, se mide la situación actual (o línea base) para clarificar el punto de arranque del proyecto con respecto a las Y.

Las herramientas de mayor utilidad en esta etapa son: mapeo de procesos a un nivel detallado, métodos para realizar estudios de repetibilidad y reproducibilidad y otras técnicas estadísticas,

como herramientas básicas, capacidad de proceso, AMEF y métricas Seis Sigma. (Gutiérrez Pulido – de la Vara Salazar, 2009)

1.4.3 Fase Analizar la Causa Raíz (A)

En esta etapa, se evaluarán los datos de resultados actuales e históricos. A través de las herramientas estadísticas respectivas, se desarrollan y comprueban hipótesis sobre relaciones causa efecto. Y se identifican las variables clave de entrada o “focos vitales” que afectan a las variables de respuesta del proceso.

La meta de esta fase de DMAIC es identificar las *causas raíz* del problema, como afectan y confirmar las *causas* con datos, buscando llegar hasta las causas más profundas. Para encontrar las X vitales primero es necesario identificar todas las variables de entrada y/o posibles causas del problema.

Las herramientas de utilidad en esta fase pueden ser: lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, Pareto de segundo nivel, estratificación, cartas de control, mapeo de procesos, los cinco por qué, despliegue de la función de calidad para relacionar variables de entrada con variables de salida, diseño de experimentos, prueba de hipótesis, diagrama de dispersión, entre otras. (Gutiérrez Pulido – de la Vara Salazar, 2009)

1.4.4 Fase Mejorar (M)

En la fase de mejora, el equipo trata de determinar la relación causa efecto (relación matemática entre las variables de entrada y la variable de respuesta que interese) para predecir, mejorar y optimizar el funcionamiento del proceso. Por último se determina el rango operacional de los parámetros o variables de entrada del proceso.

El objetivo de esta etapa es identificar e implementar soluciones que atiendan las causas raíz, es decir, asegurarse de que se corrige o reduce el problema. Es recomendable generar diferentes alternativas de solución que atiendan las diversas causas, apoyándose en algunas de las siguientes herramientas: lluvia de ideas, técnicas de creatividad, hojas de verificación, diseños de experimentos, poka-yoke, etc.

La clave es pensar en soluciones que ataquen las causas del problema y no únicamente el efecto.

Una vez que se generan diferentes alternativas de solución es importante evaluarlas, mediante una matriz que refleje los diferentes criterios o prioridades sobre los que se debe tomar la solución y la puntuación obtenida sobre ese criterio, la cual será asignada en consenso por los miembros

del equipo. De esta forma se determinará la mejor solución. (Gutierrez Pulido – de la Vara Salazar 2009)

1.4.5 Fase Controlar para mantener la Mejora (C)

Una vez que las mejoras identificadas han sido alcanzadas, se diseña un sistema para mantener las mejoras logradas (controlar las X vitales) y se cierra el proyecto. Es la etapa más difícil, ya que el sistema diseñado debe ser eficaz, de tal manera que permita que los cambios realizados para evaluar las acciones de mejora sean permanentes, se institucionalicen y generalicen, y debido a que requiere de la participación y adaptación a los cambios de toda la gente involucrada en el proceso, se pueden presentar resistencias y complicaciones. Por lo que es necesario que el sistema considere:

- Prevenir que los problemas que tenía el proceso no se vuelvan a repetir (mantener las ganancias).
- Impedir que las mejoras y conocimiento obtenido se olviden.
- Mantener el desempeño del proceso.
- Alentar la mejora continua.

De acuerdo con lo anterior se deben acordar acciones de control en tres niveles: proceso, documentación y monitoreo, como se explica a continuación:

- a) **Estandarizar el proceso.** Acciones para lograr las mejoras a través de cambios en los sistemas y estructuras que forman el proceso, tratando de no depender de controles manuales; y de vigilancia sobre el desempeño. Es decir, se deben buscar cambios permanentes en los procesos y en sus métodos de operación. Los dispositivos tipo poka-yoke podrían resultar de utilidad.
- b) **Documentar el plan de control.** Desarrollar documentos que faciliten el cumplimiento de los procedimientos estándar de operación del proceso. Para lograr la estandarización se debe contar con procedimientos bien escritos, videos, hojas de trabajo ilustradas. Además de otros métodos como: capacitación, tanto para nuevos trabajadores como para los actuales, así como los sistemas a prueba de errores (poka-yoke).
- c) **Monitorear el proceso.** Definir las mejoras al monitoreo del proceso para que mediante éste se tenga evidencia de que el nivel de mejoras logrado se mantiene. Los monitoreos pueden realizarse sobre entradas claves del proceso, así como sobre variables de salida crítica. Las herramientas para analizar y monitorear el desempeño de un proceso son las cartas de control, pero debe asegurarse una elección y operación adecuada.

- d) **Cerrar y Difundir el proyecto.** El objetivo de esta última actividad es asegurarse de que el proyecto sea fuente de evidencia de logros, de aprendizaje, y que sirva como herramienta de difusión para fortalecer la estrategia. Esta difusión ayudará a elevar el nivel de compromiso de los involucrados para mantener el éxito del proyecto, así como a fortalecer el aprendizaje y la mejora continua en la organización. Se debe desarrollar las siguientes actividades.
- Documentar el proyecto a través de la carpeta del historial del proyecto, incluyendo:
 - Los elementos considerados para seleccionar y definir el proyecto.
 - Datos iniciales de línea base.
 - Evidencia de cómo se validó el sistema de medición.
 - Análisis del estado inicial del proceso.
 - Evidencias de lo realizado y herramientas aplicadas en las fases de análisis y mejora.
 - Datos del análisis.
 - Datos financieros (costos y beneficios).
 - Decisión final sobre la mejora y conclusiones.
 - Plan de control
 - Elaborar un resumen de los diferentes cambios o soluciones dados para el problema, el impacto del proyecto y resumir los aprendizajes alcanzados con el proyecto.
 - Difundir lo realizado, así como los logros alcanzados, a través de la elaboración del reporte técnico, presentación ante colegas y directivos, y difusión interna.” (Gutierrez Pulido – de la Vara Salazar, 2009)

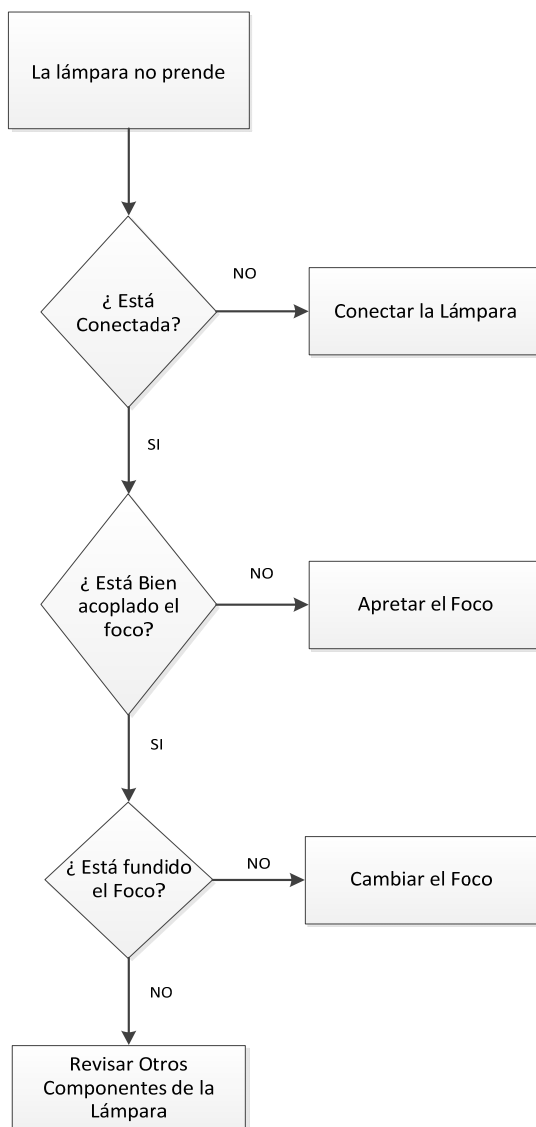
1.5 HERRAMIENTAS DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA

A continuación se describen las principales herramientas que pueden ser utilizadas en las diferentes fases de la metodología Six Sigma:

1.5.1 Diagrama de Procesos

Es una representación gráfica de los pasos que se siguen en una secuencia de actividades, dentro de un proceso o un procedimiento, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza; incluye, además, toda la información que se considera necesaria para el análisis, tal como distancias recorridas, cantidad considerada y tiempo requerido.

Gráfico No. 2 Diagrama de flujo para revisar porque no funciona la lámpara



**Fuente: Control estadístico de Calidad y Seis Sigma, Gutierrez Pulido – de la Vara Salazar
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar**

Mapeo de Procesos

Diagrama de flujo más detallado, se lo puede realizar a alto nivel, para tener una visión macro del proceso para delimitarlo e iniciar el análisis del mismo y no se entra a detalles. En el nivel micro se pueden especificar los siguientes detalles:

- Principales variables de entrada y salida de cada etapa del proceso
- Pasos que agregan y los que no agregan valor en el proceso.
- Listar y clasificar las entradas clave en cada paso del proceso. La clasificación se puede hacer con los siguientes criterios: crítico, controlable y de ruido.

- Añadir las especificaciones de operaciones actuales, así como los objetivos del proceso para las entradas controlables y críticas. (Gutiérrez Pulido – de la Vara Salazar 2009)

1.5.2 Diagrama PEPSU (SIPOC)

Según Feigeneaum (1986), el diagrama SIPOC permite analizar el proceso y el entorno, identificando:

- S (supliers - proveedores-) quienes proporcionan los insumos necesarios para que el proceso comience. Estos insumos pueden ser físico y/o información.
- I (input -entradas/insumos-) las materias primas y/o información que desencadenan el proceso.
- P (process -procesos-) el conjunto de tareas que realizamos para obtener el producto o servicio.
- O (output -salida/producto-) Los productos o servicios producidos.
- C (costumer - cliente)

1.5.3 Diagrama de Pareto

El principio de Pareto es conocido como “Ley 80-20” o “ Pocos vitales, muchos triviales ”, en el cual se conoce que pocos elementos (20%) generan la mayor parte del defecto (80%), y el resto de los elementos propician muy poco el efecto total.

Es un gráfico especial de barras cuyo campo de aplicación o análisis son los datos categóricos y tienen como objetivo ayudar a localizar los problemas vitales, así como sus principales causas. La idea es cuando se quiere mejorar un proceso, con base en los datos e información aportados por un análisis estadístico, se establezcan prioridades y se enfoquen los esfuerzos donde estos tengan mayor impacto.

El nombre del principio se determinó en honor al economista italiano Wilfrido Pareto. (Gutiérrez Pulido – de la Vara Salazar, 2009)

1.5.4 Diagrama de Ishikawa (o de Causa-Efecto)

Llamado también espina de pescado, sirve para determinar las causas que pueden estar originando un problema, para establecer soluciones más efectivas.

Existen tres tipos de diagrama de Ishikawa, los cuales dependen de cómo se buscan y se organizan las causas en la gráfica:

1.5.4.1 Método de las 6M

Agrupar las causas potenciales en seis ramas principales (6M): métodos de trabajo, mano de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente. Estos seis elementos definen de manera global todo proceso y cada uno aporta parte de la variabilidad del producto final.

1.5.4.2 Ishikawa de Segundo Nivel

Después de que se ha determinado la probable causa más importante, en ocasiones es necesario analizarla con mayor detalle, y para ello es necesario emplear de nuevo el diagrama de Ishikawa. (Feigeneaum, 1986)

1.5.5 Diagrama de Dispersión

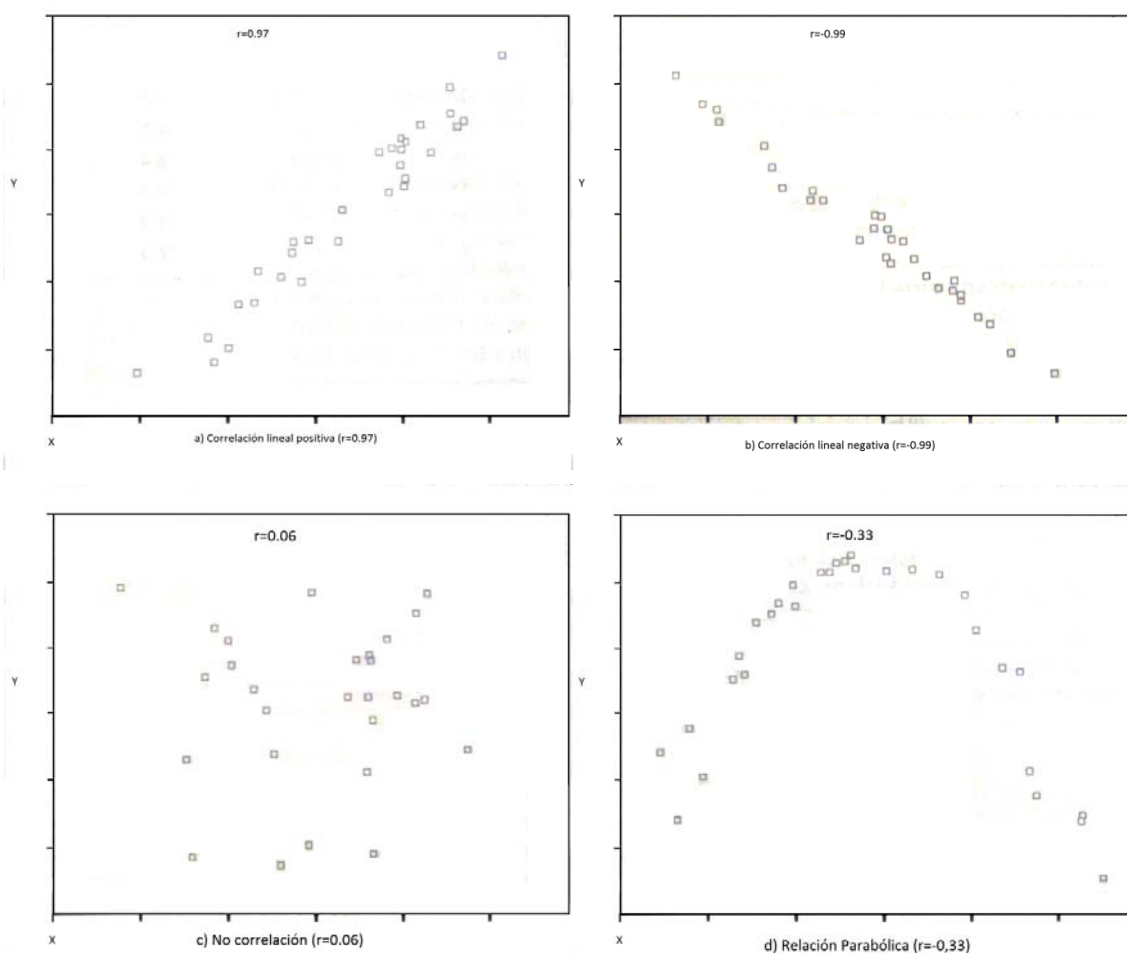
Es una gráfica que permite analizar la relación entre dos variables numéricas (x,y). En el gráfico 3 se muestran los patrones más comunes que puede seguir un conjunto de puntos en un diagrama de dispersión.

“No correlación: Cuando los puntos en un diagrama de dispersión están dispersos sin ningún patrón u orden aparente.

Correlación positiva: Cuando dos factores (X, Y) se relacionan en forma lineal positiva, de tal forma que al aumentar uno también lo hace el otro.

Correlación negativa: relación lineal entre dos variables (X y Y), tal que cuando una variable crece la otra disminuye y viceversa.

Gráfico No. 3 Algunos patrones de correlación



Fuente: Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, Gutiérrez Pulido – de la Vara Salazar
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

Cuando dos variables están relacionadas no necesariamente implica que una es causa de la otra. La relación existente podría ser:

- X influye sobre Y (éste es el caso que suele interesar más).
- Y influye sobre X
- X y Y interactúan entre sí
- Una tercera variable Z influye sobre ambas y es la causante de tal relación.
- X y Y actúan en forma similar debido al azar.
- X y Y aparecen relacionadas debido a que la muestra no es representativa. (Gutiérrez Pulido – de la Vara Salazar, 2009, 162-163)

1.5.6 El Análisis de Modo y Efecto de las Fallas (AMEF)

“La metodología del análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF, FMEA, Failure Mode and Effects) permite identificar las fallas potenciales de un producto y proceso y, a partir de un análisis

de su frecuencia, formas de detección y el efecto que provocan; estas fallas se jerarquizaran, y para fallas que vulneran más la confiabilidad del producto o el proceso será necesario generar acciones para atenderlas.

El AMEF originalmente se orientó a detectar fallas durante el diseño o rediseño del producto, así como fallas en el proceso de producción.

Una falla en el diseño (producto) o en el proceso repercute finalmente en el cliente, ya sea interno o externo. Por ello en los últimos años se amplió el campo de aplicación del AMEF a aspectos como los siguientes:

- Las fallas y obstáculos impiden que la instalación de un equipo sea fácil y rápida.
- Los modos de falla potenciales que obstaculizan que el mantenimiento y/o el servicio a un equipo sea fácil y rápido.
- La facilidad de utilización de un equipo.
- Seguridad y Riesgos ambientales”. (Gutiérrez Pulido – de la Vara Salazar, 2009, 408)

Características de un AMEF efectivo

Gutiérrez Pulido – de la Vara Salazar (2009, 416) sostuvieron que “Las siguientes 8 características distinguen a un AMEF efectivo son:

1. Todas las características especiales están incluidos en el diseño y en el proceso.
2. Se han calculado los NPR iniciales
3. Se ha definido que se entiende por “Alto”
4. Todos los NPR altos tienen acciones correctivas
5. Se han incorporado elementos a pruebas de errores (poka-yoke)
6. Los NPR se recalcularon
7. El AMEF refleja nuevos NPR, en otras palabras están actualizados
8. Los NPR que aún están altos, se encuentran indicados en el plan de control y en las instrucciones de operación.”

Ver el formato de AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Fallas) anexo No. 1

Tabla No. 4 Criterios para la calificación de la probabilidad de ocurrencia de las causas potenciales de falla

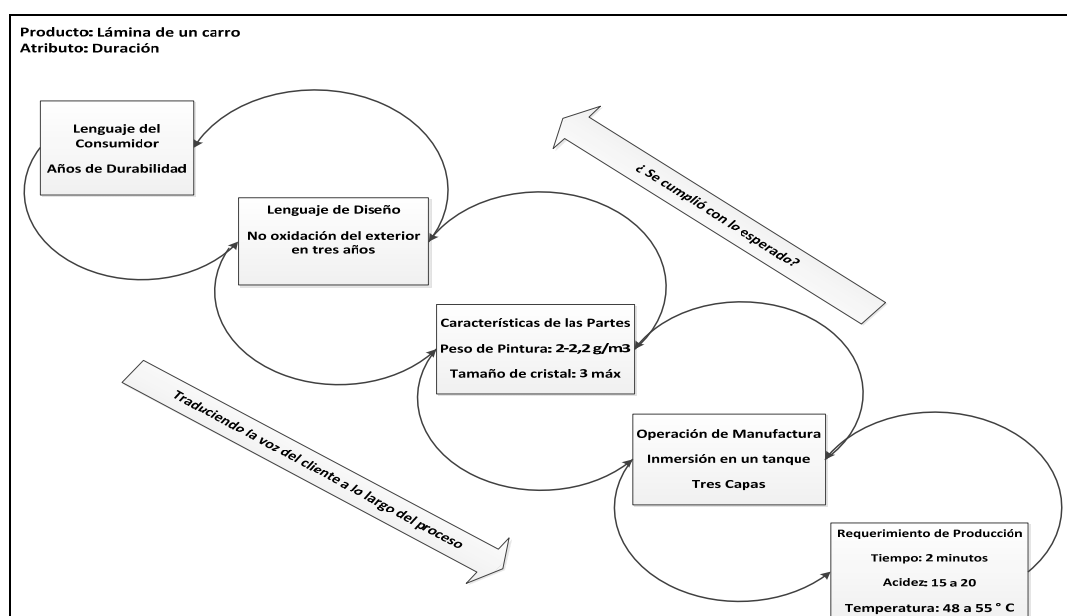
PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE LA CAUSA QUE PROVOCA LA FALLA	TASA DE FALLA	PUNTUACIÓN
Muy Alta: Fallas persistentes	>100 por cada mil piezas 50 por cada mil piezas	10 9
Alta: Fallas frecuentes	20 por cada mil piezas 10 por cada mil piezas	8 7
Moderada: Fallas ocasionales	5 por cada mil piezas 2 por cada mil piezas 1 por cada mil piezas	6 5 4
Baja: Relativamente pocas fallas	0.5 por cada mil piezas 0.1 por cada mil piezas	3 2
Remota: La falla es improbable	0.01 por cada mil piezas	1

Fuente: Control estadístico de Calidad y Seis Sigma, Gutiérrez Pulido – de la Vara Salazar
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

1.5.7 Despliegue de la Función de Calidad (DFC, QFD)

QFD es una herramienta que se utiliza para traducir las necesidades de los clientes en características técnicas de los productos o servicios, para lograr una satisfacción de los requerimientos del cliente. En QFD se expresan gráficamente las relaciones entre necesidades/deseos de los clientes y las características del diseño. En una matriz se enlista las necesidades de los clientes QUES (atributos) comparándolas con los COMOs (características de diseño). (Gutiérrez Pulido – de la Vara Salazar, 2009)

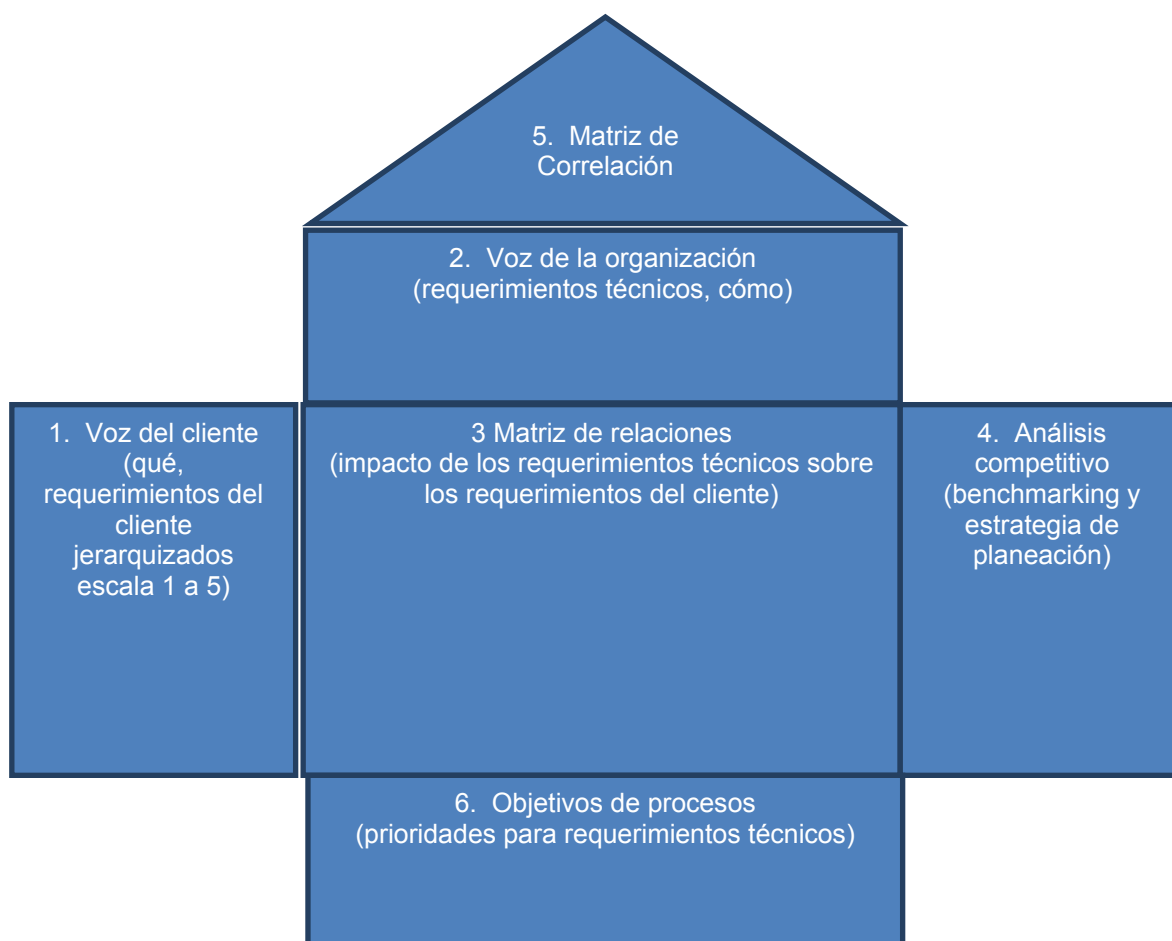
Gráfico No. 4 Despliegue de la voz del cliente desde el diseño del producto hasta los requerimientos de los procesos



Fuente: Control estadístico de Calidad de seis Sigma, Gutiérrez Pulido – de la Vara Salazar
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

A continuación se muestra como se diagrama el despliegue de la función de calidad:

Gráfico No. 5 Forma Básica de la casa o matriz de la calidad para relacionar objetivos (qués) con los cómo



Fuente: Control estadístico de Calidad de seis Sigma, Gutierrez Pulido – de la Vara Salazar
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

1.5.8 Sistemas Poka- Yoke

El término proviene del japonés poka (error inadvertido), yoke (prevenir). El propósito fundamental de un sistema poka-yoke es diseñar sistemas y métodos de trabajo y procesos a prueba de errores.

Es un método para prevenir que los errores humanos se conviertan en defectos en el producto/servicio final. Los sistemas Poka Yoke deben ser incluidos desde el diseño, ya que si se quiere incluirlos al final no cumplen con un principio de calidad que es hacerlo bien a la primera, además que se incurren en costos adicionales.

Gutiérrez Pulido – de la Vara Salazar (2009, 172) "Existen dos tipos: los dispositivos preventivos poka-yoke preventivos que nunca permiten el error (el microondas no funciona si la puerta está abierta) y el dispositivo detector, el cual manda una señal cuando hay una posibilidad de error

(cuando se abre la puerta del carro y la llave de encendido aun esta puesta, el sistema manda una señal – pitidos para que el conductor no olvide la llave dentro del carro).

Se debe buscar que los sistemas poka-yoke cumplan las siguientes características:

- Simples y baratos.
- Deben ser parte del proceso cuando son enfocados a la inspección al 100% en la fuente de error.
- Están cerca de donde el error ocurre, también proporcionan una retroalimentación prácticamente inmediata a los operarios de forma que los errores puedan ser evitados o por lo menos corregidos.”

1.5.9 Gráficas de Control

1.5.9.1 Gráficas de Control por Variables

La gráfica X-R es la más común para variables, dónde X es la media de tendencia central, R es la medida de la dispersión (el recorrido es la diferencia entre los valores mayor y menor). El gráfico X y R, se lo realiza simultáneamente.

El procedimiento para el control de las variables X-R es el siguiente:

- Decidir el número de unidades del Subgrupo (n).
- Inspeccionar cada unidad y anotar los valores.
- Calcular el promedio y determinar el rango.

$$\bar{X} = (X_1 + X_2 + \dots + X_n) / n$$

$$R = X_{\max} - X_{\min}$$

- Establecer la escala en relación a los valores obtenidos.
- Calcular el promedio de los promedios:

$$\bar{\bar{X}} = (\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_K) / K$$

- Calcular el promedio de los rangos:

$$R = (R_1 + R_2 + \dots + R_K) / K$$

g) Calcular los límites de Control para la media y para el rango

Para las medias:

$$LCS = \bar{X} + A_2 \bar{R}$$

$$LC =$$

$$LCI = \bar{X} - A_2 \bar{R}$$

Para el Rango o Amplitud:

$$LCS = D_4 \bar{R}$$

$$LC =$$

$$LCI = D_3 \bar{R}$$

Los factores A2, D4, D3 para Gráfica de Control por Variables se encuentran en el Anexo No. 2. (Pérez, 2011)

1.5.9.2 Gráficas de Control por Atributos

El más común por atributos es el (p). (p) es la fracción defectuosa o el número de no conformes de un subgrupo dividido para el tamaño del subgrupo. Es utilizado para una o más características. Los productos analizados se describen como conformes y no conformes.

Pueden aplicarse igual a características medibles y no medibles. Se puede usar códigos pasa y no pasa para las características medibles. No es necesario registrar las mediciones, solo el número de no conformes (defectos).

El procedimiento para realizar un gráfico (p) es el siguiente:

1. Decidir el número de muestra (n) de cada subgrupo y el número de subgrupos.
2. Calcular el porcentaje de no conformes en cada subgrupo.
3. Calcular el porcentaje total de no conformes. (p)

$$\bar{p} = \frac{\text{Total de Productos no conformes}}{\text{Total de Inspeccionados}} * 100$$

4. Calcular los límites de control:

$$\bar{p} = \quad LCS = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$LCI = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

5. Graficar los límites encontrados
6. Graficar los valores encontrados
7. Analizar el diagrama obtenido. (Pérez, 2011)

1.6 DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Según Gutiérrez – de la Vara Salazar (2009, 7-9) se tienen los siguientes conceptos en Diseño de Experimentos:

“Experimento. Es un cambio en las condiciones de operación de un sistema o proceso, con el objetivo de medir el efecto del cambio en una o varias propiedades del producto o resultado.

Unidad experimental. Piezas o muestras que se utilizan para generar un valor que sea representativo del resultado de la prueba.

Variables de respuesta. A través de estas variables se conoce el efecto o resultados de cada prueba experimental.

Factores controlables. Son variables de proceso y/o características de los materiales y los métodos experimentales que se pueden fijar en un nivel dado.

Factores no controlables. Variables que no se pueden controlar durante el experimento o la operación normal del proceso.

Factores estudiados. Variables que se investigan en el experimento para observar como afectan o influyen en la variable de respuesta.

Niveles y tratamientos. Niveles son los diferentes valores que se asignan a cada factor estudiado en un diseño experimental, mientras que la combinación de niveles de todos los factores estudiados se llama Tratamiento o punto de diseño.

Matriz de diseño. Es el arreglo formado por los tratamientos que serán corridos incluyendo las repeticiones.

Error aleatorio. Es la variabilidad observada que no se puede explicar por los factores estudiados; resulta del pequeño efecto de los factores no estudiados y del error experimental.

Error experimental. Componente del error aleatorio que refleja los errores del experimentador en la planeación y ejecución del experimento.”

1.6.1 Etapas en el Diseño de Experimentos

Según Gutiérrez Pulida- de la Vara Salazar (2009, 11) el diseño de experimentos debe seguir las siguientes etapas:

a) “Planeación y organización

- Entender y delimitar el problema u objeto de estudio
- Elegir las variables de respuesta que será medida en cada punto del diseño y verificar que se mide de manera confiable

- Determinar cuáles factores deben estudiarse o investigarse, de acuerdo a la supuesta influencia que tienen sobre la respuesta.

- Seleccionar los niveles de cada factor, así como el diseño experimental adecuado a los factores que se tienen y al objetivo del experimento.

- Planear y organizar el trabajo experimental.

- Realizar el experimento.

b) Análisis

Dado que los resultados son observaciones muestrales no poblacionales, se utiliza el análisis de varianza ANOVA para determinar si los efectos muestrales son lo suficientemente grandes para que garanticen efectos poblacionales (o a nivel de proceso).

c) Interpretación

Luego del análisis estadístico, se debe analizar en detalle los resultados del experimento, contrastando las conjeturas iniciales con los resultados del experimento y observando los

nuevos aprendizajes que se obtuvieron sobre el proceso, verificar supuestos y elegir el tratamiento ganador con el apoyo de pruebas estadísticas.

d) Control y conclusiones finales

Se deben determinar qué medidas tomar para generalizar el resultado del estudio y garantizar que los resultados se mantengan. Además es importante comunicar los logros.”

1.6.2 Principios Básicos

Según Gutiérrez Pulida – de la Vara Salazar (2009, 13) se deben cumplir los siguientes principios en un diseño de experimentos:

“Aleatorización. Consiste en hacer corridas experimentales en orden aleatorio (al azar); este principio aumenta la posibilidad de que el supuesto de independencia de los errores se cumpla.

Repetición. Es correr más de una vez un tratamiento o combinación de factores pero no inmediatamente después de haber corrido el mismo tratamiento, sino cuando corresponda de acuerdo con la aleatorización.

Bloqueo. Es nulificar o tomar en cuenta en forma adecuada todos los factores que pueden afectar la respuesta observada. Al bloquear se supone que el subconjunto de datos que se obtengan dentro de cada bloque (nivel particular del factor bloqueado), debe resultar más homogéneo que el conjunto total de datos.”

1.6.3 Clasificación y Selección de los Diseños Experimentales

“Se deben considerar los siguientes cinco aspectos antes de la selección de un diseño experimental:

- a) El objetivo del experimento
- b) El número de factores a estudiar
- c) El número de niveles que se prueban en cada factor
- d) Los efectos que interesa investigar (relación factores - respuesta)
- e) El costo del experimento, tiempo y precisión deseada

Si cambia cualquiera de estos puntos, generalmente cambia el diseño experimental a utilizar.

Adicionalmente, los autores indican que los diseños experimentales se pueden clasificar en:

Diseños para comparar dos o más tratamientos:

- a) Diseño completamente al azar
- b) Diseño de bloques completos al azar
- c) Diseño de cuadros latino y grecolatino

Diseños para estudiar el efecto de varios factores sobre una o más variables de respuesta

- a) Diseños factoriales 2^k
- b) Diseños factoriales 3^k
- c) Diseños factoriales fraccionados 2^{k-p}

Diseños para la optimización de procesos

- a) Diseños para el modelo de primer orden
- b) Diseños para el modelo de segundo orden

Diseños robustos

- a) Arreglos ortogonales (diseños factoriales)
- b) Diseños con arreglo interno y externo

Diseños de mezclas

- a) Diseño simplex – reticular
- b) Diseño simplex con centroide
- c) Diseño con restricciones
- d) Diseño axial". (Gutiérrez Pulida – de la Vara Salazar, 2009: 15)

En la presente tesis se utilizará el diseño 2^k para estudiar el efecto que tiene los cambios en la formulación (Agua, Octoato de estaño y Temperatura del Molde) y como afectan a la variable de salida Altura de laminados de la espuma cilíndrica blanca, que es la que tiene el 60% de la producción de bloques de espuma de Chaide y Chaide.

1.7 APORTE DE SIX SIGMA A LA GESTIÓN DE CALIDAD

Al estar basada en el *círculo virtuoso de la calidad hacia la excelencia*, Six Sigma es un ciclo permanente que logra producir mejores bienes /servicios a menor costo, ya que identifica y elimina la mayor parte de los costos de *no calidad* causados frecuentemente por fallas, errores, reprocesos, tiempos muertos, cuellos de botella, etc. La calidad de los productos/servicios atrae y

fideliza a los clientes y los márgenes producidos por los bajos costos permiten reinvertir en la mejora continua de los procesos. Además el enfoque hacia los clientes y la alineación con el negocio es un aporte importante de Six Sigma, ya que a través de herramientas como la Función de Calidad, se determina las necesidades de los clientes y son traducidas al lenguaje técnico para aplicarlo en la producción, lo que permite un mayor grado de satisfacción. Adicionalmente, existen muchas herramientas de calidad, pero a través de Six Sigma se logra una aplicación más integrada, ya que en cada una de sus fases se utilizan al menos dos herramientas de calidad, lo que permite una visión real del proceso y una disminución de la variabilidad del mismo.

2 FASE DE DEFINICIÓN

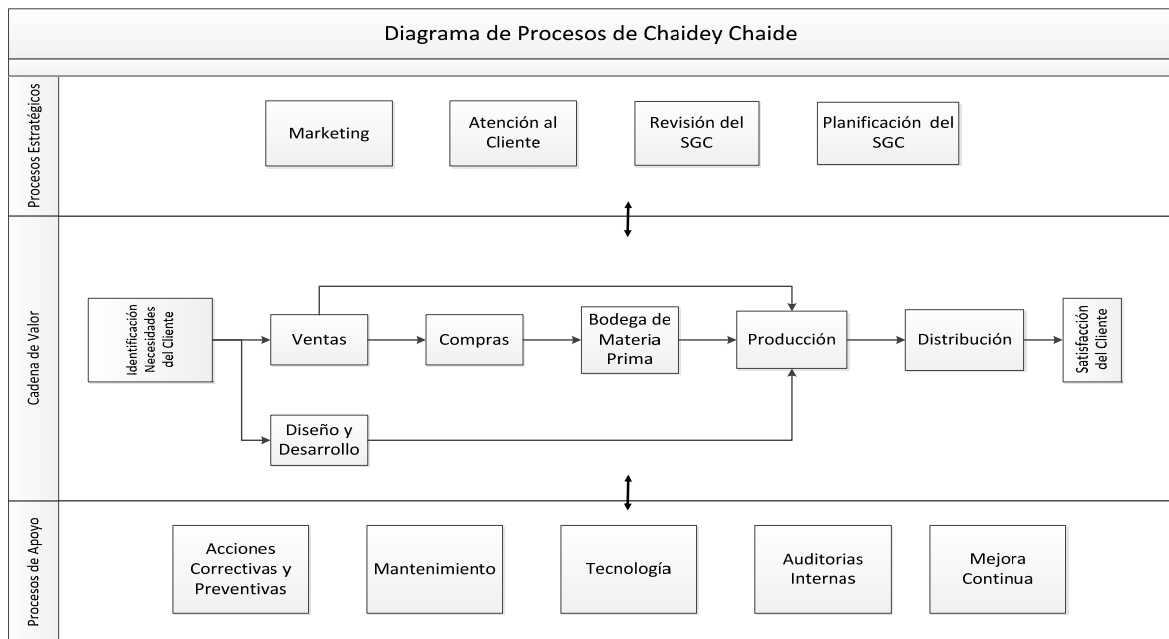
En este capítulo se dará una breve descripción de la organización, su mapa de procesos así como el diagrama SIPOC del proceso de Espuma de Poliuretano para su entendimiento, se definirá el equipo que participará en el proyecto, así como sus funciones y responsabilidades, se definirá el alcance del proyecto, se identificarán los factores críticos y las características de calidad de la espuma de poliuretano desde un enfoque del cliente, así como la situación actual del proceso para identificar las oportunidades de mejora; la definición de metas y objetivos de: producción, productividad, financieros, desperdicios e inventarios.

2.1 ANÁLISIS SITUACIONAL

Chaide y Chaide S.A. es una empresa dedicada a la industria del descanso desde 1975 sus productos principales son colchones que se distribuyen en tres líneas principales: Carnaval, Chaide, Restonic, además de los colchones se fabrican complementos entre los cuales se encuentran muebles y almohadas.

En el gráfico No. 6, se describe el diagrama de procesos en dónde se representa la interacción de los procesos de la cadena de valor, con los procesos Estratégicos y de Apoyo.

Gráfico No. 6 Diagrama de Procesos Chaide y Chaide



Fuente: Manual de Calidad Chaide y Chaide S.A
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

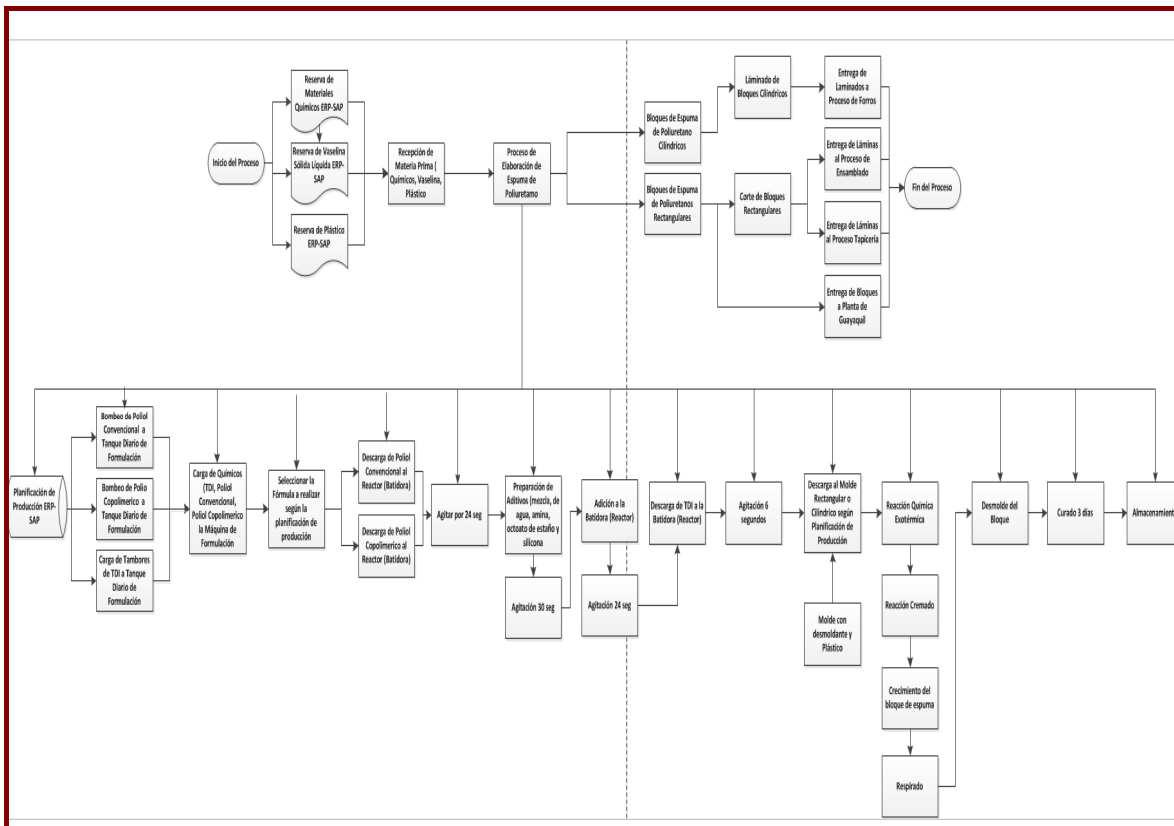
2.1.1 Diagrama de Procesos SIPOC del proceso de elaboración de Espuma de Poliuretano

El desarrollo de este proyecto se enfocará en el proceso de producción en dónde se encuentra el subproceso elaboración de Espuma de Poliuretano. En el Anexo No.3 se detalla el proceso de producción de colchones y complementos en la empresa Chaide y Chaide y el proceso de estudio de elaboración de espuma de Poliuretano.

El proceso principal de Fabricación de Espuma de Poliuretano se detalla en el diagrama SIPOC del Gráfico No. 7, en dónde se indican los proveedores, las entradas del proceso, un flujo del proceso y las salidas respectivas con los clientes internos.

Gráfico No. 7 Diagrama SIPOC del Proceso de Elaboración de Espuma de Poliuretano

PROVEEDORES	ENTRADAS	PROCESO	SALIDAS	CLIENTES
Proveedores de Químicos BASF BAYER DDW CHEMICAL	* Químicos Tolueno Diisocianato (TDI) Polioli Convencional Polioli Copolimérico (grafitado) Amina Silicona Octoato de Estaño Agua		* Bloques de Espuma de Poliuretano Rectangulares Cilíndricos	* Proceso de Corte * Planta de Guayaquil
Proveedores de Vaselina Quilatew S.A	* Moldes Rectangulares y Cilíndricos * Desmoldantes Vaselina Sólida Vaselina Líquida			
Proveedores de Plástico TINFLEX S.A	Plástico de alta densidad			
	* Batidora (reactor)			
	* 4 Tanques de almacenamiento de Polioli Convencional Capacidad 60 Ton cada uno * 2 Tanques de almacenamiento de Polioli Copolimérico Capacidad 40 Toneladas Cada uno * 1 Tanque de almacenamiento de TDI capacidad 5 Ton * 1 Tanque diario de almacenamiento de Polioli Convencional Capacidad 20 Ton * 3 Tanques diarios de almacenamiento de Polioli Copolimérico Capacidad Total 15 Ton * Máquina de Formulación * Tanques de Formulación Polioli Convencional, Polioli Copolimérico, TDI 1 Ton cada uno * 2 Extractores de gases			
	* Máquina de Corte Máquina Vertical Carrusel de corte Laminadora de Cilindros		Láminas de Cortadas	* Proceso de Ensamblado * Proceso de Tapicería
			Láminas cortadas	* Proceso de Elaboración de Forros

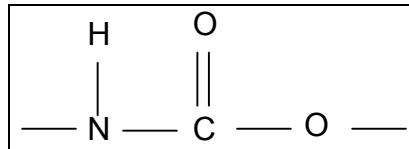


Fuente: Manual de Calidad Chaide y Chaide S.A
 Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

2.1.2 Espuma de Poliuretano

El término 'Poliuretano' se emplea para designar a los polímeros generados por la reacción de isocianatos con compuestos que contengan al menos dos grupos oxhidrilo (Poliolios). El nombre poliuretano (abreviado como PUR) se deriva del grupo Uretano:

Gráfico No. 8 Grupo Uretano



Fuente: Manual de Poliols S.A
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

Estos materiales contienen también otro tipo de enlaces, como ureas, amidas, biureas, etc. Por lo tanto, el Poliuretano es en realidad la reunión de polímeros de diferentes estructuras. Esta gran variedad de estructuras permite que, variando ligeramente la relación de los reactivos se obtengan productos con propiedades físicas diversas.

Aplicaciones

Debido a esta capacidad de proporcionar diferentes propiedades físicas a partir de materias primas muy similares, existen diferentes aplicaciones para el poliuretano. Las principales son:

- Automotrices: asientos, cabeceros, defensas de autos
- Rígida: Se emplea en forma de paneles en el área de la construcción. En refrigeración se utiliza como material aislante.
- Piel Integral: Se emplea en aplicaciones que requieren de una piel gruesa y de material de dos densidades. Un ejemplo de su uso es la elaboración de volantes de automóviles.
- Elastómeros microcelulares: Se emplean en la elaboración de suelas de zapatos y de materiales imitación madera.
- Adhesivos y recubrimientos
- Slab. (Espuma flexible en bloque). Puede ser de proceso continuo o discontinuo. Su aplicación principal es mueblería e industria colchonera.

En Chaide y Chaide esta última (Espuma Flexible de Poliuretano en Bloque) se fabrica para el ensamblado de colchones y de muebles.

Materias Primas

Los principales componentes del poliuretano son el isocianato y el polioli.

ISOCIANATO

El isocianato más utilizado en estos procesos es el Toluen Di isocianato (TDI 80/20) que es una mezcla de isómeros 2,4 y 2,6 respectivamente.

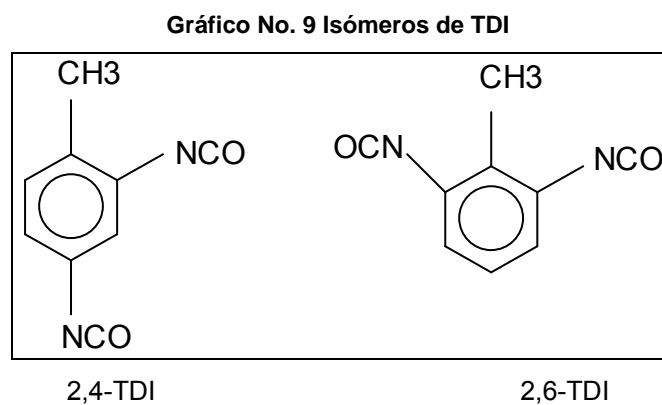
Existen diversos tipos de isocianatos, y su empleo dependerá de la aplicación del producto final.

Los dos más ampliamente usados son:

MDI Metilen Diisocianato

TDI Toluen Diisocianato

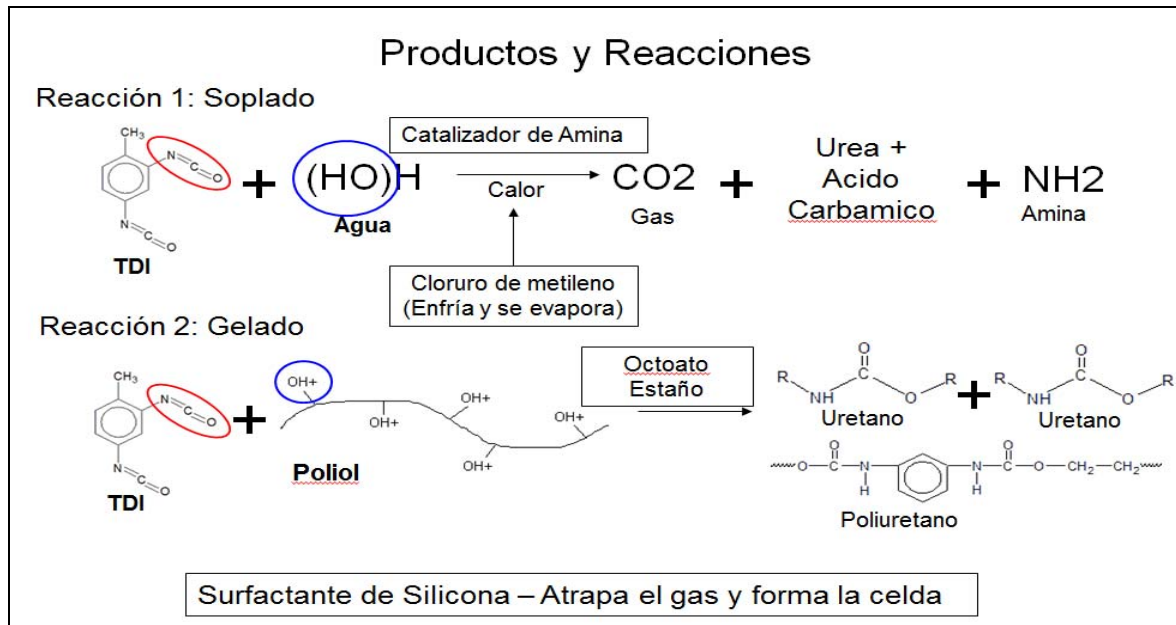
El TDI es empleado en la producción de Slab (espuma flexible) y en la fabricación de adhesivos, mientras que el MDI, en sus diferentes variaciones, cubre el resto de las aplicaciones.



Fuente: Manual de Polioles S.A
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Las reacciones del isocianato dentro de la fórmula para llegar a la obtención del poliuretano son las siguientes:

Gráfico No. 10 Reacciones Principales para la Producción de la Espuma de Poliuretano



Fuente: Manual de Poliols S.A

Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

POLIOL

Existen tres tipos de poliols para uretano, poliéster, poliéter y graft. La elección de un poliol, especialmente el tamaño y la flexibilidad de su estructura molecular y su funcionalidad (No. de OH reactivos con isocianato por molécula de poliol) controla ampliamente el grado de entrecruzamiento que se logrará en la reacción con el poliisocianato.

La espuma de poliols poliéter es la más ampliamente utilizada en el mercado. Estos poliols se inician a partir de glicerina o trimetilolpropano reaccionando con una mezcla de óxido de etileno y de propileno.

Los poliols graft es un poliol con alto contenido de sólidos (20-40%). La función de estos macrómeros es la de incrementar la resistencia a la carga (dureza) de las espumas, tanto por la presencia de partículas sólidas de los injertos como por el entrecruzamiento provocado por el graft.

Parámetros de Control Para el Polioli:

No. De Oxhidrilo:

Esta es una magnitud muy importante durante la producción y aplicación de un polioli. Por una parte es útil en la determinación del peso molecular del polioli, y por otra nos ayuda a calcular la cantidad estequiométrica de isocianato requerido para llevar a cabo el proceso de espumado.

La medición del número de oxhidrilo de un polioliol está relacionado con su peso molecular y su funcionalidad.

$$\text{No. de OH} \left(\frac{\text{mg KOH}}{\text{g}} \right) = \frac{(56100 * \text{funcionalidad})}{\text{Peso Molecular}}$$

Funcionalidad:

La funcionalidad de un polioliol es el número de grupos OH presentes por cada molécula de polioliol.

Con estos parámetros podemos conocer el peso molecular de nuestro polioliol:

$$\text{Peso Molecular} = \frac{(56100)(\text{funcionalidad})}{(\text{No. de OH})}$$

En la medida que el peso molecular del polioliol aumente, también aumentará el carácter flexible del producto obtenido, ya que existirá un menor entrecruzamiento de cadenas, y viceversa.

Aditivos (Catalizadores)

Además del isocianato y el polioliol, se añade un amplio rango de químicos para modificar y controlar tanto la reacción del poliuretano como las propiedades finales del polímero (propiedades físicas de la Espuma). Estos aditivos y su función dentro de la formulación de una espuma se enuncian a continuación.

El catalizador es una sustancia capaz de modificar la velocidad de una reacción química sin participar en el balance estequiométrico de la reacción principal. Un gran número de catalizadores pueden ser usados para la reacción de los isocianatos con agua y con el polioliol, y estos incluyen aminas terciarias alifáticas y aromáticas, compuestos organometálicos, especialmente de estaño, aunque también se emplean compuestos de plomo y mercurio. Un exceso de catálisis sobre la reacción isocianato + polioliol puede generar una espuma de celda muy cerrada y más dura, ya que la reacción de adición ocurrirá de una manera tan rápida que no permitirá la salida de los gases, mientras que, si se favorece la reacción isocianato + agua, pueden ocasionarse problemas de colapsos o grietas, debido a la presión que ejercerá el gas para salir de la mezcla en reacción.

Aminas: Afecta los tiempos de cremado e inicio al principio de la reacción. Este catalizador es el que promueve la reacción de soplado (iso-agua). También tiene influencia en la apariencia de la espuma, contribuye a afinar el tamaño de celda y el grosor de la piel. Exceso de amina provoca grietas internas en forma horizontal. La mezcla de catalizadores se requiere para mantener un balance entre la reacción del gelado y la de soplado.

Catalizador Organometálico: Afecta la velocidad de crecimiento de la espuma (Rise Time), así como la dureza aparente de la misma. Incrementando este catalizador se puede lograr una mayor dureza aparente hasta alcanzar un efecto acartonado, después del cual la espuma comienza a cerrarse y puede llegar a contraerse.

En el otro extremo la falta de catalizador Organometálico (T-9, Kosmos 29) lleva a grietas o asentamiento, pudiendo llegar a colapsar la espuma.

Siliconas: Agentes tensoactivos que disminuyen la tensión superficial de los materiales permitiendo el buen mezclado de todos los componentes. Ayuda a regular el tamaño de celda. Un bajo contenido de silicón o el uso de un silicón degradado lleva a obtener celda gruesa y áspera, asentamiento de la espuma o incluso colapso.

Entrecruzadores y extensores de cadena: Agentes de bajo peso molecular con hidrógenos activos cuya función es aumentar la concentración de grupos uretano y modificar de esta forma elasticidad, resiliencia o velocidad de recuperación de la espuma. Los más comúnmente empleados son el 1,4-butanodiol (BDO) y la Dietanolamina (DEOA).

Agua: Agente principal de soplado o espumado. Es el aditivo que determina la densidad de la espuma. Sin embargo, la adición de agua tiene un límite, ya que su reacción con el iso es altamente exotérmica, por lo que si se rebasa el límite de 5 ppm (kg de químico /Kg Polioliol *100) sin utilizar agentes o procesos de disminución de la temperatura, existe el riesgo de scorch o incluso, autoignición de la espuma.

Agentes Auxiliares de soplado: Cloruro de metileno, acetona, ciclohexano. Se utilizan para la producción de espuma de baja densidad por su doble efecto de agente expansivo y refrigerante. Esto debido a que son materiales que por su bajo punto de ebullición se volatilizan por la exotermia generada en el espumado, ayudando al mismo tiempo a disminuir la temperatura interna de la espuma.

Tabla No. 5 Formulación de la Espuma Flexible

Químico	Partes por peso (ppp)
Polioliol Convencional	0-100
Polioliol Graft	100-0
Agua	1.5-5.0
Agente de soplado	0-35
Cat.Amínico	0.1-1.0
Cat. Organometálico	0-0.5
Silicona o Surfactante	0-2.5
Isocianato	Index 105-125

Fuente: Manual de Polioliol S.A

Elaborado por: Merci Léon Dorian Salazar

2.1.3 Procedimiento de Elaboración de Espuma de Poliuretano

En el proceso de elaboración de Espuma de poliuretano en la planta de Chaide y Chaide existe un sistema de Formulación Semiautomático (Máquina Dosificadora de Polioliol Convencional, Polioliol Copolimérico e Isocianato de Tolueno en dónde se puede ingresar las recetas establecidas). Este Sistema consta de 3 tanques de capacidad de 500 kg cada uno, los mismos que tienen diferentes colores dependiendo el tipo de químico que contenga. El de color naranja es para el pesaje del polioliol convencional, el de color azul es para el pesaje del polioliol Copolimérico (graf) y el color vino es para el pesaje del isocianato de tolueno.

A continuación se detalla el proceso de elaboración de espuma de poliuretano:

- Se ingresa las fórmulas (47 fórmulas diferentes depende de la densidad de la espuma y tamaño o forma del molde) en la computadora del sistema de formulación.
- Se coloca el molde de la dimensión y forma (rectangular o cilíndrica) según la planificación de la producción diaria.
- El operador selecciona en la base de datos del sistema de formulación la fórmula que necesita realizar.
- La máquina dosificadora de espuma pesa la cantidad requerida de Polioliol Convencional, y Polioliol Copolimérico según la fórmula que se necesite realizar en los tanques de formulación.
- Se trasvasa al mezclador (Batidora: recipiente con un agitador), se agita los dos polioliol por 12 segundos.
- Mezclar y dosificar en un recipiente los catalizadores según fórmula patrón preestablecido (sistema manual de pesaje): el agua, catalizadores amínicos, y el surfactante con agitación por el lapso de 30 segundos.
- Agregar el catalizador organo-metálico (Octoato de Estaño) al recipiente previamente mezclado de agua, amina y silicona y, mezclar 10 segundos.
- Colocar el contenido del recipiente (mezcla dosificada de agua, amina, silicona, octoato de estaño, trasvasar al mezclador y agitar por 24 segundos.
- Cargar el Isocianato (cantidad según fórmula patrón) en el tanque color vino, adicionar el isocianato a la mezcladora y continuar mezclando por 6 segundos; transferir la espuma al

molde de la dimensión requerida que previamente tiene un desmoldante (mezcla dosificada de Polioli Convencional, Polioli Copolimérico, y catalizadores).

- La reacción exotérmica (generación de calor) comienza y la espuma crece en el bloque, observar y registrar el tiempo de cremado (tiempo que transcurre cuando la mezcla se transfiere al molde y comienza el crecimiento de la misma).
- Observar el crecimiento de la espuma registrando al final el tiempo de crecimiento (se mide el tiempo en que la espuma comienza a crecer hasta que termina su crecimiento).
- Finalmente se desmolda el bloque de espuma rectangular o cilíndrica y se coloca el mismo en el área de curado dónde permanece por 3 días eliminado el olor y los gases productos de la reacción química antes de pasar al proceso de corte de espuma.
- Luego de pasado los 3 días de curado, el bloque rectangular o cilíndrico está listo para su corte. Los bloques rectangulares se cortan utilizando una máquina vertical de corte (se corta el bloque por la mitad) y luego pasa a una máquina de corte (carrusel) de láminas del espesor requerido según receta de colchón. En relación a los bloques de espuma cilíndrica estos pasan a una máquina laminadora dónde se laminan y su espesor depende igualmente de la receta de ensamble de colchón.

2.1.4 Productos del Proceso de Elaboración de la Espuma de Poliuretano

Los productos resultantes del proceso de elaboración de espuma de poliuretano son:

Bloques de Espuma Cilíndricos y Bloques de Espuma Rectangulares

a) Bloques Rectangulares:

Densidades: 13; 15; 18; 22; 24; 26; 30; 33 y 45 kg/m³

Dimensiones de los bloques (largo, ancho y altura en metros): 1,23x1,75x1,14 m; 1,31x1,86x1,10 m; 1,35x1,90x1,07 m; 1,50x2,00x1,05 m; 1,56x1,96x0,97 m; 1,60x2,00x0,90 m; 2,00x2,00x0,99 m; 2,10x2,00x1,05 m; 2,20x2,20x 0,60 m; 2,70x1,90x1,10 m; 3,18x1,90x1,02 m; 3,20x2,00x1,09.

b) Bloques Cilíndricos:

Densidades: 15; 19; 22; y 27 kg/m³

Dimensiones de los bloques: $\varnothing = 1,80$ m y h= 1,6 m; 2,02 m; 2,06 m; 2,12 m; 2,15 m

Dónde: $\varnothing =$ diámetro del molde y h= altura

- c) Láminas de Espuma de Poliuretano: provenientes del corte de bloques rectangulares, y que se cortan de las dimensiones el largo, ancho y espesor dependiendo de la receta del colchón.
- d) Laminados de Espuma de Poliuretano: proveniente del corte en la máquina laminadora de diferente espesor dependiendo de la receta que necesita para el acolchado de tapas en el proceso de forros.
- e) Espuma para Tapicería o Muebles: espuma que se corta de dimensiones específicas que se necesita en el proceso de ensamblaje de muebles.

2.1.5 Propiedades Físicas de la Espuma de Poliuretano

Los métodos generales que aplican a la espuma flexible de poliuretano en bloque se encuentran resumidos en la norma ASTM D-3574. Además de estos estándares, existen los que cada cliente pudiera manejar para una aplicación específica.

- a) **Densidad.** La densidad es el peso por unidad de volumen de la espuma, normalmente expresado en kilogramos por metro cúbico. (Kg/m³)

Una espuma de poliuretano de calidad no es aquella que presente los valores más altos de densidad, sino que cumpla además con los requerimientos de firmeza, resistencia al desgarre, resiliencia, recuperación y demás propiedades que se hayan especificado.

- b) **Resistencia a la carga (Dureza o ILD).** Es una medida de la firmeza, y se entiende como la oposición que ofrece la espuma a una fuerza de compresión. Anteriormente se pensaba que la resistencia a la carga que ofrecía una espuma dependía directamente de la densidad que esta espuma presentaba. Esto puede ser aplicado a espumas elaboradas a partir exactamente de los mismos componentes (poliol, catalizadores, silicón) y sin agregar agentes modificadores, tales como un poliol graft, o un agente entrecruzador, los cuales pueden hacer variar la resistencia a la carga del poliol sin modificar la densidad de la espuma.
- c) **Compresión Permanente (compresión set).** Es una medida de la deformación de una espuma después de que se ha mantenido comprimida bajo un tiempo y condiciones de temperatura controladas (22 hrs a 70 °C). En esta prueba se mide el % de pérdida de espesor, y es una propiedad crítica para aplicaciones automotrices.
- d) **Índice De TDI (Índice de Isocianato):** Indicador de cuántas moléculas de NCO (Isocianato) hay por cada molécula de OH (Poliol). Con un índice 100 se cuenta con la cantidad

estequiometricamente (reacción completa) necesaria de TDI para reaccionar con los grupos OH de los polioles y los grupos OH del agua. Al utilizar un índice mayor a 100 (por ejemplo, 110) se proporciona isocianato que presenta reacciones de entrecruzamiento, ayudando a incrementar la firmeza de la espuma.

Después de cierto índice (125/130) no hay suficientes OH para reaccionar y se pierde el TDI.

2.2 DEFINICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS CRÍTICAS PARA LA CALIDAD DE LA ESPUMA DE POLIURETANO Y SUS ESPECIFICACIONES

En la tabla No. 6 a continuación, presentamos las características críticas para la calidad de la espuma de poliuretano con las especificaciones técnicas respectivas. (Referencia: NTE INEN 2021:95.). Estas propiedades físicas son las más importantes para determinar la calidad de una espuma, así como su resistencia, confort y elasticidad así como su precio de acuerdo a su formulación.

Tabla No. 6 Propiedades físicas de la espuma de Poliuretano Norma INEN NTE-2021:95

CLASE	DENSIDAD (kg/m ³)		DUREZA (N)		DEFORMACIÓN PERMANENTE A LA COMPRESIÓN (%)	RESILIENCIA (%)	Índice de TDI
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo			
12	11.0	13.0	35	141	Máximo 20	Máximo 30	105-130
15	14.0	16.0	35	176	Máximo 15	Máximo 30	105-130
17	16.1	18.5	35	176	Máximo 15	Máximo 30	105-130
20	18.6	21.0	35	176	Máximo 12	Máximo 30	105-130
23	21.1	24.0	35	247	Máximo 10	Máximo 40	105-130
26	24.1	27.0	35	247	Máximo 9	Máximo 40	105-130
30	27.1	32.0	35	247	Máximo 8	Máximo 40	105-130
36	32.1	40.0	71	247	Máximo 6	Máximo 40	105-130
44	40.1	48.0	71	247	Máximo 5	Máximo 50	105-130

Fuente: Norma INEN 2021:95

Elaborado por: Merci León Dorian Salazar

De acuerdo a la densidad de las espumas estas se clasifican en 9 clases, cada clase tiene un mínimo y máximo de densidad, y las variables físicas (Dureza, Deformación Permanente a la Compresión, Resiliencia (rebote de la espuma), e índice de Isocianato o TDI) según su clase deben cumplir con las especificaciones establecidas por norma (INEN NTE-2021:95).

En el proceso de elaboración de espuma de Poliuretano de Chaide y Chaide manejamos densidades desde la 13 hasta la 48 kg/m³. La densidad de la espuma tiene una relación directa proporcional con su costo, a mayor densidad más cantidad de químicos intervienen en su formulación y mayor costo.

En cuanto a la Dureza que es una propiedad física de la espuma que mide la resistencia de la espuma al aplastamiento por la aplicación de un peso, esta varía de acuerdo a la clase. Generalmente a mayor densidad mayor dureza. En ciertas formulaciones esta dureza puede ser modificada dependiendo del gusto del cliente, existen personas que les gustan colchones más firmes y a otros colchones más suaves.

La compresión permanente igualmente según la clase de colchón debe cumplir con rangos y se puede observar en la tabla No. 6 que mientras mayor es la densidad mayor es la exigencia de porcentaje de compresión, es decir que mientras mayor sea la densidad de la espuma la espuma tiene mejores características.

La resiliencia es una propiedad física que tiene la espuma y que va asociada al confort del colchón, mientras la espuma sea más flexible (suave) la resiliencia va a ser mayor, y va asociada a la calidad de la espuma.

El índice de TDI tiene relación directa con la dureza de la espuma, mientras más dura sea la espuma el índice de TDI va a ser mayor. En ciertas formulaciones el índice de TDI puede ser modificado dependiendo del gusto del cliente, existen personas que les gustan colchones más firmes (duros) y a otros colchones más suaves.

2.3 DEFINICIÓN DEL EQUIPO QUE PARTICIPARÁ EN EL PROYECTO, ASÍ COMO SUS FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES

En la tabla No. 7 a continuación se describe las funciones y responsabilidades del personal que participará en el proyecto de mejora utilizando la metodología Six Sigma:

Tabla No. 7 Funciones y Responsabilidades del personal del proyecto Six Sigma

Nombre	Función	Características	Capacitación a Recibir / Formación
Líder de Implementación (Gerente de Planta)	Dirección y Supervisión del Proyecto seis sigma.	Profesional con experiencia en la mejora empresarial en calidad y productividad, respetado en la estructura directiva.	Liderazgo, calidad, conocimiento estadístico básico (entendimiento del programa seis sigma y de su metodología (DMAMC)).
Patrocinadores	Gerentes de área / gerentes de planta, son los dueños de los problemas. Responsable de garantizar el éxito de la implementación de 6 sigma.	Dedicación, entusiasmo, fe en sus proyectos, capacidad para administrar.	Liderazgo, calidad, conocimiento estadístico básico (entendimiento del programa seis sigma y de su metodología (DMAMC)).
Maestranter/ Jefe de Espuma de Poliuretano	Dedicados 100% al proyecto seis sigma, brindan asesoría y son los responsables de mantener una cultura de calidad dentro de la organización	Habilidades y conocimientos técnicos estadísticos y en liderazgos de proyectos	Requiere amplia formación en seis sigma y en los métodos seis sigma (de preferencia maestría en estadística o calidad)
Asistente Técnico Poliuretano/ Asistentes de Procesos Poliuretano	Ingenieros, analizan y solucionan problemas del área y de mejora continua	Trabajo en equipo, motivación, aplicación de métodos (DMAMC), capacidad para dar seguimiento	Formación técnica, conocimiento básico de estadística y herramientas de solución de problemas.
Operarios	Personal de Piso que tienen problemas en su área.	Conocimiento de los problemas, motivación y voluntad de cambio	Cultura básica de calidad, y entrenamiento en herramientas estadísticas básicas, DMAMC y en solución de problemas

Fuente: Reunión para determinación de Responsabilidades Six Sigma
Elaborado por: Merci León – Dorian Salazar

2.4 METODOLOGÍAS DE MEJORA CONTINUA UTILIZADAS ANTERIORMENTE

La empresa Chaide y Chaide S. A., mantiene el sistema de Gestión de Calidad bajo la certificación de la norma ISO 9001:2008 desde el año 2003. Existen actualmente grupos de mejora continua que se reúnen para la solución de los problemas de producción, productividad, calidad y desperdicios.

La herramienta fundamental que utiliza Chaide y Chaide S.A para mejorar su sistema de Gestión son las auditorías internas y externas, se verifica a intervalos planificados la eficacia del sistema de gestión de la calidad mediante la revisión de la política de la calidad, los objetivos de la calidad, el análisis de datos, las acciones correctivas y preventivas y la revisión por la dirección.

Se realizan seguimiento de los indicadores de Gestión de calidad y las acciones correctivas y preventivas a seguir cuando no se alcanzan los resultados planificados. Se siguen el ciclo PHVA

(Planificar, Hacer, Verificar y Actuar) para dar seguimiento al sistema de gestión y el seguimiento y control de los problemas.

La calidad Six Sigma es compatible con ISO 9001 y es una herramienta de mejora continua del negocio que busca encontrar y eliminar las causas de los errores, defectos y retrasos de los procesos del negocio, enfocándose a aquellos aspectos que son críticos para el cliente.

Herramientas importantes utilizadas en los proyectos Six Sigma y que ayudarán a mejorar la calidad y eficacia del sistema de Gestión son: AMEF (Análisis de Causa y Fallos Potenciales) que se describe ampliamente en el capítulo anterior y que coadyuva a identificar y dar soluciones a problemas potenciales, ayudando a las organizaciones a ser preventivos con ahorros significativos anticipándonos a los problemas. La otra herramienta fundamental es escuchar la Voz del cliente mediante el uso del QFD (Despliegue de la función de calidad).

2.5 DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN DEL CLIENTE INTERNO

Los clientes internos del proceso de elaboración de espuma de Poliuretano se describen en la tabla No. 8 a continuación:

Tabla No. 8 Descripción de la Información del cliente interno

Cliente Interno (proceso)	Productos entregados	Característica Principal a controlar	Utilización del Producto	Control de calidad en el proceso
Proceso de Ensamblado	Láminas de espuma (Corte de Bloques rectangulares)	<ul style="list-style-type: none"> Densidad (kg/m^3) Dureza (grados de dureza, N/m) Resiliencia (%) Compresión (%) Dimensiones (cm) largo, ancho, y espesor Curado del bloque (días) 	Armado de colchón de espuma y de resortes	<ul style="list-style-type: none"> Dimensión (largo, ancho, espesor) Sin olor censurable
Proceso de Elaboración de Forros	Láminados de espuma (Corte de Bloques Cilíndricos)	<ul style="list-style-type: none"> Densidad (kg/m^3) Dureza (grados de dureza, N/m) Resiliencia (%) Compresión (%) Altura de Laminados (cm) Metraje de laminado (m) Aspecto visual (sin fisuras o huecos) Curado de bloques (días) 	Armado de tapas acolchadas con espuma cilíndrica y bandas para el colchón	<ul style="list-style-type: none"> Altura (cm) Sin olor censurable Metraje de laminado (m) calidad tipo ABC
Proceso de Elaboración de Muebles	Láminas de espuma (Corte de Bloques rectangulares)	<ul style="list-style-type: none"> Densidad (kg/m^3) Dureza (grados de dureza, N/m) Resiliencia (%) Compresión (%) Dimensiones (cm) largo, ancho, espesor Aspecto visual (sin fisuras y huecos) Curado de bloque (días) 	Armado de tapas acolchadas con espuma cilíndrica y bandas para el colchón	<ul style="list-style-type: none"> Altura (cm) Si olor censurable Metraje de laminado (m) Calidad tipo ABC
Proceso de Corte de Espuma	<ul style="list-style-type: none"> Bloques rectangulares Bloques Cilíndricos 	<ul style="list-style-type: none"> Dimensiones (cm) largo, ancho, altura Aspecto visual (sin fisuras y huecos) Curado de bloque (días) 	Corte del bloque rectangular en láminas y laminado del bloque cilíndrico	<ul style="list-style-type: none"> Dimensiones de bloque rectangular (cm) largo, ancho altura Altura de bloque cilíndrico (cm) Días de Curado
Planta de Guayaquil	<ul style="list-style-type: none"> Bloques rectangulares Densidad 13 y 30 kg/m^3 	<ul style="list-style-type: none"> Dimensiones (cm) largo, ancho, altura Aspecto visual (sin fisuras y huecos) Curado de bloque (días) 	Corte del bloque rectangular en láminas	<ul style="list-style-type: none"> Dimensiones de bloque rectangular (cm) largo, ancho altura Días de Curado

Fuente: Manual de Calidad Chaide y Chaide

Elaborado por: Merci León – Dorian Salazar

2.6 ALCANCE Y LÍMITES DEL PROYECTO

El presente plan es una propuesta de Mejoramiento de Procesos aplicando la metodología Six Sigma para la reducción de desperdicios, disminución de producto no conforme, reducción de costos por índices de TDI sobre 125, aumento de la productividad y eficiencia de los procesos productivos en el proceso de elaboración de espuma de Poliuretano.

Para la implementación de las mejoras identificadas se seleccionarán aquellas que no constituyan proyectos de largo plazo, ya que éstas se dejarán para una nueva fase.

2.7 BENEFICIOS DEL PROYECTO

Al mejorar el proceso de elaboración de espuma de poliuretano aplicando la metodología Six sigma los beneficios esperados se detallan a continuación:

- **Mejora de procesos:** El análisis de los defectos por millón de oportunidades y de sus correspondientes valores sigma dará una orientación acerca de cuáles son los procesos que tienen mayores potenciales de mejora; una vez detectado dónde están los potenciales de mejora se pondrá en práctica las herramientas de calidad y capacidades para mejorar estos procesos.
- **Mejora de productos:** Seis Sigma permite establecer un sistema de mejora continua de productos; pero con Seis Sigma se puede ir mucho más allá, pues es un apoyo excelente para el diseño robusto de productos y formulaciones y para una dinámica de simplificación de los mismos. Los ingenieros de diseño para desarrollar sus productos robustos y simplificados necesitan conocer la capacidad de los procesos, con ello pueden reducir los costes de fabricación al tiempo que diseñan productos con menor variabilidad en su proceso de fabricación.
- **Solución de problemas:** Cuando se presenta un problema en un proceso, lo normal es que en primer lugar se acuda a la experiencia anterior para encontrar soluciones o buscar las causas, luego se acude a procedimientos de análisis tipo Ishikawa, Pareto, etc. pero estos métodos no siempre llevan a soluciones óptimas. Seis Sigma aporta una sistemática más precisa y concluyente con la aplicación del diseño de experimentos, la utilización adecuada del análisis de regresión, y otros muchos métodos estadísticos.
- **Necesidades del Nivel de Seis sigma:** Muchas empresas al momento operan procesos que generan nada menos que 35.000 defectos por millón de oportunidades. A pesar de eso, ellas tienen éxito y generan muchas utilidades. Este nivel de desempeño es aproximadamente de 3,3 Sigma. Ahora imaginemos cuánto mayor serían las utilidades

generadas si se estuviese operando con menos defectos por millón de oportunidades o estuviese operando en un nivel Seis Sigma (6 σ) de casi cero defectos.

Al final los beneficios de seis sigma se pueden resumir en los siguientes:

- Optimización de procesos y aumento de la productividad.
- Disminuyen los defectos y el tiempo del ciclo.
- Mejora la satisfacción del cliente interno y final.
- Reducción de costos operativos y mejora la rentabilidad.
- Reducción de Desperdicios del proceso
- Mejora la comunicación y el trabajo en equipo a través de ideas, problemas, éxitos, y fracasos compartidos.
- Y desarrolla un juego común de herramientas y técnicas.

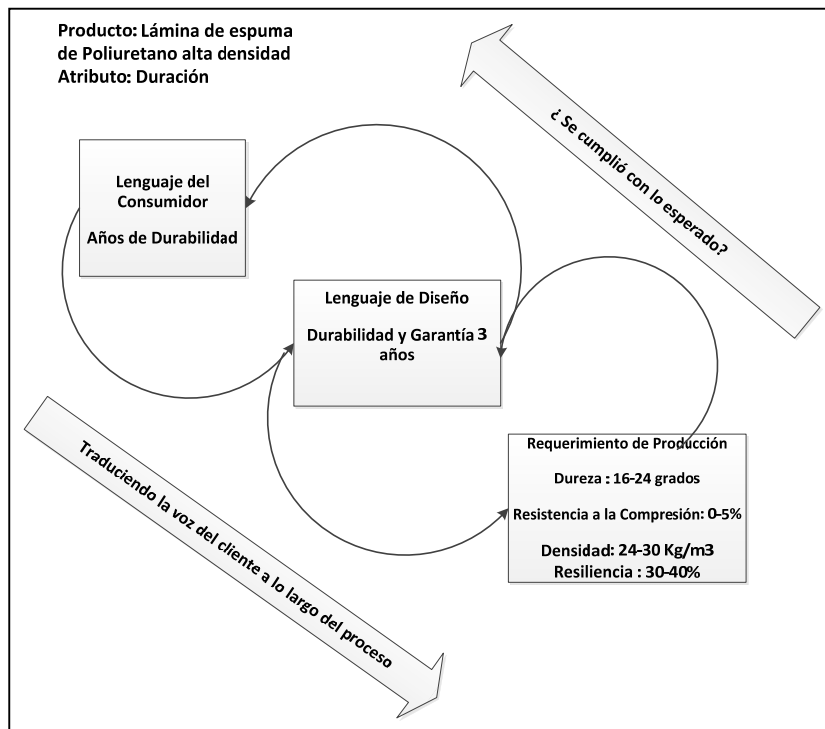
2.8 IDENTIFICACIÓN DE FACTORES CRÍTICOS DE CALIDAD EN EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO

Para la determinación de los factores críticos de la calidad del proceso de elaboración de espuma de poliuretano utilizamos la metodología DFC (Despliegue de la función de calidad)

El enfoque DFC se muestra como una necesidad específica del cliente (en su lenguaje) se traduce a lo largo de las diferentes partes el proceso. A continuación se describe el atributo *durabilidad de espuma de poliuretano* que es una necesidad del cliente interno y externo y en la figura se describe las diferentes partes del proceso, desde el diseño hasta los requerimientos y especificaciones concretas para producción.

A continuación, se aplica el DFC a atributos importantes de la espuma de Poliuretano: Duración de la Espuma de Poliuretano y Olor de la Espuma de Poliuretano.

Gráfico No. 11 Despliegue de la voz del cliente desde el diseño de la espuma de Poliuretano, atributo duración

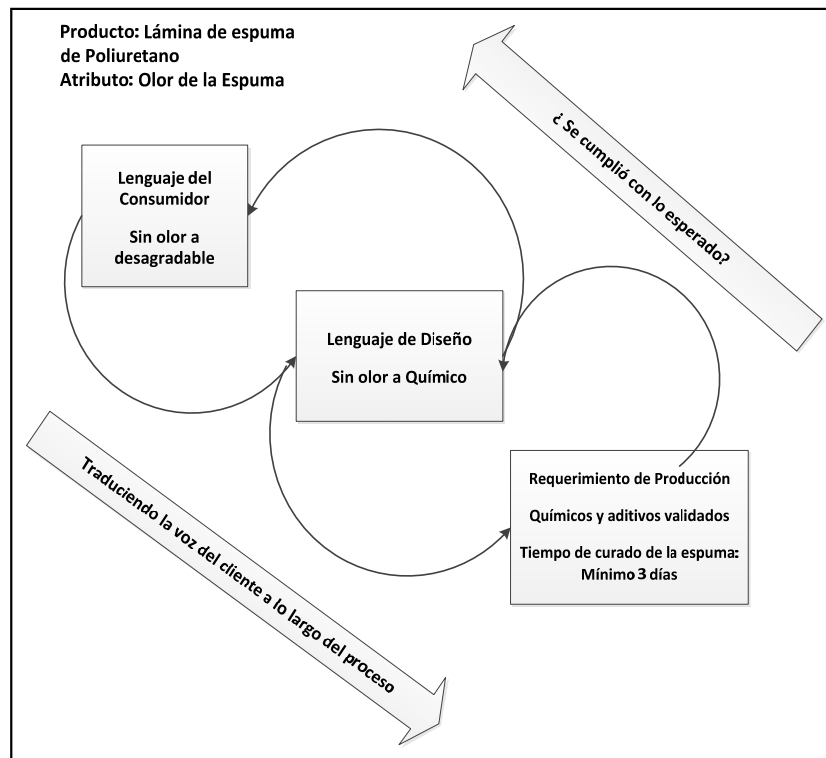


Fuente: Informe gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León, Dorian Salazar

Para el cliente una variable importante es la Durabilidad de la espuma de Poliuretano y se traduce en años, el DFC traduce la voz del cliente primero en atributo de diseño como son la durabilidad de la espuma mínimo 3 años y para satisfacer este requerimiento finalmente se lleva a especificaciones de producción como son el cumplimiento de las variables físicas como: Dureza, compresión, densidad, Índice de isocianato, este último se aplica la herramienta de diseño de experimentos para determinar la formulación ideal, es decir que los bloques de espuma de poliuretano cilíndricos tengan un índice entre 105-125.

Otra variable importante es el olor de la espuma que el cliente la considera como atributo importante ya que existen algunos reclamos por olores fuertes, la metodología DFC traduce la voz del cliente a lo largo del proceso:

Gráfico No. 12 Despliegue de la voz del cliente desde el diseño de la espuma de Poliuretano, Atributo Olor de la Espuma



Fuente: Informe gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León, Dorian Salazar

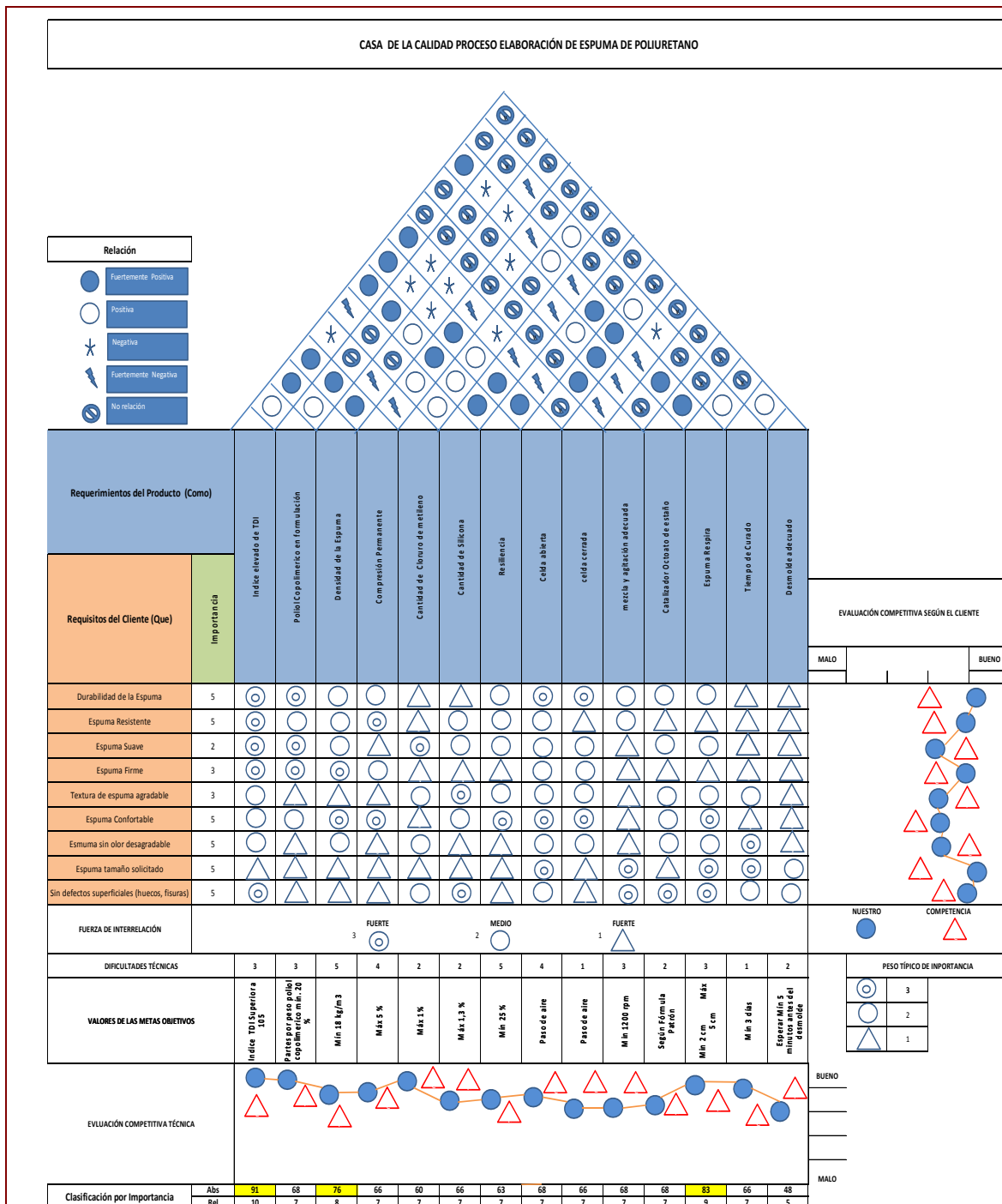
Al existir reclamos del olor del producto regresa al proceso de elaboración de espuma de poliuretano, se verifica el tiempo de curado (mínimo 3 días antes de pasar al proceso de corte), luego se verifica si existieron cambios en las formulaciones y si se validaron los químicos y aditivos antes de su uso, la cantidad de reclamos por olor del cliente final son mínimas (0.001 % de 528000, es decir 5 colchones reclamos por mal olor. Fuente: Satisfacción del cliente-Servicio al Cliente).

Al aplicar un DFC al olor de la espuma de Poliuretano, el cliente desea una espuma sin olores desagradables o censurables, en el diseño es elaborar una espuma sin olor y las especificaciones de producción son la validación y aprobación de las especificaciones de aditivos que son los que podrían generar olores desagradables y el tiempo de curado de la espuma que consiste en ventilar los bloques de espuma mínimo días antes del proceso de corte y el ensamblado de colchones y su posterior entrega al cliente.

Para el control del atributo del olor de la espuma se utilizará la herramienta AMEF (Análisis de Causa y Fallos), esta es una herramienta preventiva para el caso que exista reclamos de clientes por mal olor en los colchones, actualmente no existen reclamos formales por mal olor, pero si existen reclamos que están en menos del 1 %.

Otra Herramienta importante para determinar las necesidades del cliente es la *Casa de la calidad* (herramienta que ayuda a relacionar los requerimientos del cliente con las formas en que se puede satisfacer sus necesidades) para el proceso de elaboración de espuma de poliuretano.

Gráfico No. 13 Casa de la Calidad variables importantes para determinar la calidad de la Espuma de Poliuretano



Fuente: Informe gerencial Espuma de Poliuretano
 Elaborado por: Merci León, Dorian Salazar

La casa de la calidad relaciona los requisitos del cliente (Que's) con los requisitos del Producto (Como's) y los califica por su relación fuerte, media y débil, y además permite ponderar las

especificaciones técnicas del producto para las diferentes variables físicas, y compara estos atributos con los de la competencia.

Como se observa en la clasificación de importancia de la casa de la calidad para el proceso de elaboración de espuma de Poliuretano el índice de TDI, la densidad de la espuma y el respirado de la espuma son las variables de mayor importancia para cumplir con los *Que* requerimientos del cliente.

2.9 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS FINANCIEROS, PRODUCCIÓN, PRODUCTIVIDAD, DESPERDICIOS, INVENTARIOS, PRODUCTO NO CONFORME

Los objetivos del proceso de elaboración de espuma de Poliuretano se miden a través de los diferentes indicadores de desempeño de proceso correspondientes al Servicio, la Producción, la Productividad, Producto no conforme, porcentaje de desperdicios e inventarios.

Los indicadores de gestión de calidad del proceso de elaboración de espuma de poliuretano se obtienen de la reunión de planificación estratégica anual, en dónde se revisan y analizan los indicadores del año anterior y se fijan las metas y crecimiento para cada año, al igual que las acciones correctivas y preventivas a seguir cuando no se alcanzan los resultados planificados.

A continuación se describe la forma de medición de estos indicadores de desempeño que constituyen los objetivos anuales de evaluación del proceso:

- **Indicador de Servicio:** En este indicador de desempeño se mide el cumplimiento de entrega de láminas del proceso de Espuma de Poliuretano hacia los procesos de ensamblado, proceso de elaboración de muebles y la entrega de laminados al proceso de elaboración de forros, además la entrega de bloques de espuma de poliuretano a la planta de Guayaquil.

El cumplimiento de entrega de los productos de espuma (láminas, laminados, y bloques de espuma) se mide en forma mensual mediante la siguiente fórmula de cálculo:

$$\% \text{ Cumplimiento de entrega} = \frac{\text{Productos entregados}}{\text{Productos Requeridas}} * 100$$

La meta de este indicador de cumplimiento es de mínimo 96 % referente a la entrega de los productos a los diferentes procesos internos.

Actualmente solo se mide en el indicador de servicio el cumplimiento pero no se mide la satisfacción del cliente interno. La calidad seis sigma pretende proporcionar satisfacción

total y satisfacer plenamente las necesidades de los clientes (internos y externos). En los procesos Six Sigma busca la mejora y la reducción de los defectos que proporcionan no sólo satisfacción de los clientes externos, sino también mejoras en la eficiencia interna. En este contexto se va a implementar una metodología para medir la satisfacción del cliente interno mediante utilización de encuestas y siguiendo el modelo QFD (Despliegue de la función de calidad). Un proyecto Six Sigma debe reflejar la perspectiva del cliente, y esto se hace estableciendo métricas de calidad que reflejan la voz del cliente.

- **Indicador de producción:** En este indicador de desempeño se mide la producción de bloques de espuma de poliuretano rectangulares y cilíndricos y la producción de laminados (bloques cilíndricos cortados en una máquina que se denomina piller). La producción se mide con una frecuencia mensual y se compara la meta que es el promedio de producción del año 2011 con el promedio mensual del año 2012, esta variación debe ser mayor o igual al 5 % y se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Variación 2012 vs Meta (2011)} = \frac{(\text{Promedio producción mensual 2012} - \text{Meta})}{\text{Meta}} * 100$$

Esta información nos da la tendencia de producción y como varia mes a mes de acuerdo a la demanda de colchones.

- **Indicador de Inventarios:** En el proceso de elaboración de espuma de poliuretano (bloques y Láminas de espuma) los productos de acuerdo a la demanda tienen tres días de stock de seguridad para cubrir la demanda requerida a los procesos internos. Como proyecto Six Sigma se realizará un análisis del stock máximo y mínimo y el stock ideal que se debería tener.

Luego de este análisis se fijaran las metas de la cantidad ideal de bloques de espuma y láminas a tener cada mes en el inventario mensual y la reducción de costo de inventario o ahorro que podemos lograr con esta medición.

- **Indicador de Productividad:** En este indicador de desempeño se mide la productividad de los bloques de espuma de poliuretano rectangulares y cilíndricos y la productividad de laminados.

La productividad se mide con una frecuencia mensual y se compara con la variación del promedio mensual del año 2012 con la meta (2011) mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Variación 2012 vs Meta (2011)} = \frac{(\text{Promedio productividad mensual 2012} - \text{Meta})}{\text{Meta}} * 100$$

La productividad mensual de los productos de espuma de poliuretano se mide mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{unidades producidas al mes}}{\text{número de personas}}$$

Este indicador es muy importante ya que mide la eficiencia y eficacia del proceso, con el proyecto seis sigma se pretende obtener mejoras que nos permitan llegar a las metas de productividad, reducir horas extras y optimizar los recursos.

La variación de productividad 2012 vs 2011 debe ser mayor o igual al 5 %.

- **Indicador de calidad:** En este indicador de desempeño se mide la calidad de los productos de espuma de poliuretano, y el porcentaje de desperdicio de espuma de poliuretano proveniente de los diferentes procesos internos.

En relación a la calidad de los productos se identifican el porcentaje de defectos, el número de defectos o productos no conformes y que se expresa con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ defectos} = \frac{\text{unidades de productos defectuosas en el mes}}{\text{producción mensual}}$$

La meta es obtener un porcentaje de productos defectuosos inferior al 0.10 %.

- **Indicador de desperdicio de espuma:** El indicador clave del proceso de elaboración de espuma de poliuretano es el porcentaje de desperdicios y en dónde se concentran oportunidades de optimización (mejora y reducción) que aportarán ahorros económicos importantes a la organización.

El indicador de desempeño de calidad se mide mensualmente mediante el porcentaje de productos defectuosos mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Desperdicio de Espuma} = \frac{\text{kg de espuma desperdiciada}}{\text{Kg de espuma producidas}} * 100$$

El desperdicio de espuma de poliuretano proviene del proceso de corte vertical de bloques rectangulares (el bloque antes de pasar a la máquina de carrusel para ser cortado en láminas de espesor requerido es igualado en los 4 lados, y luego se retira la capa superior (pellejo) y la capa inferior del bloque (pellejo) hasta que el bloque cumpla especificaciones dimensionales y de estética.

En cuanto a los bloques cilíndricos, el desperdicio proviene del laminado (corte en una máquina piller) dónde se pela el bloque y se elimina la piel o cáscara inicial que es dura (desperdicio), este proceso se realiza hasta que el bloque no presente huecos o restos de cáscara. Este producto (producto sin defectos o cáscara) posteriormente se entrega al proceso de elaboración de forros, en dónde se acolcha las tapas (tela más espuma) y se corta las mismas de acuerdo a la medida necesaria del colchón, el material remanente producto del corte de espuma regresa a la sección de espuma de poliuretano como desperdicio.

El resto del desperdicio proviene del proceso de ensamblado, y tapicería de material remanente propio del proceso de ensamblado o armado de muebles.

El indicador de desperdicio de espuma debe estar en valores inferiores al 11,75%

En la tabla No. 9 se presenta un resumen de las metas trazadas por el proyecto Six Sigma referente a los indicadores de gestión y medición del proceso de elaboración de Espuma de Poliuretano

Tabla No. 9 Indicadores del Proceso de Elaboración de Espuma de Poliuretano

INDICADORES DEL PROCESO POLIURETANO			
Indicador de desempeño	Unidad	Meta (Promedio Mensual)	Meta (Proyecto Seis Sigma)
1. SERVICIO			
Cumplimiento Guayaquil	%	≥ 96	≥ 96
Cumplimiento a Forros	%	≥ 96	≥ 96
Cumplimiento a Ensamblado	%	≥ 96	≥ 96
Cumplimiento a Muebles	%	≥ 96	≥ 96
2. PRODUCCIÓN			
Producción mensual rectangulares	und.	≥ 1440	≥ 1440
Producción mensual cilindros	und.	≥ 1350	≥ 1350
Producción mensual laminados	und.	≥ 2790	≥ 2790
3. PRODUCTIVIDAD			
Personal	#	20	-
Horas Extras (total área)	%	15	-
Productividad mensual espuma	unid/h	≥ 140	≥ 140
Productividad mensual laminados	unid/h	≥ 130	≥ 130
4. CALIDAD			
Defectos	%	≤ 0,10	≥ 0,10
Producto No Conforme	und.(anual)	≤ 3,00	≤ 3,00
Desperdicio de espuma	%	≤ 11,75	≤ 11,75
5. Inventarios			
Bloques de Espuma Cilindros	und	En medición	En medición
Bloques de Espuma Rectangulares	und	En medición	En medición

Fuente: Informe gerencial Espuma de Poliuretano

Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

2.10 DEFINICIÓN DEL MARCO DEL PROYECTO SEIS SIGMA

En la tabla No. 10 se describe el Marco de Proyecto seis sigma que se basa en la mejora de 5 aspectos importantes: Satisfacción del cliente, Productividad, Producto no conforme, Desperdicios, y sigma del proceso.

Tabla No. 10 Definición del Marco del Proyecto Seis Sigma

MARCO DEL PROYECTO SEIS SIGMA ESPUMA DE POLIURETANO FECHA: Junio 2012
<p>Título/propósito:</p> <ul style="list-style-type: none"> • (Satisfacción del Cliente): Mejoramiento de la Satisfacción del cliente interno en el proceso de elaboración espuma de poliuretano • (Productividad): Mejoramiento de la Productividad del proceso de elaboración de bloques de espuma de poliuretano (rectangulares y cilíndricos) • (Producto no conforme): Disminución del Bloques de Espuma de Poliuretano no conforme • (% Desperdicio): Disminución del porcentaje de desperdicio de espuma de Poliuretano • (Sigma del Proceso): Aumentar la calidad sigma del proceso de elaboración de espuma de poliuretano
<p>Necesidades del negocio a ser atendidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • (Satisfacción del Cliente): Actualmente solo se mide el cumplimiento en la entrega de los productos (láminas y laminados). Con este proyecto Six Sigma se determinará por medio de una encuesta mensual la satisfacción del cliente, incorporando términos de calidad, dimensión requerida y la entrega oportuna de bloques de espuma, láminas y laminados. • (Productividad): La productividad del proceso de poliuretanos está en valores cercanos a la meta, es importante reducir el porcentaje de horas extras optimizando el proceso de elaboración de espuma de poliuretano haciéndolo un proceso más eficiente. • (Producto no conforme): Mejorar el proceso de formulación de aditivos para evitar errores de medición y disminuir el porcentaje de producto no conforme. • (% Desperdicio): revisión y optimización de los procesos de elaboración de espuma de poliuretano, así como el proceso de corte para reducir el porcentaje de desperdicios en cada uno de los procesos. • (Sigma del Proceso): Aumentar la calidad sigma del proceso de elaboración de espuma de poliuretano utilizando la metodología y herramientas de calidad Six Sigma.
<p>Declaración del problema:</p> <ul style="list-style-type: none"> • (Satisfacción del Cliente): Actualmente existen reclamos no formales en cuanto a la entrega de láminas de espuma para el proceso de ensamblado, además de problemas de calidad y tiempo de curado de las espumas, por lo que la medición de la satisfacción del cliente interno es importante para la retroalimentación y mejoramiento continuo del proceso. • (Productividad): La productividad en el proceso de elaboración de bloques de espuma de poliuretano es de 140 unidades para bloques rectangulares y de 130 unidades para bloques cilíndricos, se espera cumplir con esta productividad mensual para lograr los objetivos de la empresa de crecer un 5% respecto al año 2011. • (Producto no conforme): El porcentaje de producto no conforme en el año 2011 fue del 0.101%, con costos de producto no conforme de USD 12.000, hasta el mes de Junio 2012 el porcentaje de producto no conforme se encuentra en el 0.120 % con USD 8000 de pérdidas. • (% Desperdicio): El porcentaje de desperdicio de espuma en el año 2011 fue del 11,75 %, en el primer semestre del 2012 el porcentaje de desperdicio es del 12,08 % lo que representa USD 16.000, el costo del desperdicio. • (Sigma del Proceso): Actualmente la calidad sigma del proceso de elaboración de espuma de poliuretano es de 4,5 es decir 1.229 defectos por millón de oportunidades. La calidad 6 σ representa 3,4 defectos por millón de oportunidades.
<p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • (Satisfacción del Cliente): Obtener un porcentaje de satisfacción del cliente interno superior al 90% hasta Diciembre 2012. • (Productividad): Aumentar los valores de productividad en > 140 unidades para bloques rectangulares y > 130 unidades para bloques cilíndricos. Disminuir el porcentaje de horas extras del proceso de poliuretanos a < 15 % • (Producto no conforme): Obtener valores inferiores a 0.10 % de producto no conforme en el proceso de elaboración de espuma de poliuretano. • (% Desperdicio): Reducir el porcentaje de desperdicio del proceso de elaboración de espuma de poliuretano a valores inferiores del 11,75%. • (Sigma del Proceso): Incrementar el valor sigma del proceso de elaboración de espuma de poliuretano de 4,5 a 4,7, reduciendo los defectos de 1.229 a 790 defectos por millón de oportunidades hasta diciembre 2012

<p>Alcance:</p> <ul style="list-style-type: none"> • (Satisfacción del Cliente): Esta medición de satisfacción se realizará a los diferentes clientes internos: proceso de ensamblado, proceso de elaboración de forros, proceso de corte, proceso de tapicería y planta de Guayaquil. • (Productividad): Medición de la productividad mensual y anual del proceso de fabricación de espuma de poliuretano del año 2012 en bloques rectangulares y bloques cilíndricos. • (Producto no conforme): Medición del porcentaje de productos no conformes del proceso de elaboración de espuma de poliuretano (bloques de espuma rectangular y cilíndrica) en el año 2012. • (% Desperdicio): Medición del porcentaje de desperdicios de espuma de poliuretano de la planta de Quito del año 2012. • (Sigma del Proceso): Medición y mejora de la calidad sigma del proceso de poliuretanos en el año 2012.
<p>Roles y responsabilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • (Satisfacción del Cliente): Rol: Elaborar y tabular los resultados mensuales de la encuesta de satisfacción del cliente (responsable: Maestranter/Jefe de Espuma de Poliuretano). Rol: Tomar acciones correctivas si no se cumplen los resultados esperados (responsable: Jefe de Espuma de Poliuretano) • (Productividad): Rol: monitorear y analizar los resultados diarios y mensuales de la productividad del proceso de elaboración de espuma de poliuretano (responsable: Jefe de Espuma de Poliuretano). Rol: Tomar acciones correctivas si no se cumplen los resultados esperados (responsable: Jefe de Espuma de Poliuretano), Rol: seguimiento y medición de los resultados diarios y mensuales de la productividad del proceso de elaboración de espuma de poliuretano (responsable: Asistente técnico). • (Producto no conforme): Rol: Monitorear y analizar los resultados diarios y mensuales de la producción del proceso de elaboración de espuma de poliuretano (responsable: Jefe de Espuma de Poliuretano). Rol: Análisis de causa del producto no conforme y las acciones correctivas implementadas en el proceso (responsable: Jefe de Espuma de Poliuretano), Rol: Tomar acciones correctivas si no se cumplen los resultados esperados (responsable: Jefe de Espuma de Poliuretano), Rol: seguimiento y medición de los resultados diarios y mensuales de los productos no conformes en el proceso de elaboración de espuma de poliuretano (responsable: Asistente técnico). • (% Desperdicio): Rol: Monitorear y analizar los resultados diarios y mensuales del desperdicio generado en el proceso de elaboración de espuma de poliuretano (responsable: Jefe de Espuma de Poliuretano, Asistente Técnico). Rol: Análisis de causa del desperdicio de espuma de poliuretano y las acciones correctivas implementadas en el proceso (responsable: Jefe de Espuma de Poliuretano). Rol: Tomar acciones correctivas si no se cumplen los resultados esperados (responsable: Jefe de Espuma de Poliuretano). Rol: Seguimiento y medición de los resultados diarios y mensuales del desperdicio generado en el proceso de elaboración de espuma de poliuretano (responsable: Asistente técnico). • (Sigma del Proceso): Rol: Monitorear y analizar los resultados mensuales de la calidad sigma del proceso de elaboración de espuma de Poliuretano (responsable: Jefe de Espuma de Poliuretano). Rol: Analizar y realizar mejoras al proceso de elaboración de espuma de Poliuretano para aumentar la calidad sigma (responsable: Jefe de Espuma de Poliuretano). Rol: Tomar acciones correctivas si no se cumplen los resultados esperados (responsable: Jefe de Espuma de Poliuretano, Asistente técnico). Rol: Seguimiento y medición de los resultados mensuales de la calidad sigma en el proceso de elaboración de espuma de poliuretano (responsable: Jefe de Poliuretanos, Asistente técnico).
<p>Clientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • (Satisfacción del Cliente): Proceso de Ensamblado, Proceso de Elaboración de forros, proceso de corte, proceso de elaboración de muebles y proceso de Guayaquil. • (Productividad): Proceso de corte de bloques rectangulares y laminado de bloques. • (Producto no conforme): Proceso de Elaboración de Forros, Proceso de Ensamblado, Proceso de Muebles. • (% Desperdicio): Proceso internos de Chaide y Chaide (Forros, Laminado, Corte, Planta Guayaquil). • (Sigma del Proceso): Proceso internos de Chaide y Chaide (Forros, Laminado, Corte, Ensamblado, Muebles)
<p>Patrocinador: Gerente de Planta, Jefe de Producción.</p>
<p>Equipo: Jefe de Espuma Poliuretano (líder), Asistente Técnico (Seguimiento y medición); Asistente (calidad); Asistente Coordinador (logística), Personal operativo (Personal de Piso)</p>

Recursos:

- **(Satisfacción del Cliente):** Sistema ERP-SAP, formato de encuestas de satisfacción del cliente, formato de reclamos, formato de producto no conforme.
- **(Productividad):** Sistema ERP-SAP, notificaciones de bloques producidos, registro de la producción diaria, formato OEE (Eficiencia, Calidad y Disponibilidad), indicadores del proceso productivo, tiempos de paros (mantenimiento).
- **(Producto no conforme):** Sistema ERP-SAP, Indicadores del proceso productivo, formato de producto no conforme.
- **(% Desperdicio):** Sistema ERP-SAP, Indicadores del proceso productivo, formato de producto no conforme, Indicadores de medición del desperdicio por máquina, indicadores de medición del desperdicio de los procesos de ensamblado, corte, forros y tapicería.
- **(Sigma del Proceso):** Indicadores del proceso productivo, Medición de Sigma del Proceso, Indicadores de medición de la capacidad del proceso.

Métricas:

- **(Satisfacción del Cliente):** Cumplimiento mensual de entrega a procesos internos, % de quejas internas por retrasos, % de quejas internas por calidad o dimensiones.
- **(Productividad):** Bloques producidos por hora, bloques mensuales de espuma producidos por persona, laminados mensuales de espuma producidos por persona, laminas mensuales de espuma producidas por persona.
- **(Producto no conforme):** bloques no conformes / bloques producidos en porcentaje (mensual)
- **(% Desperdicio):** kg de espuma de desperdicio de los procesos internos/ kg de espuma producida en porcentaje y con una frecuencia mensual.
- **Índices de Capacidad del Proceso (Cp, Cpk, Cpm)**
- **(Sigma del Proceso):** Sigma del proceso de elaboración de poliuretano, DPMO, Capacidad del Proceso = $(TS-TI)/6\sigma$.

Fecha de inicio del proyecto: Junio 2012

Fecha planeada para finalizar el proyecto: Noviembre 2012

Entregables del proyecto:

- **(Satisfacción del Cliente):** Proceso modificado y documentado, porcentaje de entregas de producto mensual sobre el 99%. Disminución de quejas internas por retrasos, Satisfacción del cliente interno mínimo el 90% de satisfacción.
- **(Productividad):** Proceso modificado y documentado, mejorar la productividad de la sección con valores menores a la meta, disminuir el porcentaje de horas extras en un 5% con respecto a la meta.
- **(Producto no conforme):** Proceso modificado y documentado, reducción del porcentaje de producto no conforme en valores inferiores a 0.10%. Disminuir los costos por producto no conforme con un ahorro de 4.000 usd/año.
- Reducir la cantidad de Laminado Tipo C cambiándolo a laminado tipo A con un ahorro proyectado de 250.000 usd/año
- **(% Desperdicio):** Proceso modificado y documentado, reducción del porcentaje de desperdicio en valores inferiores a 11,75%. Disminuir los costos de desperdicio en un 36%, equivalente a 20.000 usd/año.
- **(Sigma del Proceso):** Proceso modificado y documentado, Aumento de la capacidad sigma del proceso de 4,5 a 4,7, y reducción de los defectos de 149 a 75 defectos por millón de oportunidades, lo que representa un ahorro de 8.000 usd/año.
- **(Reducción Índice de TDI):** Proceso modificado y documentado, optimización de las formulaciones de los bloques cilíndricos, y reducción del índice de isocianato con ahorros proyectados de 66.514 usd/año.

Fuente: Informe Gerencial de Espuma de Poliuretano,

Elaborado por: Merci León –Dorian Salazar

3 FASE DE MEDICIÓN

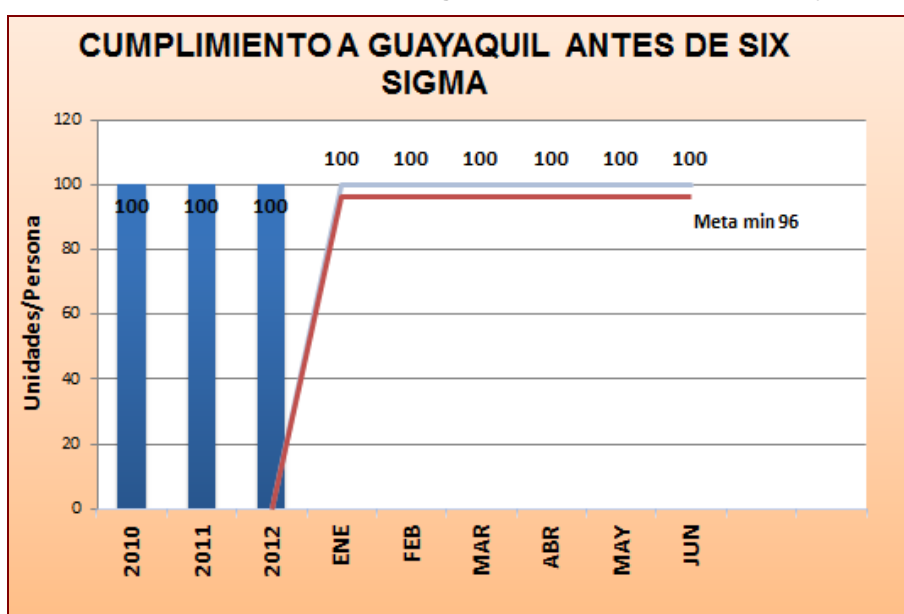
En este capítulo se detalla la medición de cada uno de los objetivos establecidos en el proyecto Six Sigma entre los que se encuentran: Indicador de Servicio, Satisfacción del cliente interno, Producción de bloques, láminas y Laminados de espuma; Productividad del proceso productivo, Calidad (producto no conforme o defectuoso, y el cálculo del sigma del proceso).

3.1 INDICADOR DE SERVICIO

En este indicador de desempeño se mide el cumplimiento en la entrega de los productos de espuma (bloques de espuma, láminas de espuma, laminados) a los diferentes procesos. Esta información se obtiene del sistema ERP-SAP y mide las entregas físicas del producto y las notificaciones en el sistema informático con una meta de cumplimiento del 96%.

En los gráficos a continuación se expresa el cumplimiento del proceso de espuma a los diferentes procesos internos:

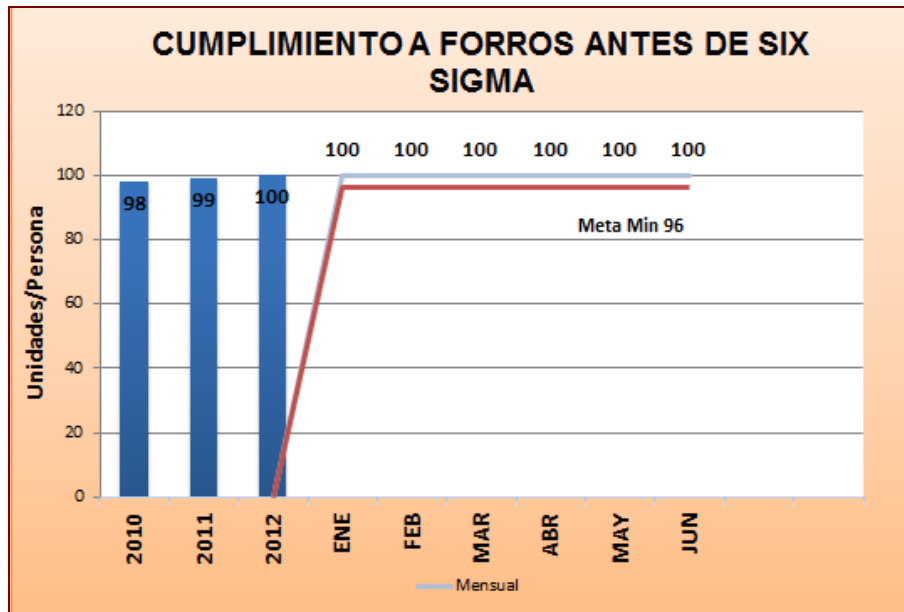
Gráfico No. 14 Cumplimiento Entrega de Espuma a la Planta de Guayaquil



Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

Como se observa en la Gráfica el cumplimiento de entrega de bloques de espuma a la planta de Guayaquil es normal y se encuentra en el 100% de cumplimiento.

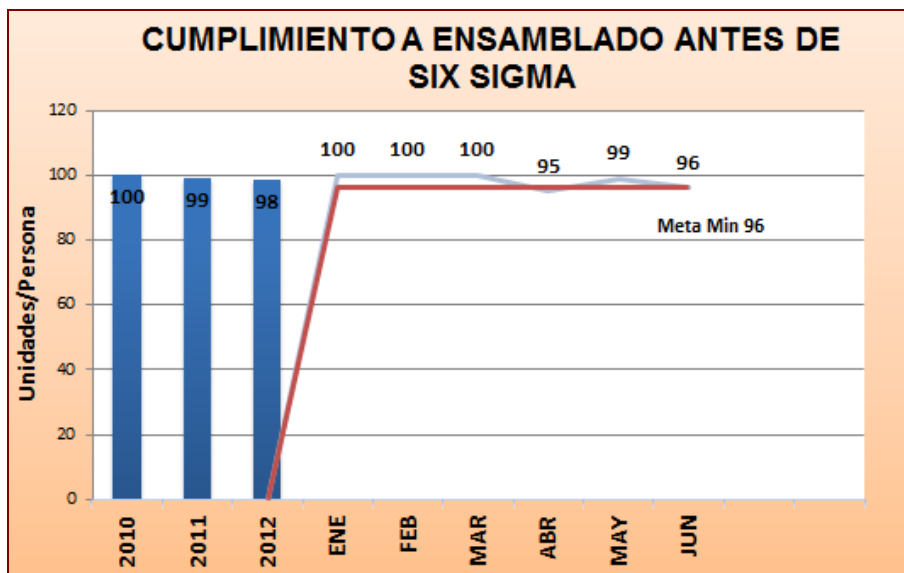
Gráfico No. 15 Cumplimiento Entrega de Espuma al Proceso de Forros



Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

En el gráfico No. 15 el cumplimiento de entrega de laminados de espuma al proceso de forros es constante y valores de cumplimiento del 100%.

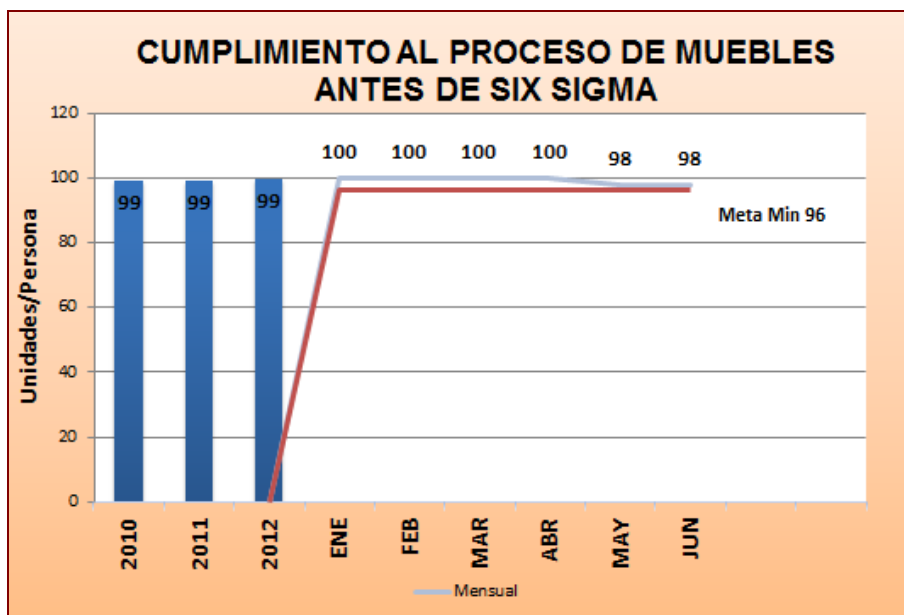
Gráfico No. 16 Cumplimiento Entrega de Espuma al Proceso de Ensamblado



Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

En el gráfico No. 16 el cumplimiento de entrega de láminas de espuma al proceso de ensamblado ha tenido un descenso en los últimos 3 meses Abril, Mayo y Junio pero en general el objetivo es mayor a al 96%.

Gráfico No. 17 Cumplimiento Entrega de Espuma al Proceso de Muebles



Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

Como se observa en los gráficos anteriores el promedio del año 2012 el nivel de cumplimiento a los diferentes procesos internos están en valores sobre el 96%. Es decir el cumplimiento es satisfactorio a los procesos internos, sin embargo la filosofía Six Sigma se enfoca en la perfección y se debe considerar cambiar la meta de 96% a valores muy cercanos a 100%.

En este proyecto se incorpora la herramienta de medición de satisfacción del cliente interno traduciendo la voz del cliente interno al cumplimiento de las variables críticas del proceso de elaboración de espuma de poliuretano.

Se elaboró un formato de medición de la satisfacción del cliente interno, que será explicado en detalle más adelante, así como la forma de muestreo, tabulación y análisis de la información.

3.2 MEDICIÓN DE LA SATISFACCIÓN DEL CLIENTE

Para determinar la satisfacción del cliente interno (procesos: forros, ensamblado, muebles y planta de Guayaquil) luego de determinar los factores críticos de la calidad del proceso de elaboración de espuma de poliuretano utilizando la metodología DFC (Despliegue de la función de calidad) se elaboró un formato encuesta para determinar los requisitos del cliente interno, y traducir su voz a lo largo del proceso productivo, el cual se incluye en el Anexo 4.

3.2.1 Resultados de la Medición de Cliente Interno

La medición de los resultados de satisfacción del cliente interno se basa en tres aspectos fundamentales:

- **La calidad del producto:** Se preguntó si los productos cumplen con las características dimensionales, uniformidad, si no presentan defectos como huecos o fisuras, si cumplen con el tiempo de curado y características de calidad de la espuma como: densidad, elasticidad y la dureza o suavidad requerida.
- **El tiempo de entrega:** Se preguntó la satisfacción con el tiempo de entrega, la velocidad en atender las reparaciones y si se cumplen las prioridades (cumplimiento diario de láminas o laminados de espuma en un orden determinado de acuerdo a las necesidades de ensamblado).
- **La calidad de servicio:** aquí se pregunta si la atención o respuesta de los montacarguistas cubrió las expectativas, la respuestas ante dudas acerca de nuestros productos cubrió sus expectativas, y si el personal cuenta con la capacitación adecuada en temas de trato amable con los diferentes procesos internos.

La metodología utilizada para la encuesta de satisfacción del cliente interno es el muestreo aplicando la norma MILITARY ESTÁNDAR 105 D, los procesos internos clientes son 4 (Proceso de Ensamblado, Proceso de Forros, Proceso de Tapicería, y Planta de Espuma Guayaquil); en total suman 154 personas que trabajan en estos procesos, se escogió de la tabla del Anexo No. 25 el tamaño del lote de 151-280 y con un nivel General II (normal) con una letra clave G, esta letra clave nos da un nivel a muestrear de 32 personas, se determinó una muestra de 10 encuestas por cada proceso en total se muestrearon a 40 colaboradores.

Estas encuestas se aplicaron a los diferentes clientes internos del proceso de elaboración de espuma de poliuretano, se aplicaron 10 encuestas por cada proceso que fueron llenadas por el jefe líder de cada uno de los procesos y el personal operativo responsable de la recepción de productos (2 asistentes y 7 operarios alimentadores), los resultados se indican en la tabla No. 11 a continuación:

Tabla No. 11 Medición Satisfacción del Cliente Interno (Septiembre 2012)

Parámetro de Satisfacción	Clientes Internos								Total Encuestas	Porcentaje de Satisfacción Cliente	Ponderación	% Satisfacción Global
	Forros		Ensamblado		Muebles		P. Guayaquil					
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%				
Calidad												
Muy Satisfactorio	1	3%	1	3%	1	3%	2	5%	5	68%	40%	27%
Satisfactorio	2	5%	2	5%	2	5%	3	8%	9			
Bueno	3	8%	2	5%	4	10%	4	10%	13			
Regular	2	5%	2	5%	1	3%	1	3%	6			
Malo	2	5%	3	8%	2	5%	0	0%	7			
Tiempo de Entrega												
Muy Satisfactorio	2	5%	1	3%	2	5%	1	3%	6	68%	40%	27%
Satisfactorio	1	3%	1	3%	3	8%	3	8%	8			
Bueno	3	8%	3	8%	2	5%	5	13%	13			
Regular	2	5%	3	8%	1	3%	1	3%	7			
Malo	2	5%	2	5%	2	5%	0	0%	6			
SERVICIO												
Muy Satisfactorio	0	0%	0	0%	1	3%	2	5%	3	55%	20%	11%
Satisfactorio	2	5%	2	5%	2	5%	3	8%	9			
Bueno	3	8%	2	5%	2	5%	3	8%	10			
Regular	2	5%	3	8%	2	5%	2	5%	9			
Malo	3	8%	3	8%	3	8%	0	0%	9			
Número de Encuestas: 40										Satisfacción Cliente Interno		65%

Fuente: Encuesta de Satisfacción del cliente interno (Septiembre 2012)

Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

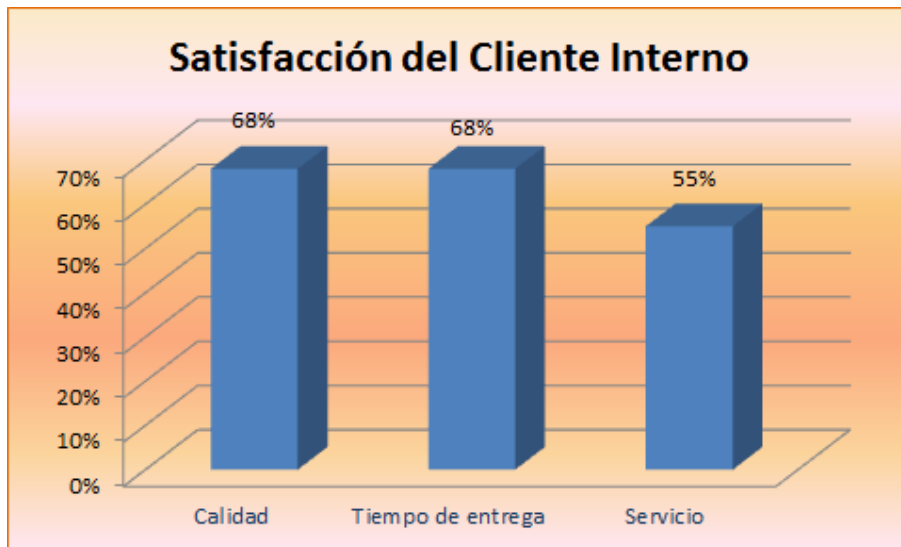
Para la medición de la satisfacción global del cliente interno se suman los porcentajes de satisfacción de los niveles: Muy Satisfactorio, Satisfactorio y Bueno; este porcentaje se multiplica por el factor de ponderación que corresponde a un 40% para el Parámetro de Calidad, el 30% para el Parámetro tiempo de entrega y 30% para la calidad en el Servicio.

La suma del producto de cada uno de los parámetros multiplicado por la ponderación nos da el resultado global de satisfacción del cliente y cuyo objetivo es el 90%.

En el gráfico No. 18 se indica la satisfacción global del cliente interno y cuyo valor es el 65 % de satisfacción.

En el próximo capítulo se analizarán los resultados individuales de cada uno de los procesos internos.

Gráfico No. 18 Satisfacción del cliente Interno

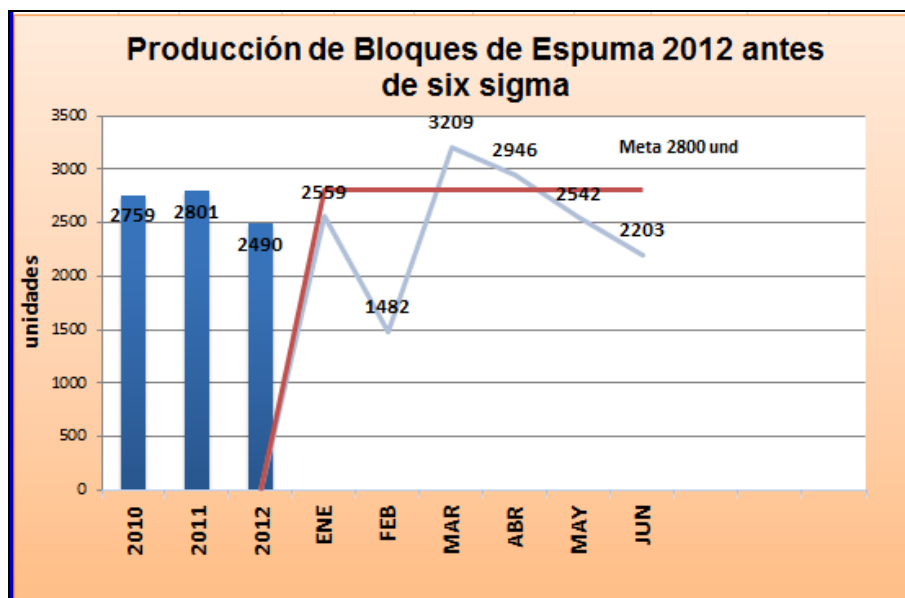


Fuente: Encuesta de Satisfacción del cliente interno
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

3.3 INDICADOR DE PRODUCCIÓN

Con este indicador se mide la producción de bloques de espuma rectangulares y cilíndricos y la producción de laminados de espuma, la meta a cumplir es un incremento en la producción del año 2011 (2800 und) como promedio mensual. A continuación se expresa en el gráfico No. 18, la producción de bloques de espuma.

Gráfico No. 19 Producción Promedia Mensual de Bloques de Espuma 2012



Fuente: Informe Gerencial Espuma 2012
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

En el gráfico No. 19 se muestra la producción promedio mensual de bloques de espuma de poliuretano y su crecimiento del año 2011 con respecto al año 2010 en un 1,52%, y se aprecia en

el año 2012 un promedio mensual de producción de 2.490 unidades. Como se puede observar en la gráfica la producción mensual en el año 2012 tiene su producción más baja en el mes de Febrero (1.482 und.) y la más alta en el mes de Marzo (3.209 und), esta fluctuación se debe a la demanda de colchones, históricamente el mes de Febrero es el más bajo y los meses de Marzo, Abril son los más altos (previo a la temporada del día de la madre).

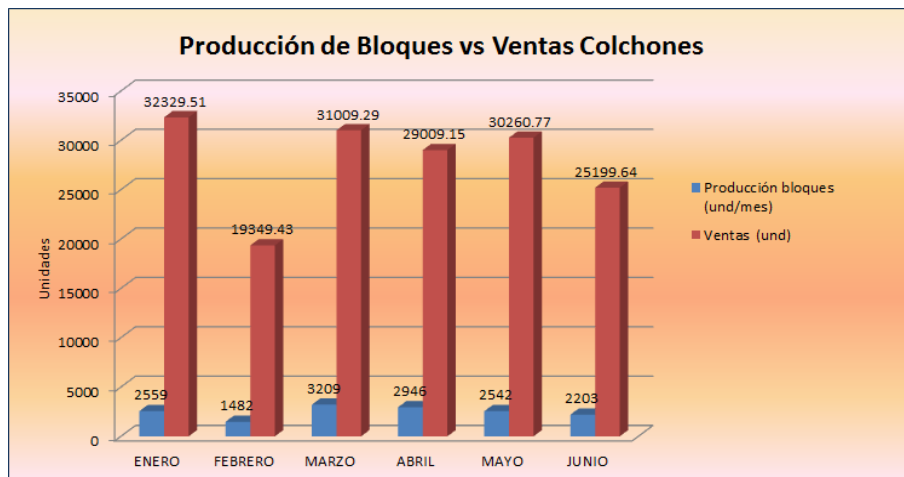
Este indicador (producción mensual de bloques de espuma) tiene una relación directamente proporcional con la venta de colchones como se muestra en la tabla No. 12 a continuación:

Tabla No. 12 Relación Bloques de Espuma y Laminados vs ventas reales de colchones

Relación de Bloques Espuma y Laminados vs la ventas reales						
Mes	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Producción Laminados (und/mes)	2356	1406	3388	3110	2687	2354
Producción bloques (und/mes)	2559	1482	3209	2946	2542	2203
Ventas (und)	32329,51	19349,43	31009,29	29009,15	30260,77	25199,64

Fuente: Informe Gerencial de Ventas 2012
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

Gráfico No. 20 Producción de Bloques de Espuma vs Ventas de colchones

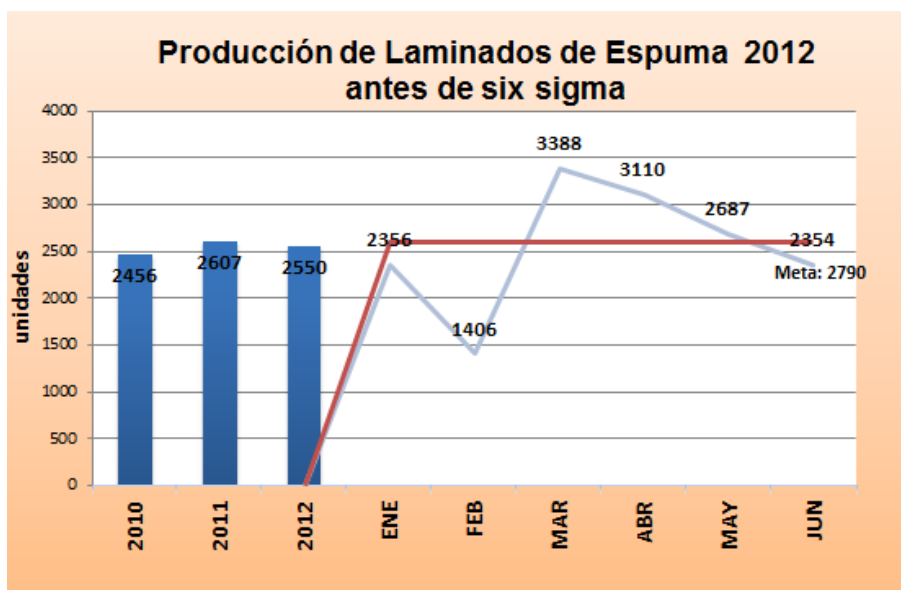


Fuente: Informe Gerencial de Ventas – Informe Gerencial de Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

En el gráfico No. 20 se observa el comportamiento de las ventas con el comportamiento de bloques de espuma de acuerdo a los meses de mayor demanda, se observa que las ventas y la producción de bloques el mes de Febrero es baja en relación a los otros meses. En el mes de Mayo las ventas se incrementan por promociones realizadas.

En este indicador además se mide la producción de laminados de espuma, la meta a cumplir es de 2.790 laminados que fue la producción del año 2011. En el Gráfico No. 21 se mide la producción de laminados en los años 2010, 2011 y la producción en los distintos meses del 2012.

Gráfico No. 21 Producción de Laminados 2012



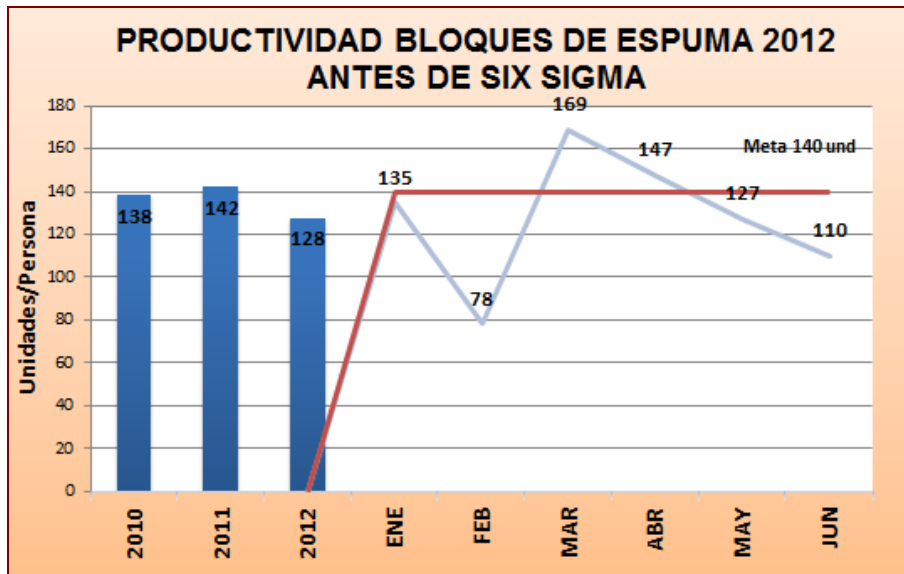
Fuente: Informe Gerencial Espuma 2012
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

En el gráfico No. 21 se muestra el incremento de laminados de espuma (bloques cilíndricos cortados en máquina Piller) con un incremento del 2011 respecto al 2010 de un 6.15%, En el año 2012 se observa valores de los meses de Marzo, Abril y Mayo sobre la meta. El promedio del año 2012 está en 2.550 unidades con un 8.6% por debajo de la meta. Este último semestre es el de mayores ventas y producción por lo que se espera llegar y superar la producción promedio mensual del año 2012.

3.4 INDICADOR DE PRODUCTIVIDAD

El indicador de productividad de bloques de espuma (rectangular y cilíndrica) y la productividad de laminados están dentro de los objetivos y se espera alcanzar las metas del año 2011.

Gráfico No. 22 Productividad de bloques de Espuma 2012

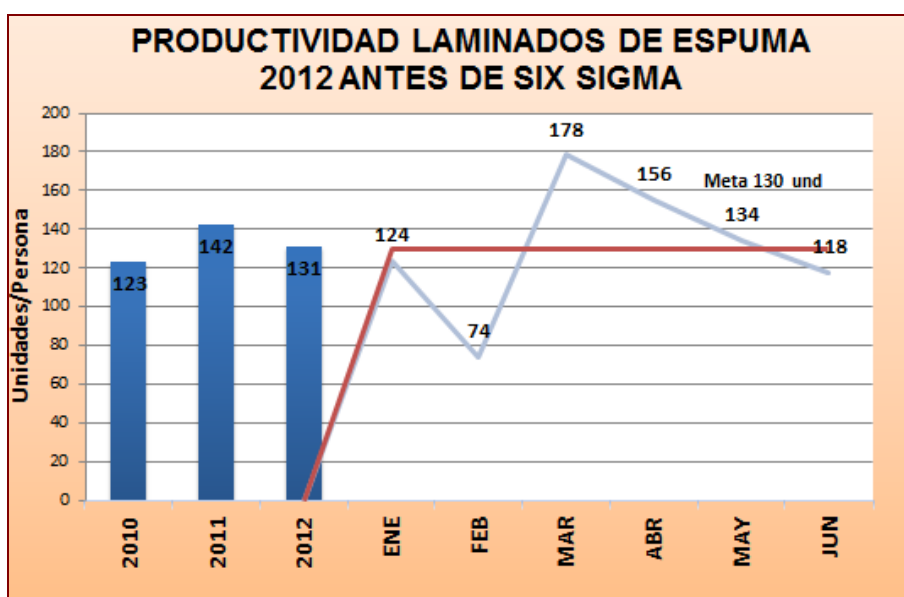


Fuente: Informe Gerencial de Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

En el indicador de productividad de bloques se observa un incremento del 2.9% del año 2011 versus 2010 y en el año 2012 la productividad promedio mensual está en 128 und/persona. En los meses de Octubre y Noviembre que igualmente se incrementa la demanda de colchones por época de Navidad se espera que la producción aumente y se llegue al objetivo de 140 und/persona.

La productividad promedio de laminados se representa en el gráfico No. 23 y su comportamiento en los años 2010, 2011 y los meses del año 2012.

Gráfico No. 23 Productividad Promedio de Laminados de Espuma 2012



Fuente: Informe Gerencial 2012
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

En el gráfico No. 23 se muestra el comportamiento de la productividad de los años 2011 vs 2010 con un incremento de 7,3%, el promedio mensual en productividad del año 2012 se tiene una productividad de 131 und/persona 0.8% por encima de la meta.

3.5 INDICADOR DE CALIDAD

En el indicador de calidad se mide el porcentaje de productos defectuosos de bloques de espuma, la cantidad de laminados cilíndricos tipo C (grado de calidad), la cantidad de producto no conforme y el porcentaje de desperdicio, estos 4 indicadores son importantes para la organización y representan costos importantes con oportunidades de mejora que serán analizados en el capítulo siguiente.

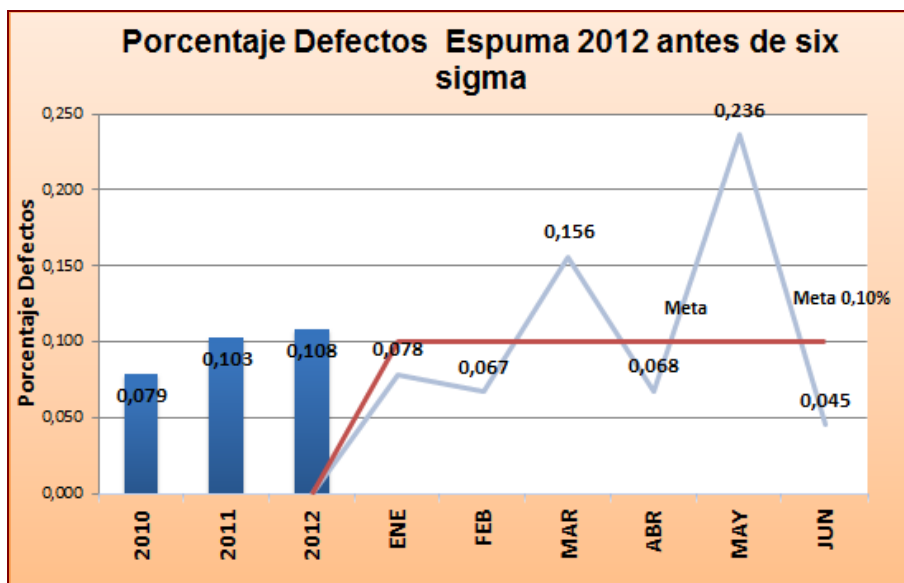
Tabla No. 13 Producción de bloque y Producto no conforme 2012

BLOQUES DE ESPUMA	UNIDADES	Promedio Mensual								
		2010	2011	2012	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
BLQQUES CILINDRICOS	und	1521	1500	1240	1179	647	1575	1546	1321	1169
BLQQUES RECTANGULARES	und	1238	1301	1251	1380	835	1634	1400	1221	1034
PRODUCTO NO CONFORME	und	24	34	2,8	2	1	5	2	6	1
PORCENTAJE DE PRODUCTO NO CONFORME	%	0,079%	0,101%	0,108%	0,078%	0,067%	0,156%	0,068%	0,236%	0,045%

Fuente: Informe Gerencial de Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

En el gráfico No. 24 se expresa el porcentaje de producto no conforme cuya meta es de 0.10% y que en el año 2011 supera al año 2010 con un 26 %, en lo que va del año 2012 estamos con una con un porcentaje de producto no conforme del 0.108%, esto en porcentaje el 8% más con respecto a la meta.

Gráfico No. 24 Porcentaje de Producto no conforme 2012

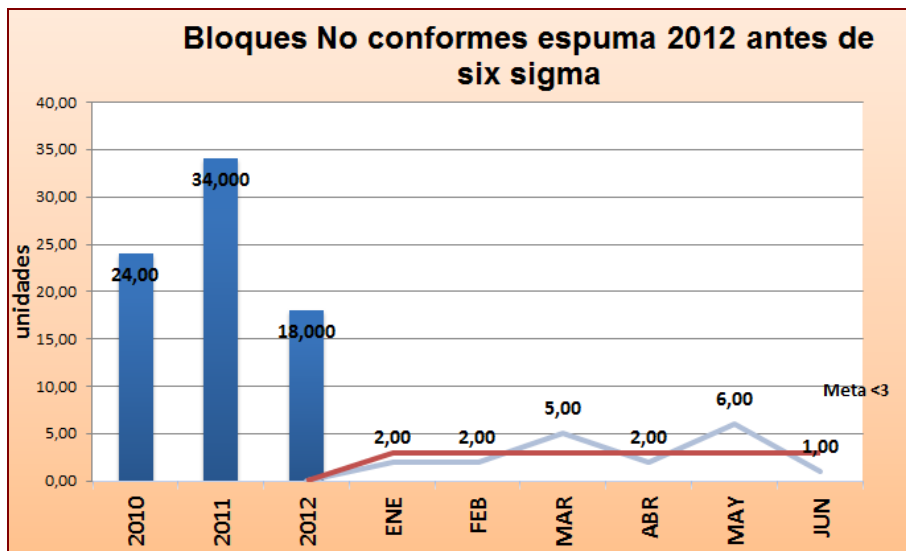


Fuente: Informe Gerencial de Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

La tendencia en el primer semestre del año 2012 está superior al porcentaje de productos defectuosos del año 2011, los meses de Marzo y Mayo poseen valores por encima de la meta de 0.10%, en los próximo capítulo se analizarán las causas del incremento del porcentaje de producto no conforme en este semestre.

En gráfico No. 25 se describe la cantidad de bloques no conformes mes a mes del año 2012 y el incremento de bloques defectuosos de 24 unidades en el año 2010, y las 34 unidades en el año 2011; en el año 2012 se tienen hasta la fecha 18 unidades defectuosas.

Gráfico No. 25 Bloques Defectuosos en unidades 2012



Fuente: Informe Gerencial de Espuma 2012
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

En el gráfico No. 25 se observa el aumento en la cantidad de producto no conforme, en el mes de Marzo (5 und), Mayo (6 unidades) son los meses con mayor cantidad de bloques no conformes cuyo análisis de causa se detallará en la siguiente etapa del proceso Six Sigma (análisis).

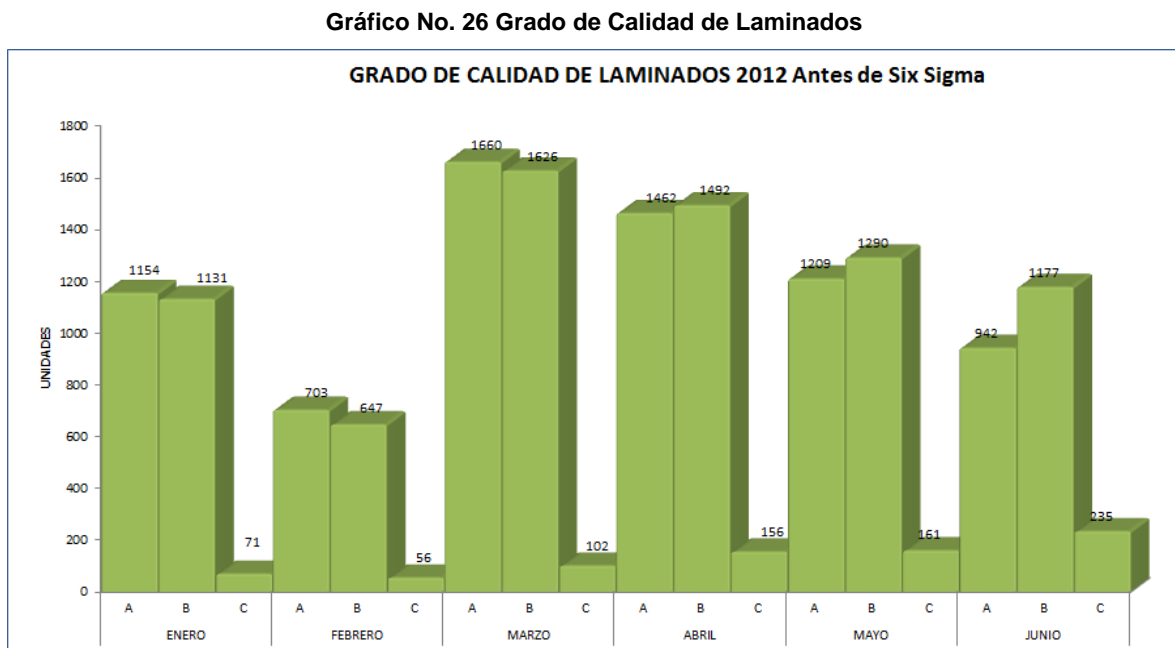
Proceso de bloques cilíndricos laminados

En el proceso de Laminado de bloques cilíndricos se producen 3 tipos diferentes de grado de calidad:

- Calidad Tipo A: Bloques de espuma laminada sin defectos superficiales, huecos, o fisuras.
- Calidad Tipo B: Bloques de espuma laminada con pequeños defectos superficiales, pequeños huecos, sin fisuras.
- Calidad Tipo C: Bloques de espuma laminada con defectos superficiales, huecos pequeños que no afecten la estructura del laminado, sin fisuras.

Los laminados tipo C son utilizados para elaborar las tapas acolchadas (parte lateral del colchón acolchada con tela y espuma) de los colchones económicos. Cuando un producto posee fisuras o defectos superficiales pronunciados como grandes huecos es considerado como producto no conforme y enviado a un proceso de trituración de la espuma (picadoras de espuma) y se contabiliza como material de reproceso o desperdicio para la producción de bloques de Espuma de Poliuretano prensada.

En el gráfico No. 26 se detalla la producción de laminados del año 2012 y la clasificación por grado de calidad en A, B, C:



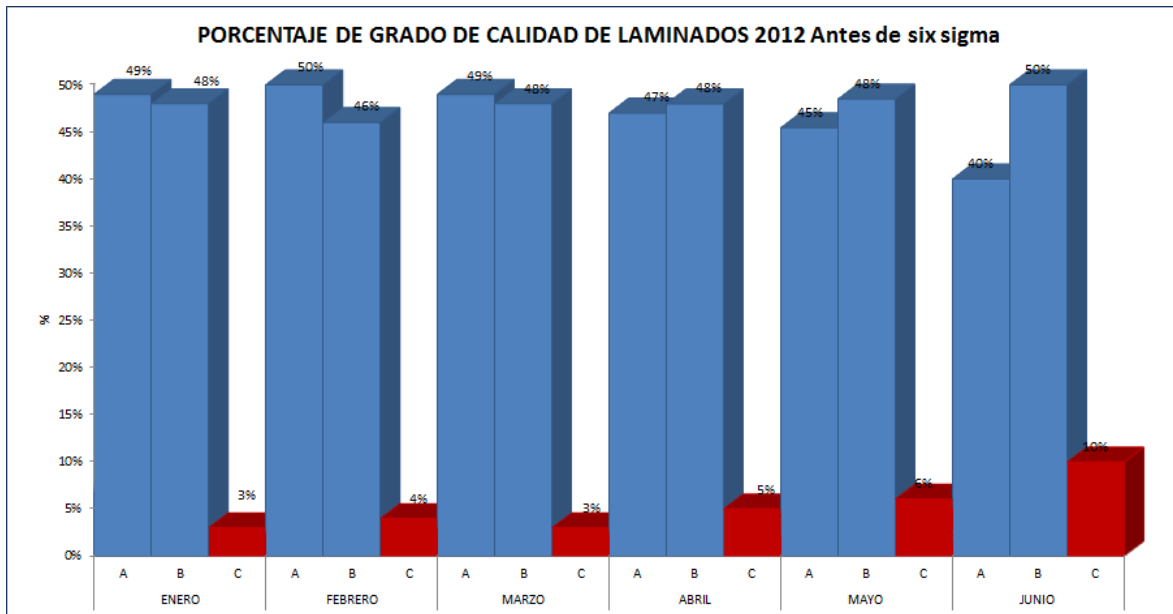
Fuente: GSE /ERP-SAP

Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

Como se muestra en el gráfico 26 el grado de calidad de laminados tipo C es más alto en los meses de Abril, Mayo y Junio; el objetivo de la empresa Chaide y Chaide es bajar la cantidad de laminados tipo C y aumentar la cantidad de laminados tipo A y B.

En el gráfico 27 a continuación se representa el mismo gráfico en porcentaje y su análisis de costo se efectuará en el siguiente capítulo:

Gráfico No. 27 Porcentaje de Laminados 2012



Fuente: GSE /ERP-SAP

Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

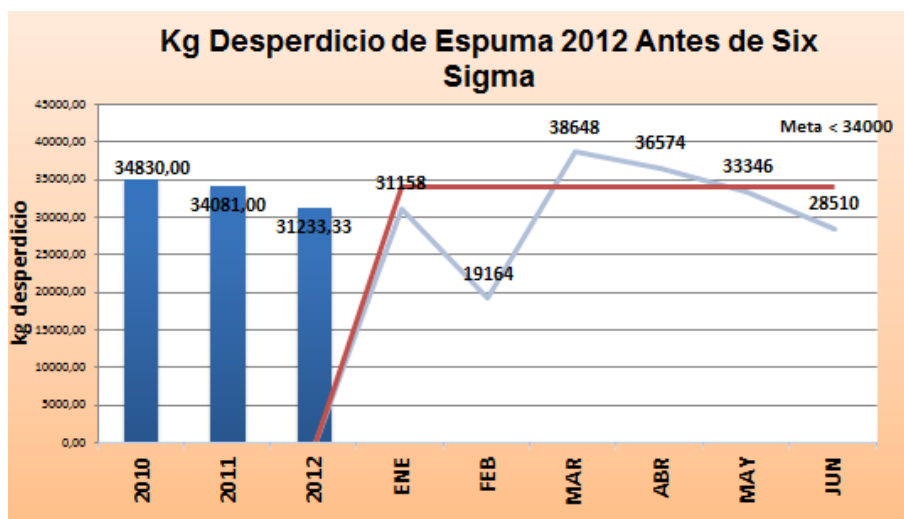
En el gráfico 27 se observa el porcentaje de laminados tipo C y los meses de mayor incremento son Abril, Mayo y Junio. El objetivo de la empresa es mantener en un porcentaje menor al 2% la cantidad de laminados tipo C como promedio mensual. Para esto el análisis de causa y las acciones correctivas y preventivas se realizará en la etapa siguiente de Análisis.

3.5.1 Desperdicio de Espuma de Poliuretano

El desperdicio de espuma de Poliuretano proviene de los siguientes procesos: Proceso de Corte de bloques de espuma en láminas, proceso de corte de bloques cilíndricos en la máquina Piller (Máquina laminadora de bloques cilíndricos), espuma remanente del proceso de forros (tapas y bandas acolchadas con tela y espuma), material remanente en menor grado de los procesos de ensamblado y tapicería.

En el gráfico No. 28 a continuación se detalla los kg de desperdicio por mes y su tendencia.

Gráfico No. 28 Desperdicio de Espuma 2012 (Kg)

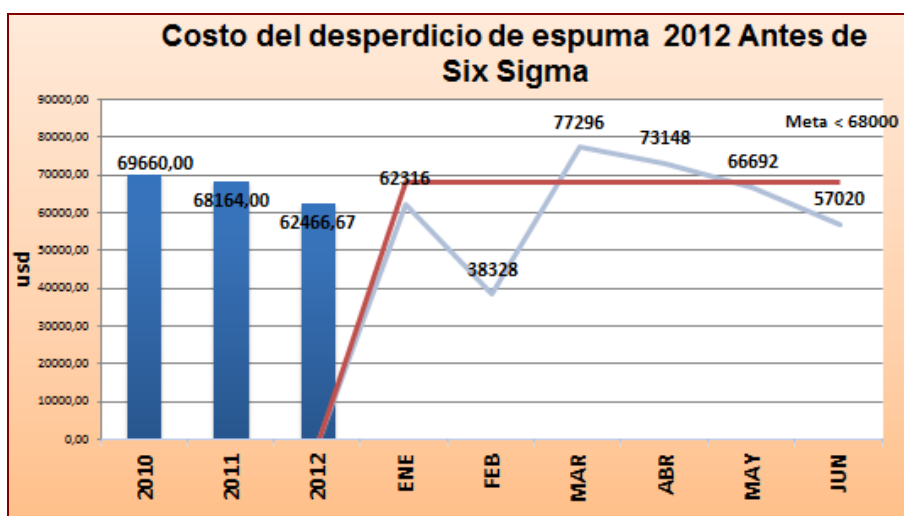


Fuente: Informe gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Mercí León-Dorian Salazar

En el gráfico No. 28 se observa el desperdicio de espuma en kg: en 2011 se obtuvieron 34.081 kg que representan 2% menos que el desperdicio del año 2010 (34.830 kg), en lo que va del año 2012 se tiene un promedio mensual de desperdicio de 31.233 kg y se observa que la tendencia del desperdicio es aumentar, en el siguiente semestre se deben tomar las acciones correctivas necesarias que se explicarán en la fase del proyecto Six Sigma - Análisis.

El costo por kg de desperdicio de espuma es de 2 usd/kg, de ahí que éste es un objetivo importante del proyecto Six Sigma por la reducción del desperdicio y de esta forma obtener ahorros significativos. En la etapa de análisis se expondrán las acciones correctivas y mejoras para obtener beneficios económicos importantes. En el gráfico No. 29 a continuación se observa el costo del desperdicio de espuma y su tendencia.

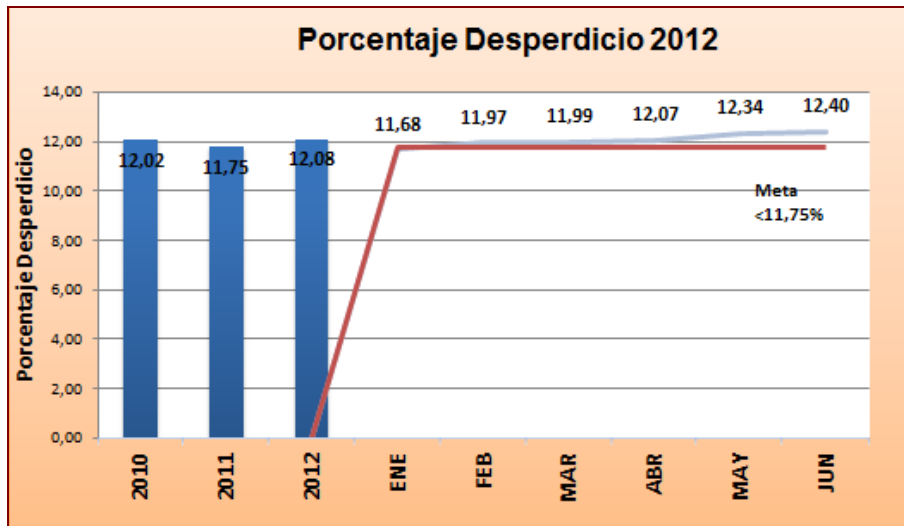
Gráfico No. 29 Costo promedio Desperdicio mensual



Fuente: Informe gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Mercí León-Dorian Salazar

El desperdicio de espuma es la relación entre los kg de desperdicio y los kg producidos, en porcentaje; este objetivo debe estar por debajo de la meta de 11,75 % que fue el valor del año 2011. El comportamiento del porcentaje de desperdicio en porcentaje se expresa en el gráfico No. 30 a continuación:

Gráfico No. 30 Porcentaje de Desperdicio 2012



Fuente: Informe Gerencial de Espuma Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

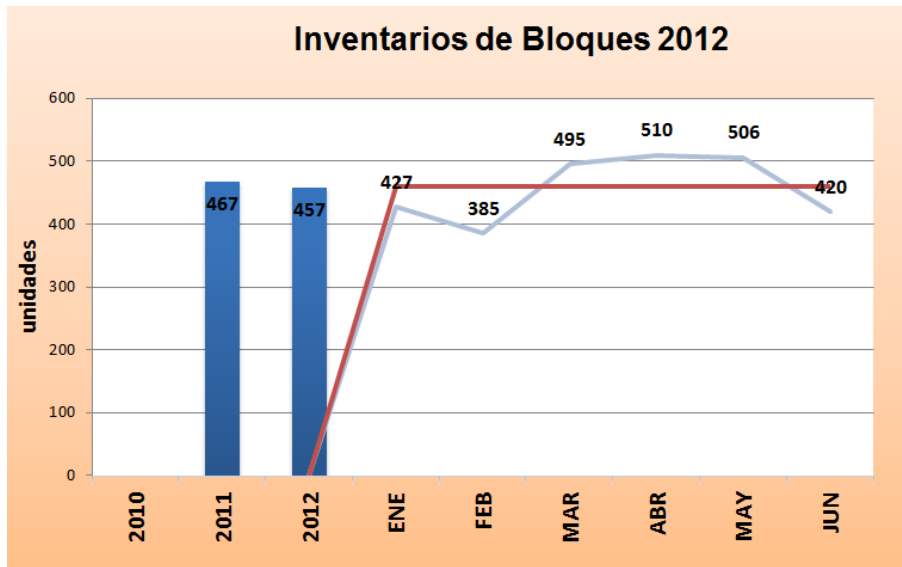
En el gráfico No. 30 se observa el comportamiento del desperdicio, en el año 2010 el porcentaje fue de 12.02%, en el año 2011 baja a 11,75%, y en el año 2012 la tendencia está en aumento, el promedio de desperdicio del año 2012 llega a 12.08%. En los siguientes capítulos se analizarán las causas del desperdicio, las acciones correctivas y preventivas y se sugerirán mejoras para el proceso productivo.

3.6 INDICADORES FINANCIEROS

En el análisis de los indicadores financieros se encuentra la cantidad de bloques de espuma de poliuretano en stock por mes y el costo mensual de inventario de bloques. Este análisis se lo va a realizar en el capítulo siguiente para la identificación del stock mínimo y máximos de los bloques de espuma de poliuretano. Es importante acotar que el tiempo de reposición de cada producto es de 3 días que es el tiempo predeterminado para cada tipo de bloque de espuma de poliuretano.

En el gráfico No. 31 se muestra cómo ha ido fluctuando el inventario mensual de los bloques de espuma de Poliuretano en el transcurso del año 2012; en el año 2010 y 2011 el stock de bloques de espuma se encuentra similar. En el análisis del proyecto Six Sigma se va a determinar el stock mínimo necesario para tener los bloques necesarios y no tener un sobre stock o material en exceso, con esto se pretende tener ahorros importantes.

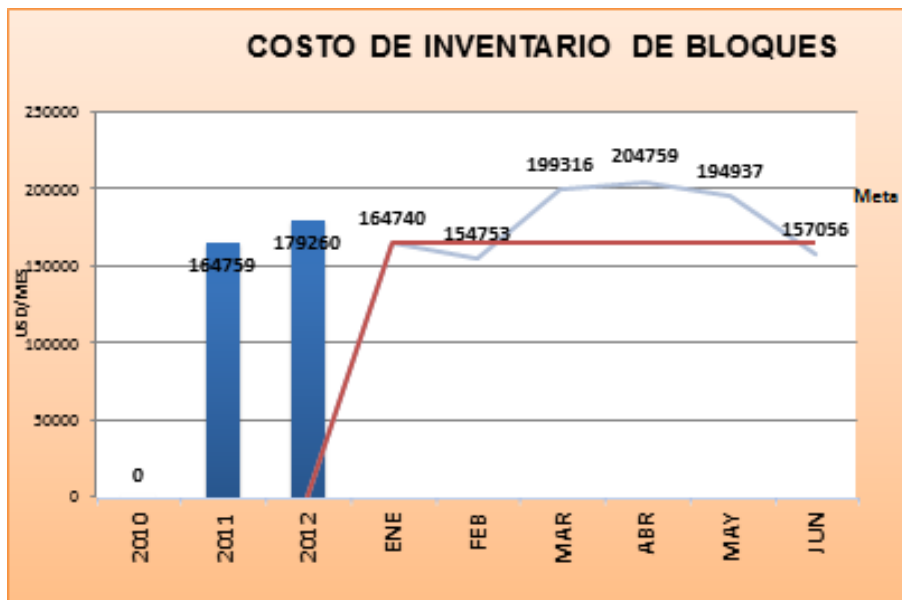
Gráfico No. 31 Promedio mensual de Stock de Bloques de espuma 2012



Fuente: Sistema ERP-SAP
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

En el gráfico No. 31 se expresa en dólares el costo de mantener los bloques de espuma, en el capítulo siguiente se realizará un análisis para la determinación del stock ideal y el ahorro proyectado que se lograría.

Gráfico No. 32 Costo de Mantener el Stock



Fuente: Sistema ERP-SAP
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

Como se puede observar en el gráfico existe una tendencia al alza en el stock y por lo tanto el costo se incrementa, los meses de Marzo, Abril, Mayo el stock de bloques es mayor, esto depende de la demanda de colchones.

3.7 CÁLCULO DEL SIGMA DEL PROCESO (ACTUAL)

Six Sigma es una estrategia de mejora continua del proceso que busca mejorar el desempeño y reducir su variación; con ello, es posible encontrar y eliminar las causas de los errores, punto de referencia a los clientes internos y sus necesidades.

Para el cálculo de la calidad Six Sigma del proceso de elaboración de bloques de espuma de Poliuretano se considera la producción mensual de bloques cilíndricos y bloques rectangulares, además de la cantidad de bloques no conformes por mes. El detalle del análisis se explica a continuación:

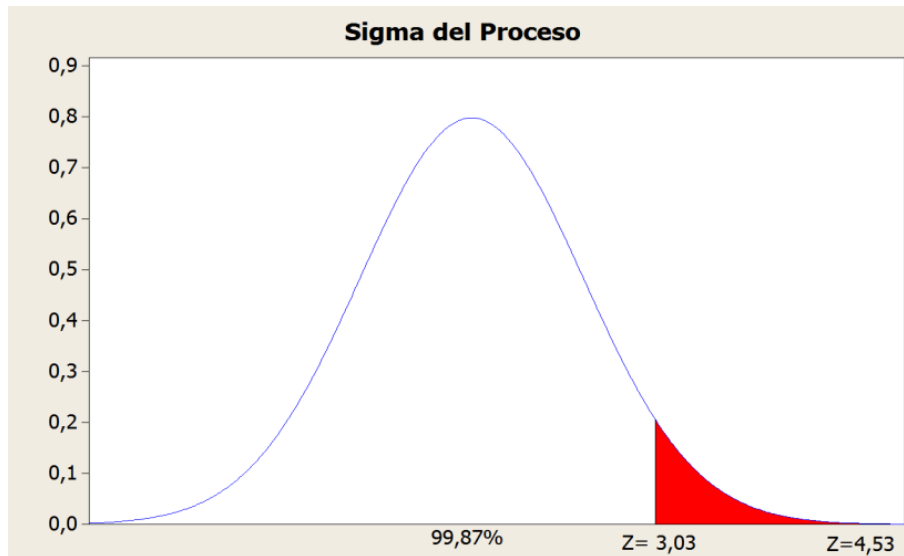
Tabla No. 14 Cálculo de Six Sigma – Proceso de elaboración de Espuma de Poliuretanos

CALIDAD SEIS SIGMA 2012 ANTES DE APLICAR LA MEJORA DEL PROCESO SIX SIGMA						
MES	PRODUCCIÓN BLOQUES ESPUMA			CALIDAD		Meta Max (%)
	B.Cilíndricos (und)	B. Rectangulares (und)	Total (und)	BLOQUES NO CONFORMES (und)	Defectos (%)	
ENERO	1380	1179	2559	2	0.078%	0.10
FEBRERO	835	647	1482	2	0.135%	0.10
MARZO	1634	1575	3209	5	0.156%	0.10
ABRIL	1400	1546	2946	2	0.068%	0.10
MAYO	1221	1321	2542	6	0.236%	0.10
JUNIO	1034	1169	2203	1	0.045%	0.10
			14941	18	0.120%	

Unidades producidas =	14941	Bloque de Espuma Poliuretano	Producción
Oportunidad de Error =	9		Causas de Defectos
Defectos =	18	Bloques Defectuosos /año	
DPU =	0.00120	Defecto por unidad	DPU=d/U
DPO=	0.00013386	Defectos por oportunidad	DPO=d/(U*O)
DPMO=	133.860	Defectos po millon de Oportunidades	DPMO= DPO*1000000
Rendimiento del Proceso =	0.998796	Y=e ^{-DPU} (2.7183) ^{-0.00101}	
Oportunidad Unidad Libre defectos =	99.8796%		
Nivel de Sigma de Largo Plazo=	3.03	DISTR.NORM.ESTAND.INV(0.998796)	
Nivel de Sigma de Proceso Bloques de ESPUMA=	4.53	Zc=Zy+1.5 Desplazamiento 1.5 sigmas	

Fuente: Informe gerencial de Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Dorian Salazar – Merci León

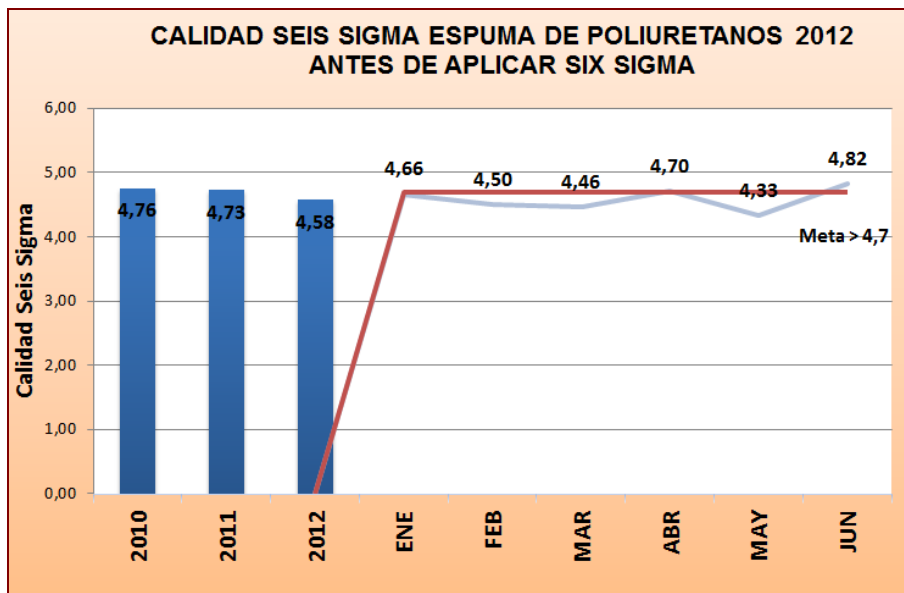
Gráfico No. 33 Sigma del proceso actual



Fuente: Six Sigma proceso antes de aplicar la metodología
Elaborado por: Merci León – Dorian Salazar

En la actualidad el proceso de elaboración de espuma de Poliuretano se encuentra con un nivel de calidad Six Sigma de 4.53 es decir tiene 134 defectos por millón de oportunidades, el objetivo o la meta del presente proyecto es llegar hasta Noviembre a una calidad sigma de 4.65, es decir tener un DPMO de 89.

Gráfico No. 34 Calidad Six Sigma Espuma de Poliuretanos 2012



Fuente: Informe gerencial de Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Dorian Salazar - Merci León

Como se observa en el gráfico 34 la calidad Six Sigma en el proceso de espuma de Poliuretano actualmente está en valores de 4.58, se observa los meses de Marzo y Mayo una menor calidad Six Sigma la meta es llegar a una calidad Six Sigma de 4.7.

El análisis de este mejoramiento del proceso se detallará en el siguiente capítulo, con las acciones correctivas y planes de acción establecidos e implementados.

Los laminados tipo C en este caso son considerados no conformes para determinar el valor de sigma del proceso y cuyo objetivo luego de este proyecto es aumentar la calidad sigma mejorando el proceso y cuyo análisis se realizará más adelante.

En la tabla No. 15 a continuación se muestra el cuadro del valor sigma del proceso de laminados de espuma

Tabla No. 15 Calidad Six Sigma Laminados de Espuma 2012

CALIDAD SIX SIGMA LAMINADOS ESPUMA 2012							
MES	PRODUCCIÓN BLOQUES ESPUMA				CALIDAD		
	Laminados Grado de Calidad A (und)	Laminados Grado de Calidad B (und)	laminados Grado de Calidad C (und)	Total (und)	BLOQUES NO CONFORMES Laminados Tipo C (und)	Defectos (%)	Meta Max (%)
ENERO	1154	1131	71	2356	71	3.0%	3%
FEBRERO	703	647	56	1406	56	4.0%	3%
MARZO	1660	1626	102	3388	102	3.0%	3%
ABRIL	1462	1492	156	3110	156	5.0%	3%
MAYO	1209	1290	161	2660	161	6.1%	3%
JUNIO	942	1177	235	2354	235	10.0%	3%
				15274	781	5.1%	

Unidades producidas =	15274	Bloque de Espuma Poliuretano	Producción
Oportunidad de Error =	9		Causas de Defectos
Defectos =	781	Bloques Defectuosos /año	
DPU =	0.05113	Defecto por unidad	DPU=d/U
DPO=	0.005681405	Defectos por oportunidad	DPO=d/(U*O)
DPMO=	5681	Defectos po millon de Oportunidades	DPMO= DPO*1000000
Rendimiento del Proceso =	0.950152	$Y=e^{-DPU}$	$(2.7183)^{-0.00101}$
Oportunidad Unidad Libre defectos =	95.0152%		
Nivel de Sigma de Largo Plazo=	1.65	DISTR.NORM.ESTAND.INV(0.998989)	
Nivel de Sigma de Proceso Bloques de ESPUMA=	3.15	$Zc=Zy+1.5$	Desplazamiento 1.5 sigmas

Fuente: Informe gerencial / ERP-SAP

Elaborado por: Merci León – Dorian Salazar

Como se observa en la tabla No. 15 la cantidad de bloques tipo C corresponde al 5.1% (781 laminados Tipo C) de 15.274 laminados cortados, y con una calidad Six Sigma de 3,15 con un número de defectos por millón de oportunidades (DPMO) de 5.681, el objetivo es aumentar el nivel sigma a 3.5 Este cambio representa un DPMO de 2.555 es decir se pasaría a un rendimiento de 94.92 a 97.72%.

El análisis de causa, acciones correctivas y mejoras se explicará en los próximos capítulos.

3.8 CAPACIDAD DEL PROCESO (ACTUAL)

Para conocer la amplitud de la variación natural del proceso para las diferentes características de calidad para la elaboración de la espuma de Poliuretano, y en qué medida tal característica de

calidad es satisfactoria (cumple especificaciones) se determinará la capacidad del proceso de las siguientes variables de salida o respuesta: Altura de los cilindros laminados, Índice de TDI, Compresión permanente, y Densidad de las espumas.

3.8.1 Capacidad de Proceso Variable altura de Laminados

En la tabla No. 16 se determina la capacidad de proceso, la misma que debe determinarse por tipo de laminado cilíndrico, estos datos se obtienen de las mediciones diarias de los productos laminados de Enero a Junio 2012. Se tomó una muestra de 3 laminados cilíndricos diarios, aplicando la tabla MILITARY STANDARD 105D, ya que de cada tipo se cortan de 10 a 15 laminados diarios, se escogió un nivel normal II con la letra clave B que nos da 3 unidades a muestrear por día la variable altura (Ver Anexo No. 25).

En la tabla No. 17 se indican los promedios mensuales de las mediciones de cada uno de los diferentes tipos de laminados y cuyos índices se calculan en la siguiente tabla:

Tabla No. 16 Capacidad del Proceso de la Altura de los laminados de Espuma de Poliuretano

Calculo de Capacidad de Proceso Variable Altura de Laminados (cm)																			
CODIGO SAP	Tipo de Laminado	Enero (cm)	Febrero (cm)	Marzo (cm)	Abril (cm)	Mayo (cm)	Junio (cm)	Promedio (cm)	Desviación Estandar	EI (cm)	ES (cm)	N (Target)	Cp	Cr	Cpi	Cps	Cpk	K	Cpm
30000306	LAMINA CILINDRICA D 15 AMARILLO 210X	215.44	215.44	215.44	215.44	215.44	215.44	215.4367	0.904	207.5	212.5	210.0	0.92	109%	2.93	-1.08	-1.08	217.47	0.15
30000311	AMINA CILINDRICA D 19 BLANCO 200X1	205.67	205.67	205.67	205.67	205.67	205.67	205.6656	1.184	199.8	204.5	202.0	0.66	151%	1.65	-0.33	-0.33	155.98	0.20
30000314	LAMINA CILINDRICA D 22 CELESTE 206X1	207.57	208.30	206.92	207.86	207.67	206.94	207.5418	1.037	203.5	208.5	206.0	0.80	124%	1.30	0.31	0.31	61.67	0.45
30000317	LAMINA CILINDRICA D 27 GRIS 215X1	222.72	222.72	222.72	222.72	222.72	222.72	222.7222	1.181	211.5	216.5	214.0	0.71	142%	3.17	-1.76	-1.76	348.89	0.09

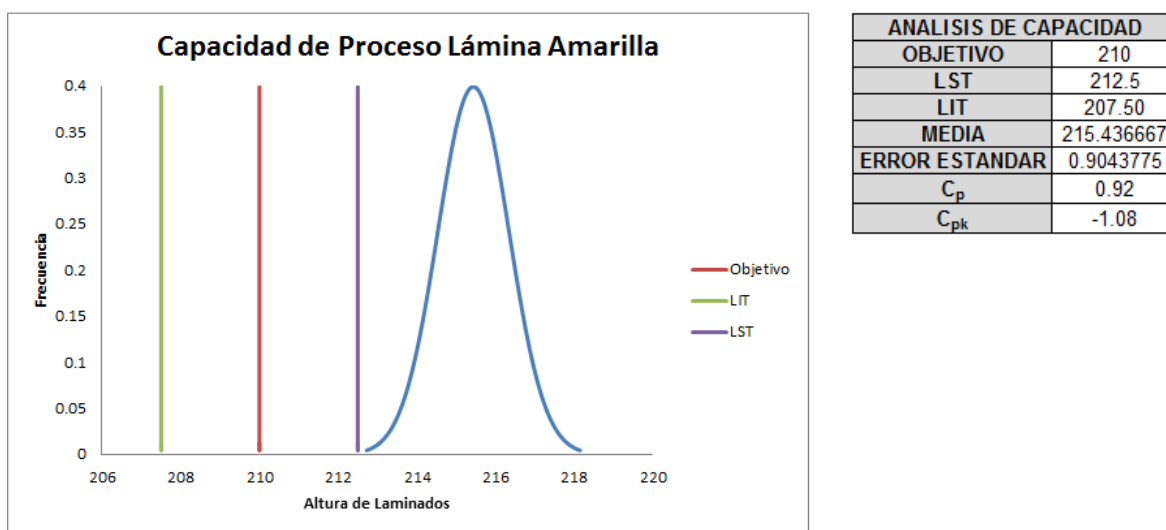
Fuente: Informe gerencial de Espuma de Poliuretano

Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

La variable de altura de laminados es importante para el proceso de elaboración de forros ya que si la altura está por debajo de los límites de especificación no se podría utilizarlos para realizar las tapas acolchadas (Se necesita que la tela y la espuma tengan especificaciones mínimas), por el contrario si las alturas están sobre los límites de especificación se va a obtener más desperdicio ya que en este proceso se corta material remanente y se contabiliza como desperdicio de espuma.

La medición gráfica de la capacidad del proceso de las láminas cilíndricas se detallan a continuación:

Gráfico No. 35 Capacidad del Proceso Altura Lámina cilíndrica Amarilla



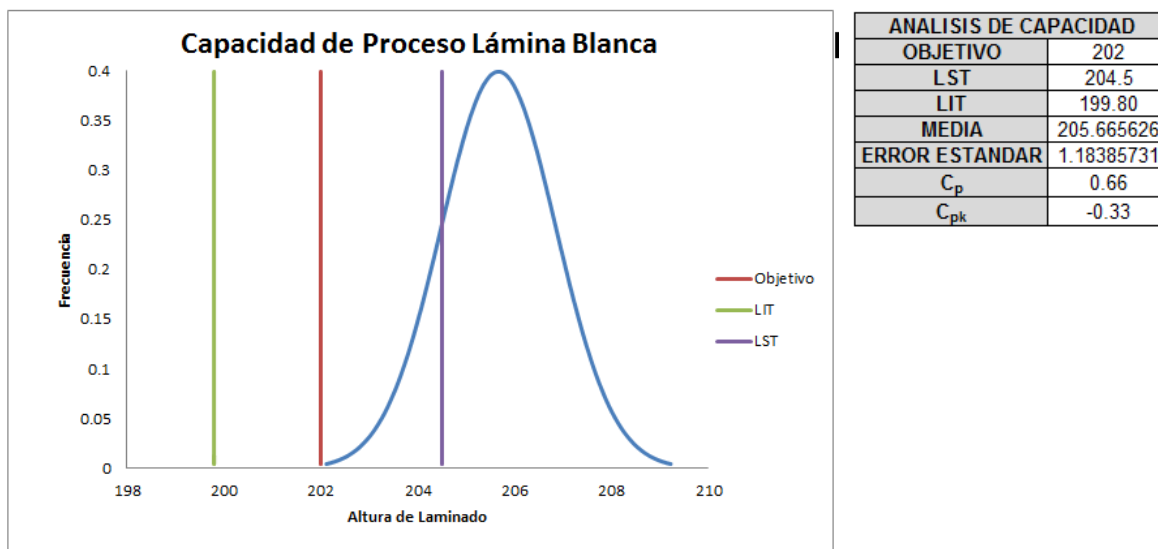
Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

Tabla No. 17 Conclusiones sobre el análisis de capacidad de proceso Lámina cilíndrica Amarilla

Estadístico	Comentarios	Conclusión
$C_p = 0.92$ $C_r = 1.09$ $C_{pk} = -1.08$ $C_{pm} = 0.15$ $K = 217.47\%$	<p>La capacidad del proceso no es adecuada ya que el valor se encuentra debajo de 1,33. La amplitud de variación del proceso C_r cubre el 109% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso es mala ya que tanto C_{pk} y C_{pm} es menor a 1, cuando sus valores deberían ser mayor a 1,30.</p> <p>Los problemas de capacidad se deben a que el proceso está descentrado en un 217.47% a la derecha de un valor de 210cm</p>	<p>Centrar el proceso: realizar los ajustes y cambios necesarios para que la altura del laminado este en 210 cm +/- 2.5 cm</p>

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

Gráfico No. 36 Capacidad del Proceso Altura Lámina cilíndrica Blanca



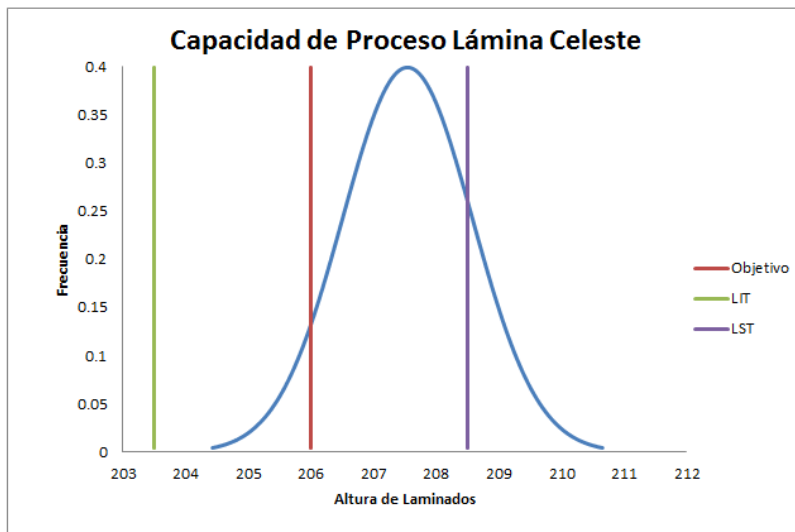
Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Tabla No. 18 Conclusiones sobre el análisis de capacidad de proceso Lámina cilíndrica Blanca

Estadístico	Comentarios	Conclusión
$C_p = 0.66$ $C_r = 1.51$ $C_{pk} = -0.33$ $C_{pm} = 0.20$ $K = 155.98\%$	<p>La capacidad del proceso es mala ya que el valor se encuentra debajo de 1.33. La amplitud de variación del proceso C_r cubre el 151% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso es mala ya que tanto C_{pk} y C_{pm} es menor a 1, cuando sus valores deberían ser mayor a 1,30.</p> <p>Los problemas de capacidad se deben a que el proceso está descentrado en un 155.98% a la derecha de un valor de 202 cm</p>	<p>Centrar el proceso: realizar los ajustes y cambios necesarios para que la altura del laminado este en 202 cm +/- 2.5 cm</p>

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

Gráfico No. 37 Capacidad del Proceso Altura Lámina cilíndrica Celeste



ANÁLISIS DE CAPACIDAD	
OBJETIVO	206
LST	208.5
LIT	203.50
MEDIA	207.541799
ERROR ESTANDAR	1.03718392
C_p	0.80
C_{pk}	0.31

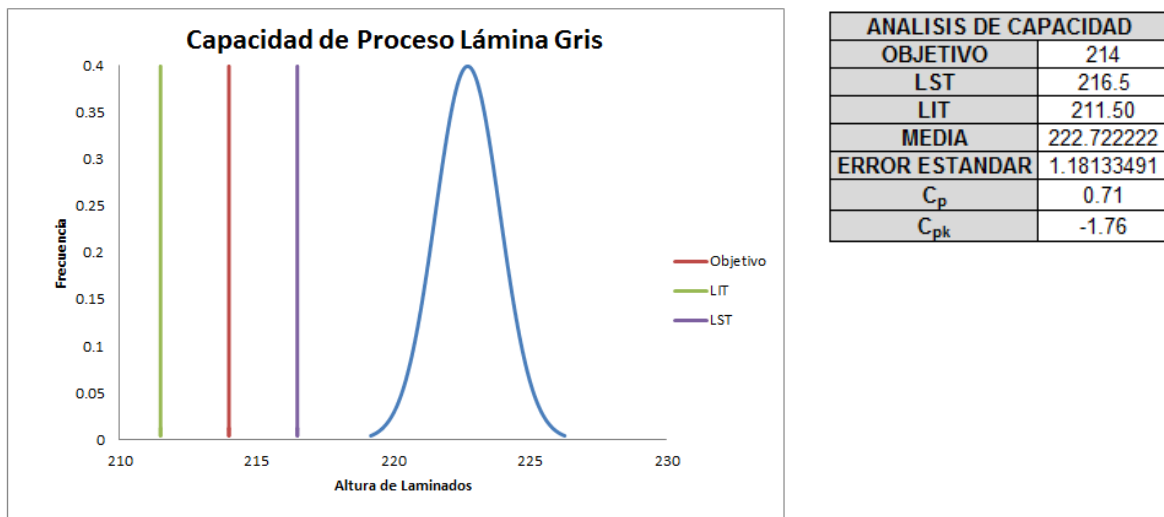
Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Tabla No. 19 Conclusiones sobre el análisis de capacidad de proceso Lámina cilíndrica Celeste

Estadístico	Comentarios	Conclusión
<p>$C_p = 0.80$</p> <p>$C_r = 1.24$</p> <p>$C_{pk} = 0.31$</p> <p>$C_{pm} = 0.45$</p> <p>$K = 61.67\%$</p>	<p>La capacidad del proceso es mala ya que el valor se encuentra debajo de 1.33. La amplitud de variación del proceso C_r cubre el 124% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso es mala ya que tanto C_{pk} y C_{pm} es menor a 1, cuando sus valores deberían ser mayor a 1,30.</p> <p>Los problemas de capacidad se deben a que el proceso esta descentrado en un 61.67% a la derecha de un valor de 206 cm</p>	<p>Centrar el proceso: realizar los ajustes y cambios necesarios para que la altura del laminado este en 206 cm +/- 2.5 cm</p>

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

Gráfico No. 38 Capacidad del Proceso Altura Lamina cilíndrica Gris



Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León – Dorian Salazar

Tabla No. 20 Conclusiones sobre el análisis de capacidad de proceso Lámina cilíndrica Gris

Estadístico	Comentarios	Conclusión
$C_p = 0.71$ $C_r = 1.42$ $C_{pk} = -1.76$ $C_{pm} = 0.09$ $K = 348.89\%$	<p>La capacidad del proceso es mala ya que el valor se encuentra debajo de 1.33. La amplitud de variación del proceso C_r cubre el 142% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso es mala ya que tanto C_{pk} y C_{pm} es menor a 1, cuando sus valores deberían ser mayor a 1,30.</p> <p>Los problemas de capacidad se deben a que el proceso esta descentrado en un 348.89 % a la derecha de un valor de 214 cm.</p>	<p>Centrar el proceso: realizar los ajustes y cambios necesarios para que la altura del laminado este en 214 cm +/- 2.5 cm</p>

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León – Dorian Salazar

3.8.2 Cálculo de la Capacidad del Proceso de la Variable Dureza de la Espuma

La variable dureza de la espuma es fundamental para determinar el nivel de firmeza de la misma y que va a influir directamente al soporte y la durabilidad del colchón. El nivel de firmeza de la espuma se mide en grados de dureza y va desde 3,6 grados a 25 grados.

Tabla No. 21 Capacidad del Proceso Espuma de Poliuretano variable Dureza

ESPUMAS	Grado Dureza		GRADO DE DUREZA				N (target)	PROMEDIO DUREZA	Desviación estandar	Capacidad de Proceso	Cr	Cpi	Cps	Cpk	K	Cpm
	Nominal		2012	2011 (2)	2011	2010										
	Min	Max														
Alta Resiliencia	7,2	10,8	8,8	12	7,00	13,30	9,00	10,77	2,89	0,21	4,81	0,41	0,00	0,00	98,15	1,06
Espuma Café	10,8	14,4	6,9	13,5	7,70	13,30	12,60	11,50	3,54	0,17	5,90	0,07	0,27	0,07	-61,11	0,97
Laminado Gris	10,8	14,4	8,5	13	6,70	12,30	12,60	10,67	3,02	0,20	5,03	-0,01	0,41	-0,01	-107,41	1,00
Laminado Blanco	7,2	10,8	9	11,4	6,10	8,00	9,00	8,50	2,21	0,27	3,68	0,20	0,35	0,20	-27,78	1,59
Laminado Celeste	10,8	14,4	10,6	12,3	6,50	11,70	12,60	10,17	2,61	0,23	4,36	-0,08	0,54	-0,08	-135,19	1,01
Laminado Amarillo	3,6	7,2	10,1	9,8	5,60	8,40	5,40	7,93	2,05	0,29	3,42	0,70	-0,12	-0,12	140,74	1,10
Espuma Naranja	10,8	14,4	20,5	14,4	7,80	13,40	12,60	11,87	5,20	0,12	8,67	0,07	0,16	0,07	-40,74	0,69
Espuma Verde limón	10,8	14,4	14,1	11,7	7,30	11,50	12,60	10,17	2,83	0,21	4,71	-0,07	0,50	-0,07	-135,19	0,97
Espuma Celeste	21,6	25,2	16,4	27,9	17,70	30,30	23,40	25,30	7,05	0,09	11,74	0,18	0,00	0,00	105,56	0,49
Espuma Gris (UIO)	7,2	10,8	12,4	13,2	8,70	9,50	9,00	10,47	2,19	0,27	3,64	0,50	0,05	0,05	81,48	1,37
Espuma Verde	7,2	10,8	14,1	16,7	6,00	14,60	9,00	12,43	4,70	0,13	7,84	0,37	-0,12	-0,12	190,74	0,62
Espuma Roja (UIO)	7,2	10,8	14,9	16	6,00	10,30	9,00	10,77	4,59	0,13	7,65	0,26	0,00	0,00	98,15	0,73
Espuma lila (UIO) BB SEGURO	14,4	18	11,9	21,3	8,80	18,30	16,20	16,13	5,73	0,10	9,56	0,10	0,11	0,10	-3,70	0,63
Espuma Amarilla (UIO)	10,8	14,4	15,2	16,5	5,60	21,40	12,60	14,50	6,61	0,09	11,02	0,19	-0,01	-0,01	105,56	0,52
Espuma Blanca	10,8	14,4	12	14,3	8,40	15,70	12,60	12,80	3,19	0,19	5,31	0,21	0,17	0,17	11,11	1,13
Espuma Blanca (Soft)	3,6	7,2	11,4	7	3,70	9,30	5,40	6,67	3,30	0,18	5,50	0,31	0,05	0,05	70,37	1,02

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León – Dorian Salazar

El valor de dureza depende del índice de isocianato, la cantidad de polioli copolimérico y la adición o no de cloruro de metileno, esta prueba se envía a analizar en los laboratorios de la Escuela Politécnica Nacional con una frecuencia semestral, este análisis se lo realiza desde el año 2010, la determinación de la capacidad de proceso es difícil realizar por la poca cantidad de datos y la variabilidad en las condiciones que existen en cada una de las formulaciones y del sitio del bloques de espuma que se corta para enviar las muestras, sin embargo se ha calculado los índices de capacidad para tener una idea general de cómo está el proceso.

El valor de dureza puede variar en la misma espuma, por errores de formulación, por cambios en la temperatura ambiental, por cambios de aditivos, diversa cantidad de proveedores.

3.8.3 Cálculo de la Capacidad del Proceso de la Variable Índice de TDI (Isocianato)

El índice de TDI mide la relación de mezcla entre el Isocianato de Tolueno, los grupos OH de los Polioles Convencional, Copolimérico y el Agua.

La variable índice de isocianato tiene una relación directa con la variable Dureza mientras más alto es el Índice de TDI mayor dureza tiene la espuma de Poliuretano, y su costo también aumenta, cuando el índice de TDI se encuentra por valores inferiores a 105 pueden presentarse problemas de fisura en los bloques de espuma de Poliuretano.

El índice de TDI recomendado por los técnicos especializados de las diferentes casas de poliuretano (BASF, BAYER, DOW CHEMICAL) debe estar entre 105 a 130. Este índice se utiliza dependiendo de las características, el uso y la aplicación que se quiera dar a la espuma.

En la tabla No. 22 a continuación se expresa el índice de TDI de las espumas de Poliuretano realizadas en la planta de Quito:

Tabla No. 22 Índice TDI Bloques de Espuma de Poliuretano

Dimensión (cm)	Índice de TDI	Dimensión (cm)	Índice de TDI
Amarillo 270x190x110	141	Verde Limón 156X196X97	119
Gris 270x190x106	128	Verde limón 135x190x106	119
Rojo 123x175x114	125	Verde Limón 160x200x90	119
Rojo 270x190x105	126	Verde Limón 200X200X96	116
Rojo 320x200x109	125	Alta Resiliencia 135X190X70.	119
Verde 210x200x105	121	ALTA RESILENCIA 160X200X58	122
Naranja 131X186X110	119	ALTA RESILIENCIA200X200X80	123
Naranja 135x190x107	119	CAFÉ 135X190X80	117
Naranja 156X196X97	120	CAFÉ 160X200X72	122
Naranja 160x200x90	120	VERDE LIMÓN 270X190X80	117
Naranja 200x200x99	120	GRIS 318X190X102	126
Celeste 123X178X115	134	CAFÉ 200X200X70	121
Celeste 135X190X110	140	ROJO 318X190X102	126
Celeste 150x190x100	140	VERDE 160X200	145
Blanco 135X190X85	109	LAMINADO BLANCO 180x202	111
Blanco 160X200X75	109	LAMINADO CELESTE 180x212	117
Blanco 200X200X75	109	LAMINADO GRIS 180X215	109
Blanco 270x190x111	130	LAMINADO AMARILLO 180X212	114
Verde Limón 131X186X106	118		

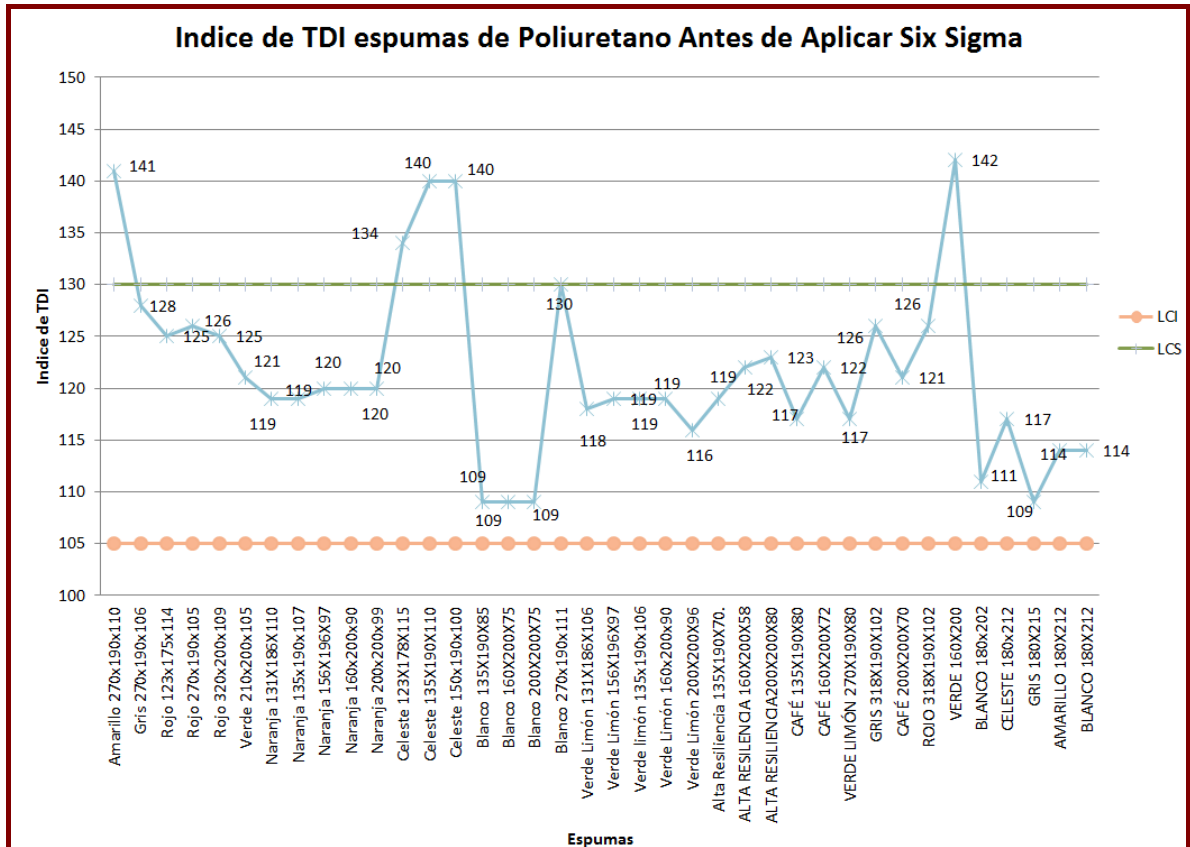
Fuente: Fórmulas Patrón Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

La tabla No. 22 muestra el índice de TDI de las diferentes espumas de Poliuretano, el índice debe estar en el intervalo de 105 a 130, valores inferiores a 105 provocan defectos de fisuras o colapsos en los bloques de espuma de poliuretano, valores superiores a 130 provocan celdas cerradas, además que la reacción estequiometría (reacción completa entre las moléculas de Isocianato con moléculas OH de Polioliol y agua) ya no se produciría, es decir el isocianato ya no tendría con que reaccionar y ocasionaría un producto con un tacto tosco acartonado y se puede encoger los bloques de espuma. El índice ideal debe estar en 120 por lo que se van a realizar diseños de nuevas fórmulas de las espumas que sobrepasan un índice de 130 para de esta forma obtener ahorros económicos importantes.

El valor de índice de TDI de las diferentes espumas de Poliuretano: 5 espumas que corresponden al 13.2% se encuentran sobre los límites de especificación sugeridos por los técnicos de BASF, BAYER y DOW CHEMICAL, en estas espumas se va a proponer las acciones correctivas y revisión de las formulaciones. Es decir realizando cambios en las variables de entrada (kg de Polioliol Convencional, Polioliol Copolimérico, Isocianato de Tolueno y Agua) y observando cómo afectan en la variable de salida que es el índice de isocianato y los efectos de ahorros obtenidos.

El índice depende de la formulación de cada tipo de espuma y esta no varía a menos que se quieran realizar algunos cambios importantes o que las variables de calidad (altura laminados, compresión, dureza, densidad, índice de TDI) estén fuera de especificaciones.

Gráfico No. 39 Valores de Índice de TDI de las Diferentes Formulas de Poliuretano



Fuente: Fórmulas Patrón Espuma de Poliuretano
 Elaborado por: Dorian Salazar- Mercí León

3.8.4 Cálculo de la Capacidad del Proceso de la Variable Compresión Permanente

Esta variable de salida o respuesta compresión permanente tiene importancia al determinar la durabilidad de la espuma, la misma que se somete a condiciones de temperatura y compresión por 72 horas para determinar según la densidad de la espuma el porcentaje de recuperación.

Esta variable de compresión depende del valor de densidad y cuyas especificaciones se detallan en la en la tabla No. 23 a continuación:

Tabla No. 23 Capacidad de Proceso Permanente a la Compresión

Capacidad del Proceso Ensayo de Compresión Permanente 2012																							
ESPUMA	CLASE	DENSIDAD (Kg/m3)		Compresión %		% Compresión						Desv. Estándar	Promedio (cm)	EI (cm)	ES (cm)	N (Target)	Cp	Cr	Cpi	Cps	Cpk	K	Cpm
		Min	Max	Min	Max	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio												
Blanca	12	11.0	13.0	0	20	14%	13%	14%	11%	8%	11%	0.04	12%	0	20%	10%	0.82	1.22	0.95	0.68	0.68	16.59	0.76
Amarilla	15	14.0	16.0	0	15	13%	13%	14%	12%	11%	10%	0.03	12%	0	15%	7%	0.96	1.04	1.56	0.36	0.36	68.69	0.43
Lila	17	16.1	18.5	0	15	7%	7%	8%	12%	6%	12%	0.03	9%	0	15%	7%	0.79	1.27	0.91	0.66	0.66	22.78	0.69
Roja	23	21.1	24.0	0	10	5%	4%	4%	9%	3%	6%	0.03	5%	0	10%	5%	0.53	1.88	0.55	0.51	0.51	4.33	0.53
Gris	23	21.1	24.0	0	10	6%	4%	6%	8%	2%	2%	0.04	5%	0	10%	5%	0.47	2.14	0.46	0.47	0.46	-1.81	0.47
Verde	23	21.1	24.0	0	10	5%	8%	8%	7%	7%	7%	0.02	7%	0	10%	5%	0.75	1.33	1.04	0.47	0.47	37.98	0.57
Naranja	30	27.1	32.0	0	8	3%	2%	4%	3%	1%	3%	0.02	3%	0	8%	4%	0.70	1.42	0.50	0.91	0.50	-29.02	0.60
Verde Limón	30	27.1	32.0	0	8	3%	4%	4%	5%	5%	1%	0.03	4%	0	8%	4%	0.49	2.03	0.46	0.52	0.46	-6.23	0.49
Celeste	30	27.1	32.0	0	8	6%	8%	8%	3%	3%	3%	0.03	5%	0	8%	4%	0.51	1.95	0.69	0.34	0.34	34.69	0.45
Blanca Soft	30	27.1	32.0	0	8	3%	3%	4%	4%	2%	1%	0.02	3%	0	8%	4%	0.75	1.33	0.55	0.96	0.55	-27.21	0.64
Café	36	32.1	40.0	0	6	2%	4%	3%	4%	1%	3%	0.02	3%	0	6%	3%	0.60	1.68	0.55	0.64	0.55	-7.83	0.59
Alta Resiliencia	36	32.1	40.0	0	6	3%	4%	3%	5%	5%	4%	0.01	4%	0	6%	3%	0.83	1.21	1.12	0.54	0.54	35.25	0.62
Viscoelastica	44	40.1	48.0	0	5	3%	1%	3%	2%	2%	4%	0.02	3%	0	5%	3%	0.45	2.22	0.45	0.45	0.45	-19.63	0.44

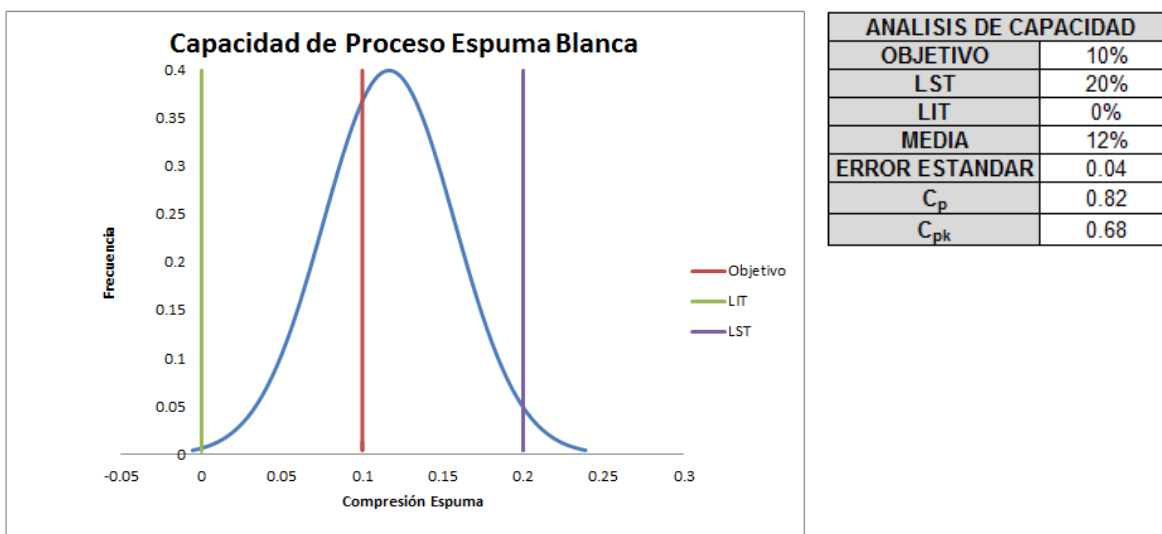
Fuente: Ensayo de Compresión Espuma de Poliuretano

Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Esta variable al igual que la dureza se realiza con una frecuencia mensual, y el rango o valor de especificación es muy alto, como es el caso de la espuma blanca clase 12 que va del 0 al 20%. Los ajustes y cambios están influenciados por la densidad de la espuma, la dureza y el índice de isocianato. Por lo que no amerita realizar un análisis de capacidad de esta variable ya que los rangos de variabilidad son muy amplios y las especificaciones de compresión se aplican dependiendo el gusto del cliente.

La medición gráfica de la capacidad del proceso de la espuma se detalla a continuación:

Gráfico No. 40 Capacidad del Proceso Compresión Espuma Blanca

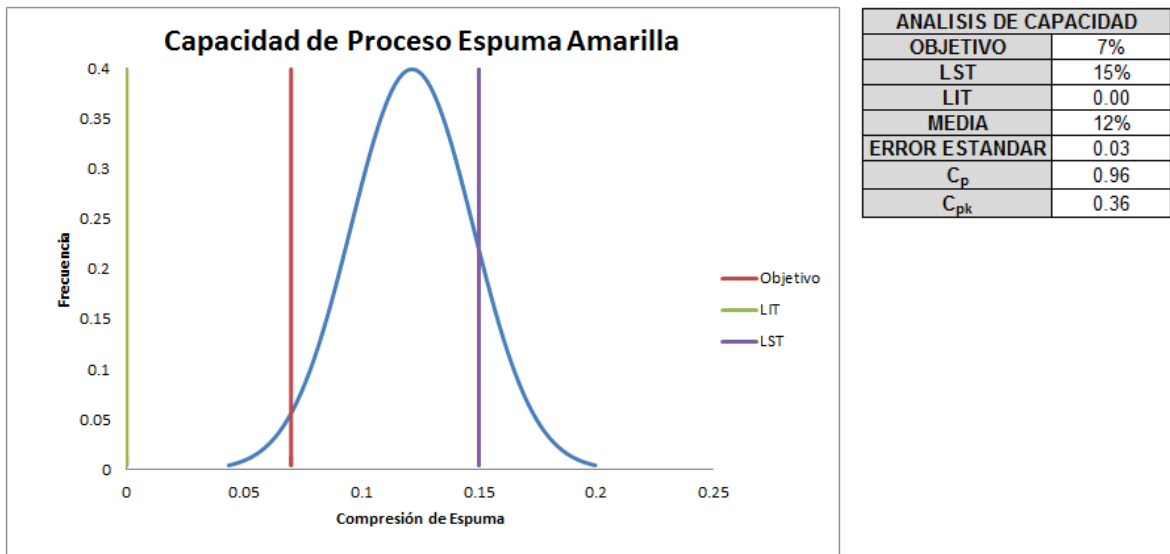


Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Tabla No. 24 Conclusiones sobre el análisis de capacidad de proceso Compresión Espuma Blanca

Estadístico	Comentarios	Conclusión
$C_p = 0.82$ $C_r = 1.22$ $C_{pk} = 0.68$ $C_{pm} = 0.76$ $K = 16.59\%$	<p>La capacidad del proceso no es adecuada ya que el valor se encuentra debajo de 1,33. La amplitud de variación del proceso C_r cubre el 122% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso es mala ya que tanto C_{pk} y C_{pm} es menor a 1, cuando sus valores deberían ser mayor a 1,30.</p> <p>Los problemas de capacidad se deben a que el proceso está descentrado en un 16.59% a la derecha de un valor de 10%</p>	<p>Centrar el proceso: realizar los ajustes y cambios necesarios para que la compresión de la espuma esté entre 0% y 20%</p>

Gráfico No. 41 Capacidad del Proceso Compresión Espuma Amarilla

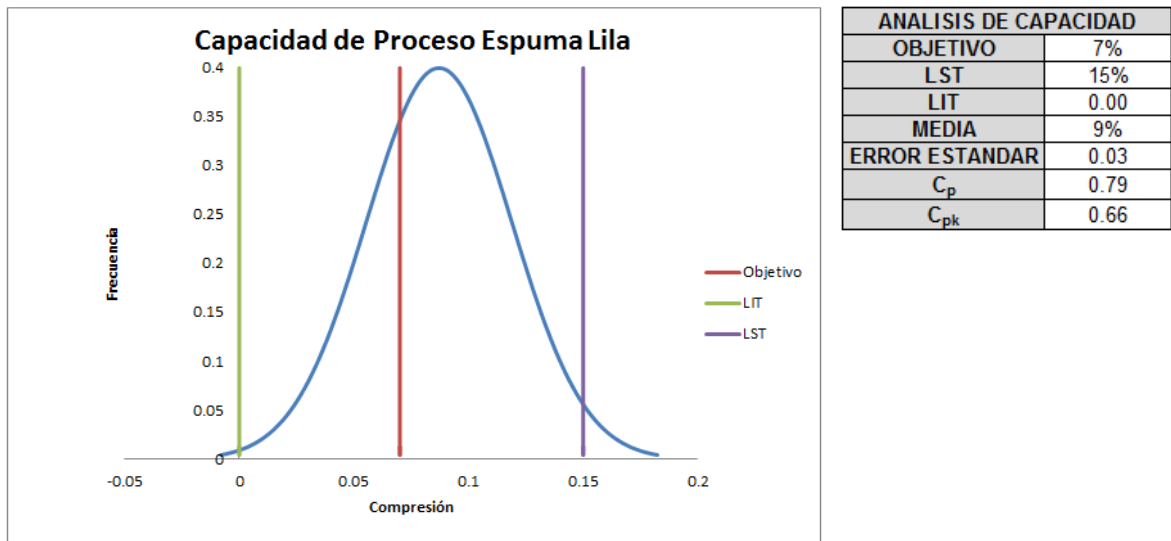


Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Tabla No. 25 Conclusiones sobre el análisis de capacidad de proceso Compresión Espuma Amarilla

Estadístico	Comentarios	Conclusión
$C_p = 0.96$ $C_r = 1.04$ $C_{pk} = 0.36$ $C_{pm} = 0.43$ $K = 68.69\%$	<p>La capacidad del proceso no es adecuada ya que el valor se encuentra debajo de 1,33. La amplitud de variación del proceso C_r cubre el 104% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso es mala ya que tanto C_{pk} y C_{pm} es menor a 1, cuando sus valores deberían ser mayor a 1,30.</p> <p>Los problemas de capacidad se deben a que el proceso está descentrado en un 68.69% a la derecha de un valor de 7%</p>	<p>Centrar el proceso: realizar los ajustes y cambios necesarios para que la compresión de la espuma esté entre 0% y 15%</p>

Gráfico No. 42 Capacidad del Proceso Compresión Espuma Lila



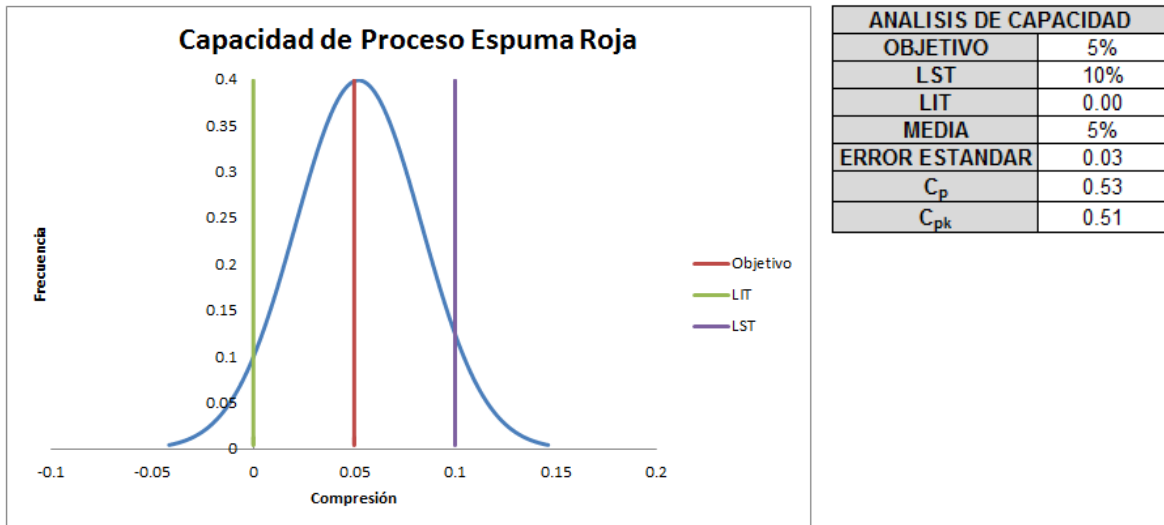
Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Tabla No. 26 Conclusiones sobre el análisis de capacidad de proceso Compresión Espuma Lila

Estadístico	Comentarios	Conclusión
$C_p = 0.79$ $C_r = 1.27$ $C_{pk} = 0.66$ $C_{pm} = 0.69$ $K = 22.78\%$	<p>La capacidad del proceso no es adecuada ya que el valor se encuentra debajo de 1,33. La amplitud de variación del proceso C_r cubre el 127% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso es mala ya que tanto C_{pk} y C_{pm} es menor a 1, cuando sus valores deberían ser mayor a 1,30.</p> <p>Los problemas de capacidad se deben a que el proceso está descentrado en un 22.78% a la derecha de un valor de 7%</p>	<p>Centrar el proceso: realizar los ajustes y cambios necesarios para que la compresión de la espuma esté entre 0% y 15%</p>

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Gráfico No. 43 Capacidad del Proceso Compresión Espuma Roja



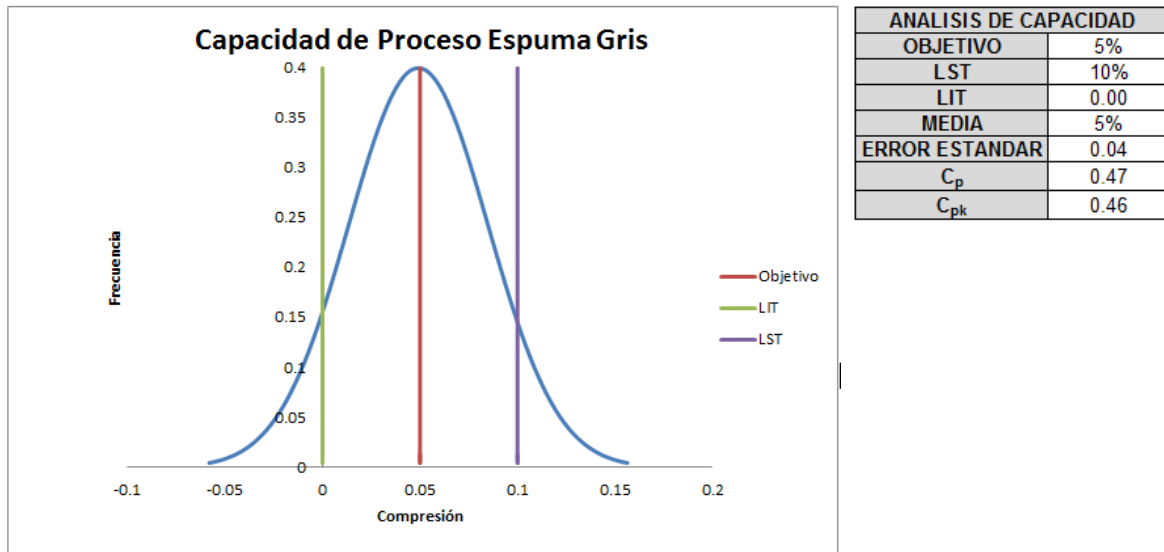
Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Tabla No. 27 Conclusiones sobre el análisis de capacidad de proceso Compresión Espuma Roja

Estadístico	Comentarios	Conclusión
$C_p = 0.53$ $C_r = 1.88$ $C_{pk} = 0.51$ $C_{pm} = 0.53$ $K = 4.33\%$	<p>La capacidad del proceso no es adecuada ya que el valor se encuentra debajo de 1,33. La amplitud de variación del proceso C_r cubre el 188% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso es mala ya que tanto C_{pk} y C_{pm} es menor a 1, cuando sus valores deberían ser mayor a 1,30.</p> <p>Los problemas de capacidad se deben a que el proceso está descentrado en un 4.33% a la derecha de un valor de 5%</p>	<p>Centrar el proceso: realizar los ajustes y cambios necesarios para que la compresión de la espuma esté entre 0% y 10%</p>

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Gráfico No. 44 Capacidad del Proceso Compresión Espuma Gris



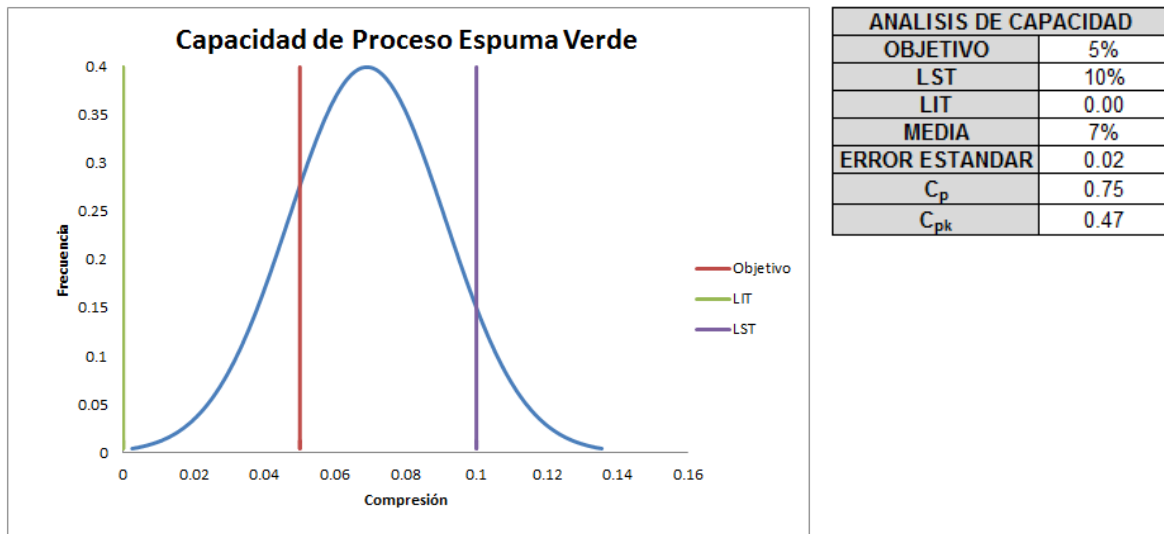
Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Tabla No. 28 Conclusiones sobre el análisis de capacidad de proceso Compresión Espuma Gris

Estadístico	Comentarios	Conclusión
$C_p = 0.47$ $C_r = 2.14$ $C_{pk} = 0.46$ $C_{pm} = 0.53$ $K = -1.81\%$	<p>La capacidad del proceso no es adecuada ya que el valor se encuentra debajo de 1,33. La amplitud de variación del proceso C_r cubre el 214% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso es mala ya que tanto C_{pk} y C_{pm} es menor a 1, cuando sus valores deberían ser mayor a 1,30.</p> <p>Los problemas de capacidad se deben a que el proceso está descentrado en un 1.81% a la izquierda de un valor de 5%</p>	<p>Centrar el proceso: realizar los ajustes y cambios necesarios para que la compresión de la espuma esté entre 0% y 10%</p>

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Gráfico No. 45 Capacidad del Proceso Compresión Espuma Verde



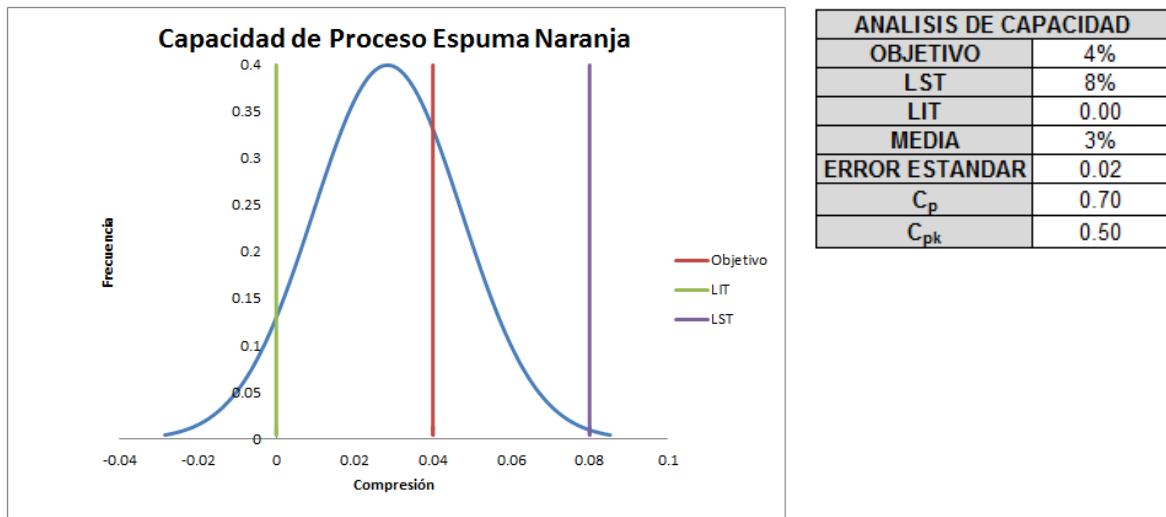
Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Tabla No. 29 Conclusiones sobre el análisis de capacidad de proceso Compresión Espuma Verde

Estadístico	Comentarios	Conclusión
$C_p = 0.75$ $C_r = 1.33$ $C_{pk} = 0.47$ $C_{pm} = 0.57$ $K = 37.98\%$	<p>La capacidad del proceso no es adecuada ya que el valor se encuentra debajo de 1,33. La amplitud de variación del proceso C_r cubre el 133% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso es mala ya que tanto C_{pk} y C_{pm} es menor a 1, cuando sus valores deberían ser mayor a 1,30.</p> <p>Los problemas de capacidad se deben a que el proceso está descentrado en un 37.98% a la derecha de un valor de 5%</p>	<p>Centrar el proceso: realizar los ajustes y cambios necesarios para que la compresión de la espuma esté entre 0% y 10%</p>

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Gráfico No. 46 Capacidad del Proceso Compresión Espuma Naranja



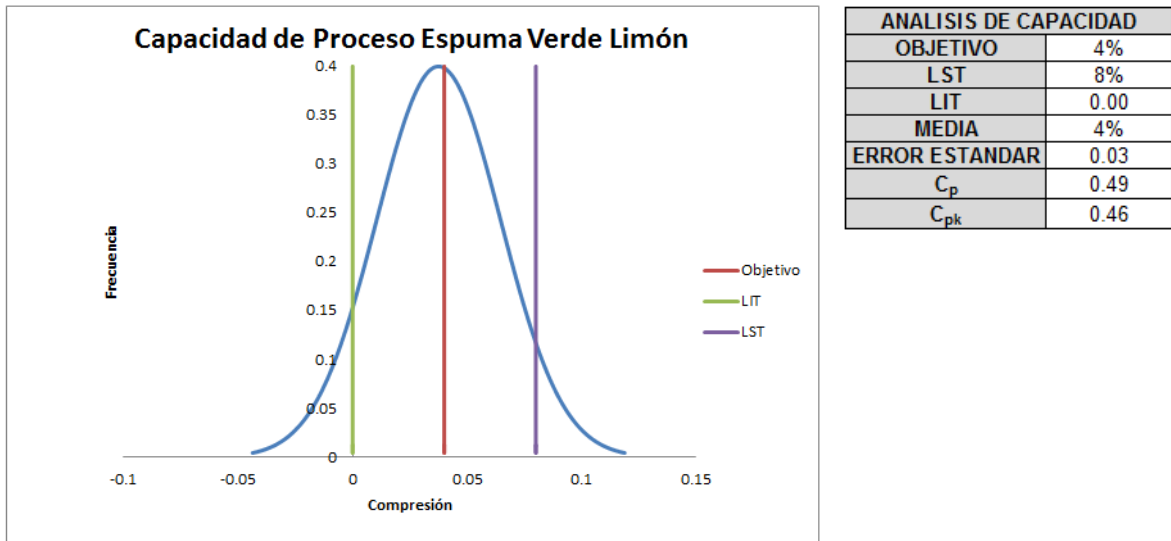
Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
 Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Tabla No. 30 Conclusiones sobre el análisis de capacidad de proceso Compresión Espuma Naranja

Estadístico	Comentarios	Conclusión
<p>$C_p = 0.70$ $C_r = 2.03$ $C_{pk} = 0.46$ $C_{pm} = 0.49$ $K = -6.23\%$</p>	<p>La capacidad del proceso no es adecuada ya que el valor se encuentra debajo de 1,33. La amplitud de variación del proceso C_r cubre el 203% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso es mala ya que tanto C_{pk} y C_{pm} es menor a 1, cuando sus valores deberían ser mayor a 1,30.</p> <p>Los problemas de capacidad se deben a que el proceso está descentrado en un 6.23% a la izquierda de un valor de 4%</p>	<p>Centrar el proceso: realizar los ajustes y cambios necesarios para que la compresión de la espuma esté entre 0% y 8%</p>

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
 Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Gráfico No. 47 Capacidad del Proceso Compresión Espuma Verde Limón



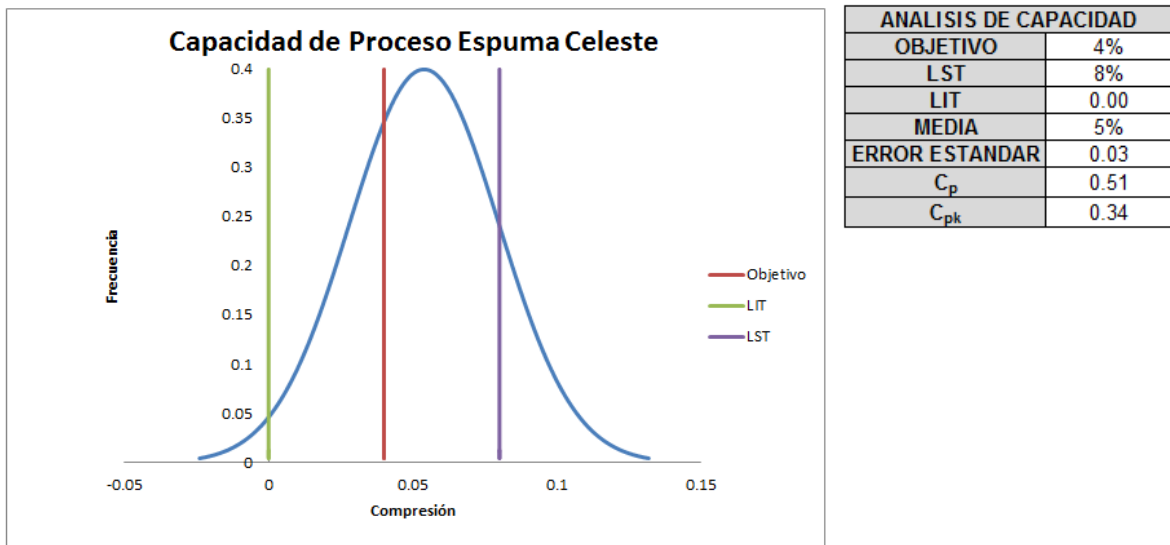
Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
 Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Tabla No. 31 Conclusiones sobre el análisis de capacidad de proceso Compresión Espuma Verde Limón

Estadístico	Comentarios	Conclusión
C_p = 0.49 Cr = 1.42 C_{pk} = 0.50 C_{pm} = 0.60 K = -29.02%	La capacidad del proceso no es adecuada ya que el valor se encuentra debajo de 1,33. La amplitud de variación del proceso Cr cubre el 142% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso es mala ya que tanto C _{pk} y C _{pm} es menor a 1, cuando sus valores deberían ser mayor a 1,30. Los problemas de capacidad se deben a que el proceso está descentrado en un 29.02% a la izquierda de un valor de 4%	Centrar el proceso: realizar los ajustes y cambios necesarios para que la compresión de la espuma esté entre 0% y 8%

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
 Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Gráfico No. 48 Capacidad del Proceso Compresión Espuma Celeste



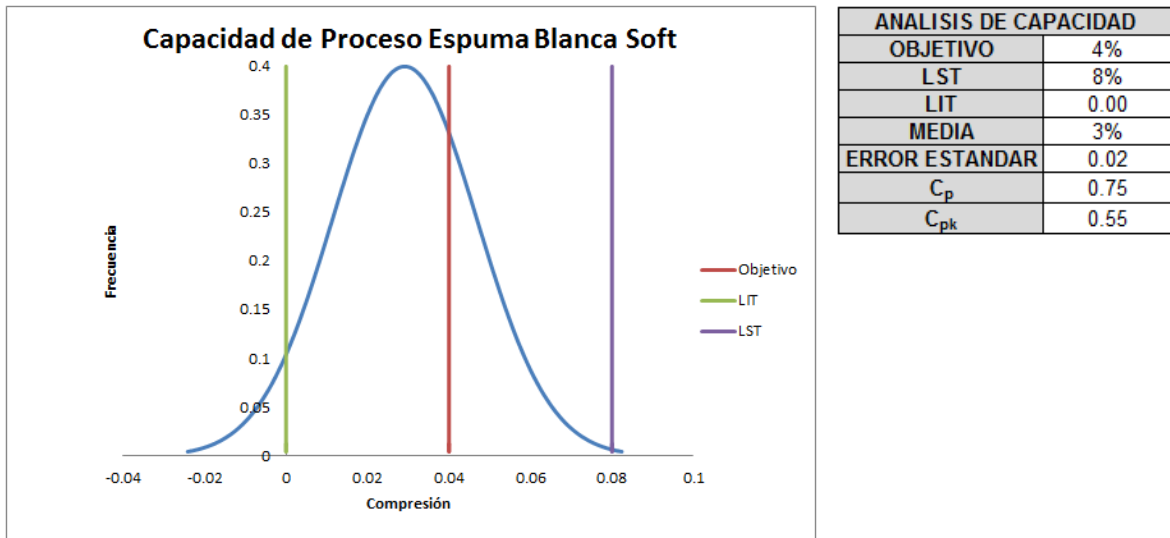
Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Tabla No. 32 Conclusiones sobre el análisis de capacidad de proceso Compresión Espuma Celeste

Estadístico	Comentarios	Conclusión
$C_p = 0.51$ $C_r = 1.95$ $C_{pk} = 0.34$ $C_{pm} = 0.45$ $K = 34.69\%$	<p>La capacidad del proceso no es adecuada ya que el valor se encuentra debajo de 1,33. La amplitud de variación del proceso C_r cubre el 195% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso es mala ya que tanto C_{pk} y C_{pm} es menor a 1, cuando sus valores deberían ser mayor a 1,30.</p> <p>Los problemas de capacidad se deben a que el proceso está descentrado en un 34.69% a la derecha de un valor de 4%</p>	<p>Centrar el proceso: realizar los ajustes y cambios necesarios para que la compresión de la espuma esté entre 0% y 8%</p>

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Gráfico No. 49 Capacidad del Proceso Compresión Espuma Blanca Soft



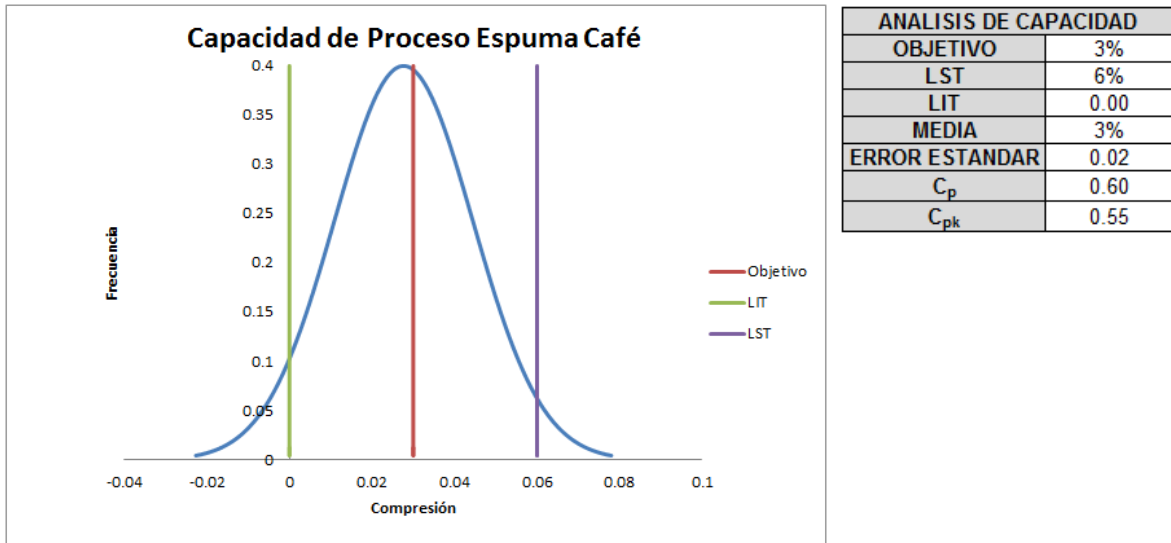
Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Tabla No. 33 Conclusiones sobre el análisis de capacidad de proceso Compresión Espuma Blanca Soft

Estadístico	Comentarios	Conclusión
$C_p = 0.75$ $C_r = 1.33$ $C_{pk} = 0.55$ $C_{pm} = 0.64$ $K = -27.21\%$	<p>La capacidad del proceso no es adecuada ya que el valor se encuentra debajo de 1,33. La amplitud de variación del proceso C_r cubre el 133% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso es mala ya que tanto C_{pk} y C_{pm} es menor a 1, cuando sus valores deberían ser mayor a 1,30.</p> <p>Los problemas de capacidad se deben a que el proceso está descentrado en un 27.21% a la izquierda de un valor de 4%</p>	<p>Centrar el proceso: realizar los ajustes y cambios necesarios para que la compresión de la espuma esté entre 0% y 8%</p>

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Gráfico No. 50 Capacidad del Proceso Compresión Espuma Café



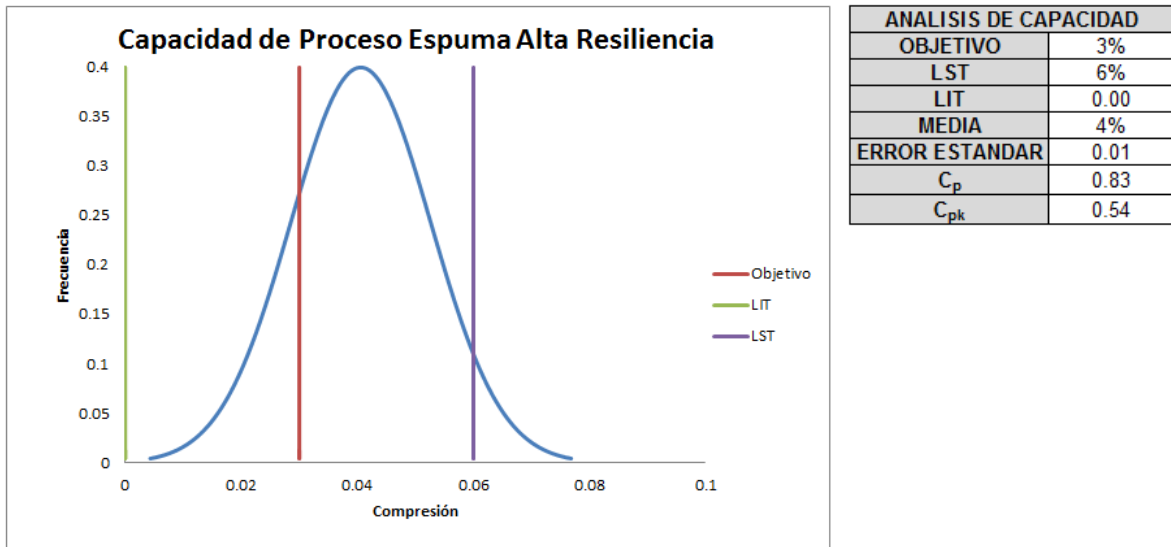
Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Tabla No. 34 Conclusiones sobre el análisis de capacidad de proceso Compresión Espuma Café

Estadístico	Comentarios	Conclusión
$C_p = 0.60$ $C_r = 1.68$ $C_{pk} = 0.55$ $C_{pm} = 0.59K = 7.83\%$	<p>La capacidad del proceso no es adecuada ya que el valor se encuentra debajo de 1,33. La amplitud de variación del proceso C_r cubre el 168% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso es mala ya que tanto C_{pk} y C_{pm} es menor a 1, cuando sus valores deberían ser mayor a 1,30.</p> <p>Los problemas de capacidad se deben a que el proceso está descentrado en un 7.83% a la izquierda de un valor de 3%</p>	<p>Centrar el proceso: realizar los ajustes y cambios necesarios para que la compresión de la espuma esté entre 0% y 6%</p>

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Gráfico No. 51 Capacidad del Proceso Compresión Espuma Alta Resiliencia



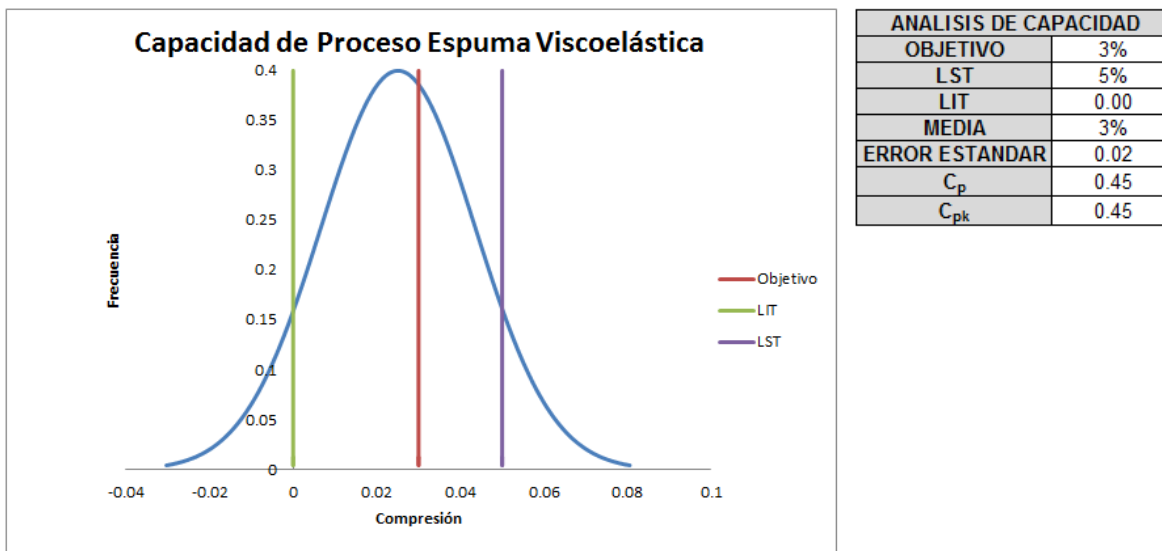
Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Tabla No. 35 Conclusiones sobre el análisis de capacidad de proceso Compresión Espuma Alta Resiliencia

Estadístico	Comentarios	Conclusión
$C_p = 0.83$ $C_r = 1.21$ $C_{pk} = 0.54$ $C_{pm} = 0.62$ $K = 35.25\%$	<p>La capacidad del proceso no es adecuada ya que el valor se encuentra debajo de 1,33. La amplitud de variación del proceso C_r cubre el 121% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso es mala ya que tanto C_{pk} y C_{pm} es menor a 1, cuando sus valores deberían ser mayor a 1,30.</p> <p>Los problemas de capacidad se deben a que el proceso está descentrado en un 35.25% a la derecha de un valor de 3%</p>	<p>Centrar el proceso: realizar los ajustes y cambios necesarios para que la compresión de la espuma esté entre 0% y 6%</p>

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Gráfico No. 52 Capacidad del Proceso Compresión Espuma Viscoelástica



Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Tabla No. 36 Conclusiones sobre el análisis de capacidad de proceso Compresión Espuma Viscoelástica

Estadístico	Comentarios	Conclusión
$C_p = 0.45$ $C_r = 2.22$ $C_{pk} = 0.45$ $C_{pm} = 0.44$ $K = -19.63\%$	<p>La capacidad del proceso no es adecuada ya que el valor se encuentra debajo de 1,33. La amplitud de variación del proceso C_r cubre el 222% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso es mala ya que tanto C_{pk} y C_{pm} es menor a 1, cuando sus valores deberían ser mayor a 1,30.</p> <p>Los problemas de capacidad se deben a que el proceso está descentrado en un 19.63% a la derecha de un valor de 3%</p>	<p>Centrar el proceso: realizar los ajustes y cambios necesarios para que la compresión de la espuma esté entre 0% y 5%</p>

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

3.8.5 Cálculo de la Capacidad del Proceso de la Variable Densidad

Esta variable de salida o respuesta densidad es importante para determinar la durabilidad de la espuma, el soporte de la misma y el costo. Una espuma más densa es una espuma más costosa. La densidad de las espumas se agrupan según su clase con y el rango de densidad.

En la tabla No. 37 se calcula la densidad de la espuma según su clase (rango de clasificación de las espumas de acuerdo a su densidad):

Tabla No. 37 Capacidad de Proceso Variable Densidad

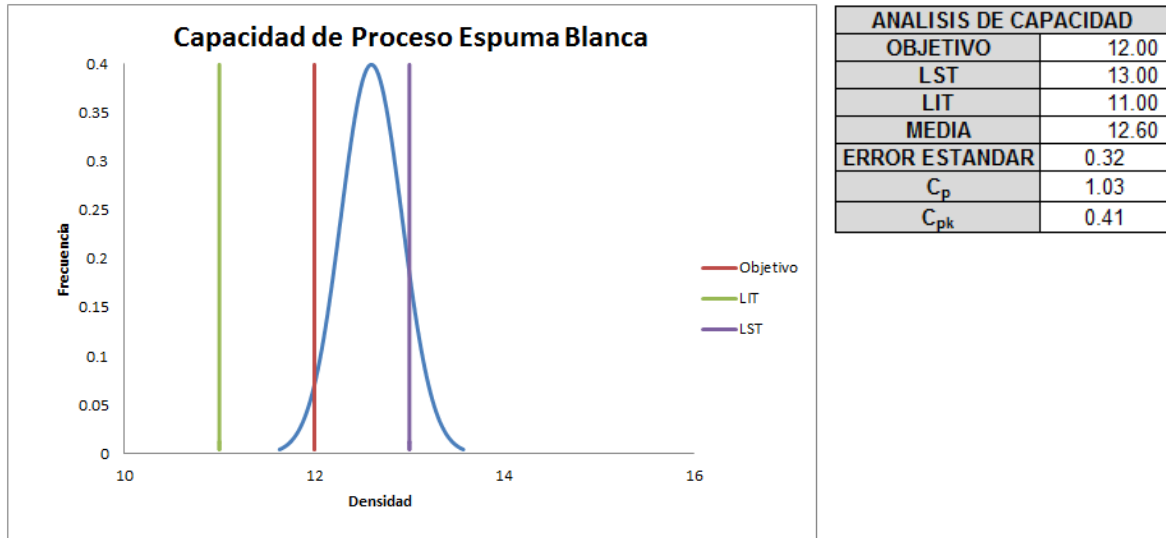
Capacidad del Proceso Densidad 2012																					
ESPUMA	CLASE	DENSIDAD (kg/m3)		Densidad kg/m3						Desviación Estándar	Promedio (cm)	El (cm)	ES (cm)	N (Target)	Cp	Cr	Cpi	Cps	Cpk	K	Cpm
		Min	Max	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio												
Blanca	12	11.0	13.0	12.7	12.7	12.6	12.3	12.2	13.1	0.322	12.60	11.0	13.0	12.00	1.03	0.97	1.65	0.41	0.41	60.00	0.49
Amarilla	15	14.0	16.0	16.4	16.4	16.3	16.0	16.4	16.3	0.155	16.30	14.0	16.0	15.00	2.15	0.46	4.95	-0.65	-0.65	130.00	0.25
Lila	17	16.1	18.5	17.8	17.5	17.2	17.1	17	17.2	0.297	17.30	16.1	18.5	17.30	1.35	0.74	1.35	1.35	1.35	0.00	1.35
Roja	23	21.1	24.0	24.3	24.2	24.3	24.5	24.2	23.9	0.197	24.23	21.1	24.0	22.55	2.46	0.41	5.31	-0.40	-0.40	116.09	0.29
Gris	23	21.1	24.0	22.4	23	22.3	22.8	22.3	21.9	0.394	22.45	21.1	24.0	22.55	1.23	0.81	1.14	1.31	1.14	-6.90	1.19
Verde	23	21.1	24.0	22.7	22.3	22.7	22.1	22.7	22.5	0.253	22.50	21.1	24.0	22.55	1.91	0.52	1.84	1.98	1.84	-3.45	1.87
Naranja	30	27.1	32.0	30.3	30.1	30.3	29.6	30.3	30.5	0.313	30.18	27.1	32.0	29.55	2.61	0.38	3.29	1.94	1.94	25.85	1.16
Verde Limón	30	27.1	32.0	30.3	30.2	30.5	30.5	29.8	29.6	0.373	30.15	27.1	32.0	29.55	2.19	0.46	2.73	1.65	1.65	24.49	1.16
Celeste	30	27.1	32.0	31.8	31.7	30.6	30.2	30.5	30.6	0.675	30.90	27.1	32.0	29.55	1.21	0.83	1.88	0.54	0.54	55.10	0.54
Blanca Soft	30	27.1	32.0	30.3	30.2	30.0	29.9	29.7	30.5	0.290	30.10	27.1	32.0	29.55	2.82	0.35	3.45	2.19	2.19	22.45	1.31
Café	36	32.1	40.0	32.9	32.2	33.0	32.6	33	32.5	0.322	32.70	32.1	40.0	36.05	4.08	0.24	0.62	7.55	0.62	-84.81	0.39
Alta Resiliencia	36	32.1	40.0	33.2	33.3	33	33.5	33.2	33.2	0.163	33.23	32.1	40.0	36.05	8.06	0.12	2.31	13.81	2.31	-71.31	0.47
Viscoelastica	44	40.1	48.0	48.5	48.6	48.2	48.1	48.2	48.3	0.194	48.32	40.1	48.0	44.05	6.78	0.15	14.11	-0.54	-0.54	108.02	0.31

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Mercí León - Dorian Salazar

En cuanto la variable densidad se realiza la medición con una frecuencia mensual, por lo que la cantidad de datos es pequeña, y el control de la misma es una vez al mes, no amerita un control con una frecuencia mayor a la misma a menos que se realicen cambios en las formulaciones, o se quiera aumentar o disminuir la densidad, es por eso que no amerita un análisis gráfico de la capacidad más los índices de Capacidad Cp en su mayoría están sobre el 1.33.

La medición gráfica de la capacidad del proceso de la espuma se detalla a continuación:

Gráfico No. 53 Capacidad del Proceso Densidad Espuma Blanca



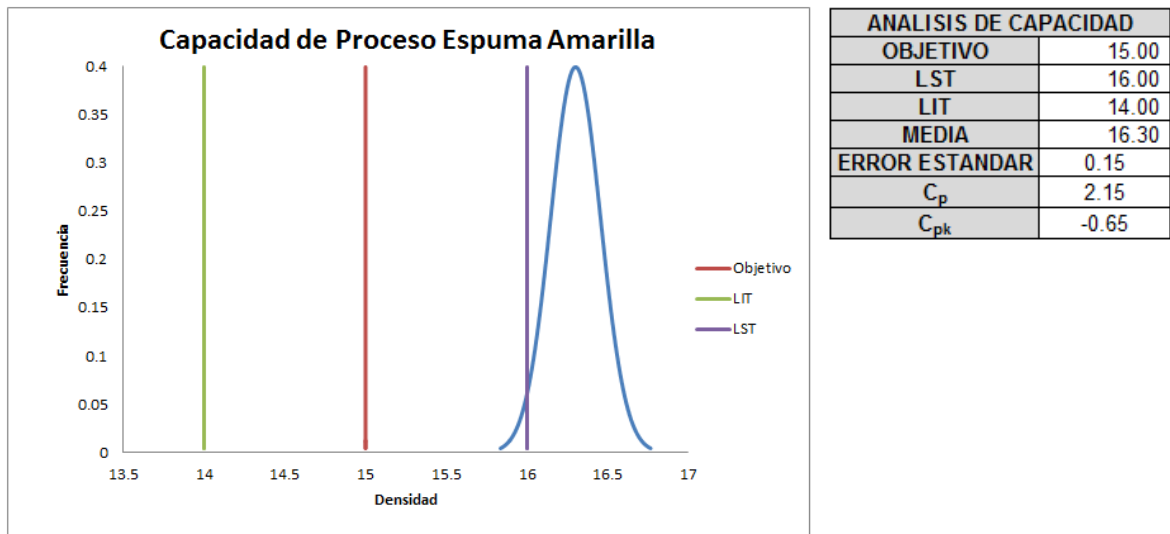
Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Tabla No. 38 Conclusiones sobre el análisis de densidad de proceso Compresión Espuma Blanca

Estadístico	Comentarios	Conclusión
<p>C_p= 1.03 Cr= 0.97 C_{pk}= 0.41 C_{pm}= 0.49 K= 60%</p>	<p>La capacidad del proceso no es adecuada ya que el valor se encuentra debajo de 1,33. La amplitud de variación del proceso Cr cubre el 97% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso es mala ya que tanto C_{pk} y C_{pm} es menor a 1, cuando sus valores deberían ser mayor a 1,30.</p> <p>Los problemas de capacidad se deben a que el proceso está descentrado en un 60% a la derecha de un valor de 12</p>	<p>Centrar el proceso: realizar los ajustes y cambios necesarios para que la compresión de la espuma esté entre 11 y 13</p>

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Gráfico No. 54 Capacidad del Proceso Densidad Espuma Amarilla



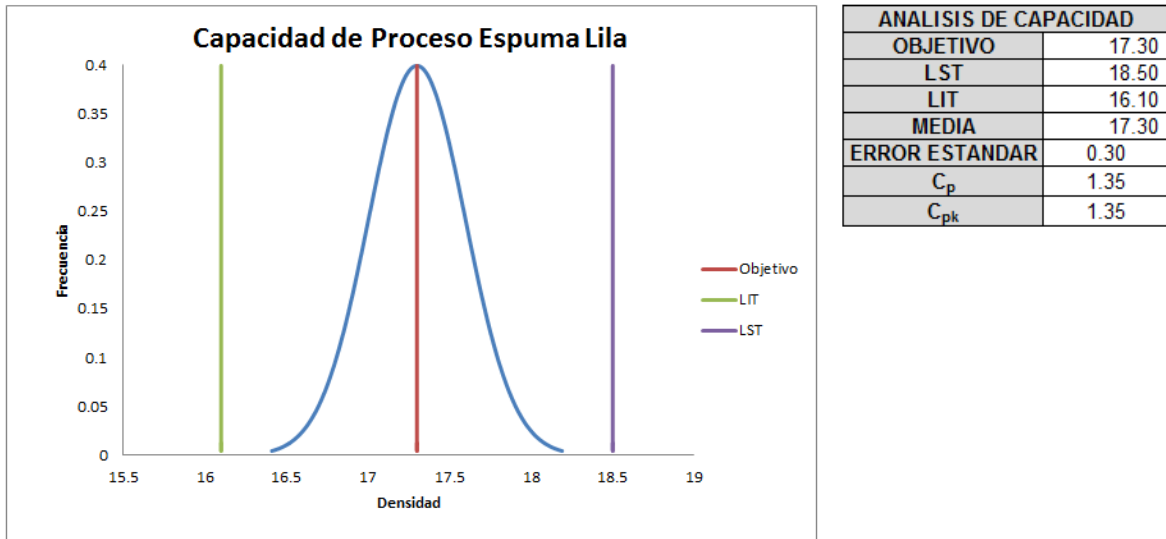
Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Tabla No. 39 Conclusiones sobre el análisis de densidad de proceso Compresión Espuma Amarilla

Estadístico	Comentarios	Conclusión
$C_p = 2.15$ $C_r = 0.46$ $C_{pk} = -0.65$ $C_{pm} = 0.25$ $K = 130\%$	<p>Si bien la capacidad del proceso es adecuada ya que el valor se encuentra sobre 1,33, la capacidad real del proceso indica que éste no cumple con al menos una especificación.</p> <p>La amplitud de variación del proceso C_r cubre el 46% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso es mala ya que tanto C_{pk} y C_{pm} es menor a 1, cuando sus valores deberían ser mayor a 1,30.</p> <p>Los problemas de capacidad se deben a que el proceso está descentrado en un 130% a la derecha de un valor de 15</p>	<p>Centrar el proceso: realizar los ajustes y cambios necesarios para que la compresión de la espuma esté entre 14 y 16</p>

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Gráfico No. 55 Capacidad del Proceso Densidad Espuma Lila



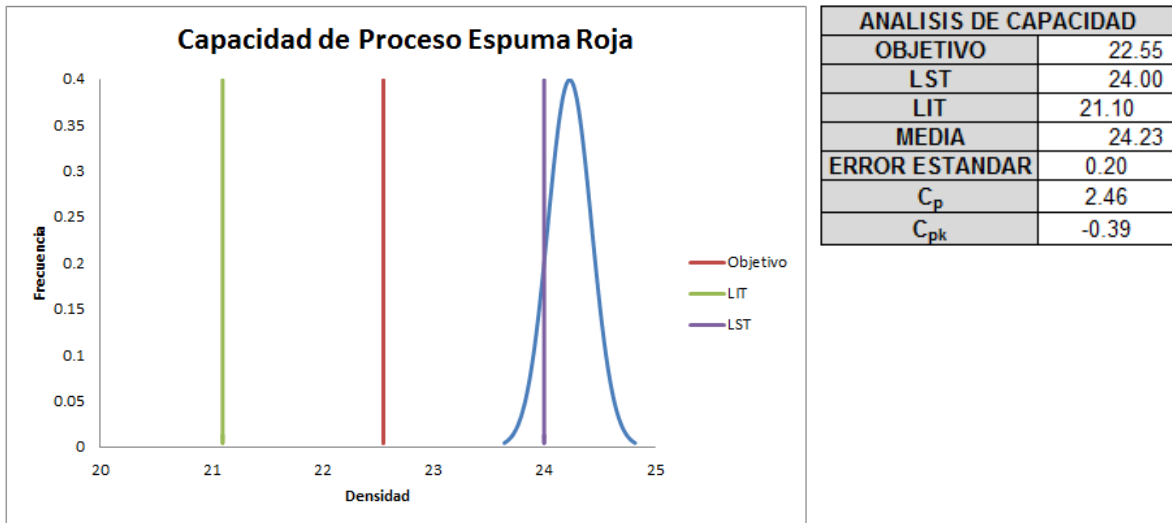
Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
 Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Tabla No. 40 Conclusiones sobre el análisis de densidad de proceso Compresión Espuma Lila

Estadístico	Comentarios	Conclusión
C_p = 1.35 C_r = 0.74 C_{pk} = 1.35 C_{pm} = 1.35 K = 0%	La capacidad del proceso es adecuada ya que el valor se encuentra sobre 1,33. La capacidad real del proceso es adecuada ya que tanto C _{pk} y C _{pm} es mayor a 1,30. El proceso está centrado.	Establecer acciones para mantener el estado actual del proceso

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
 Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Gráfico No. 56 Capacidad del Proceso Densidad Espuma Roja



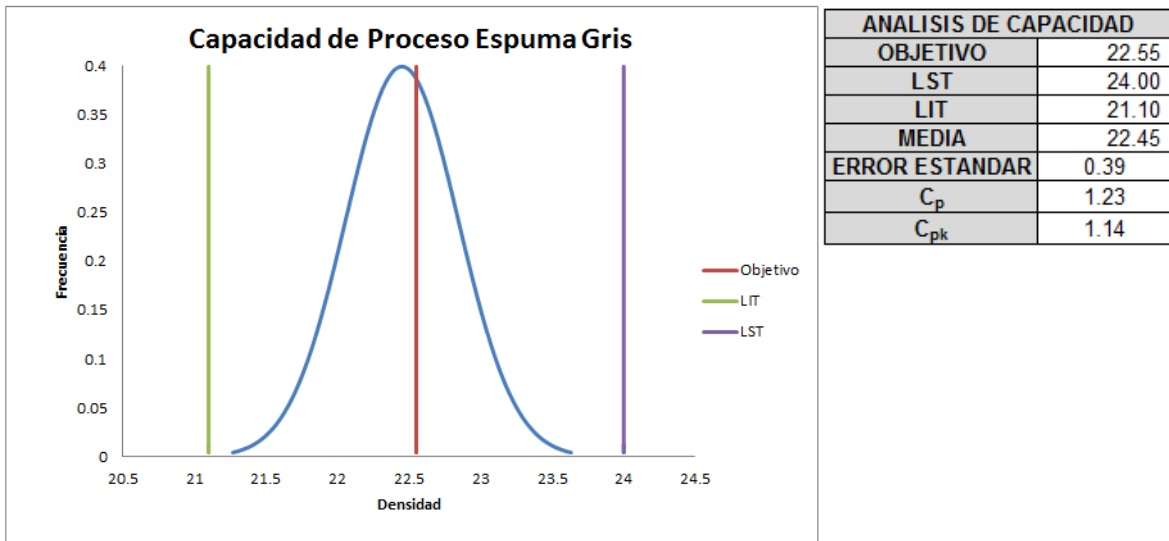
Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Tabla No. 41 Conclusiones sobre el análisis de densidad de proceso Compresión Espuma Roja

Estadístico	Comentarios	Conclusión
$C_p = 2.46$ $C_r = 0.41$ $C_{pk} = -0.39$ $C_{pm} = 0.29$ $K = 116.09\%$	<p>Si bien la capacidad del proceso es adecuada ya que el valor se encuentra sobre 1,33, la capacidad real del proceso indica que éste no cumple con al menos una especificación. La amplitud de variación del proceso C_r cubre el 41% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso es mala ya que tanto C_{pk} y C_{pm} es menor a 1, cuando sus valores deberían ser mayor a 1,30.</p> <p>Los problemas de capacidad se deben a que el proceso está descentrado en un 116% a la derecha de un valor de 22.55</p>	<p>Centrar el proceso: realizar los ajustes y cambios necesarios para que la compresión de la espuma esté entre 21.10 y 24</p>

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Gráfico No. 57 Capacidad del Proceso Densidad Espuma Gris



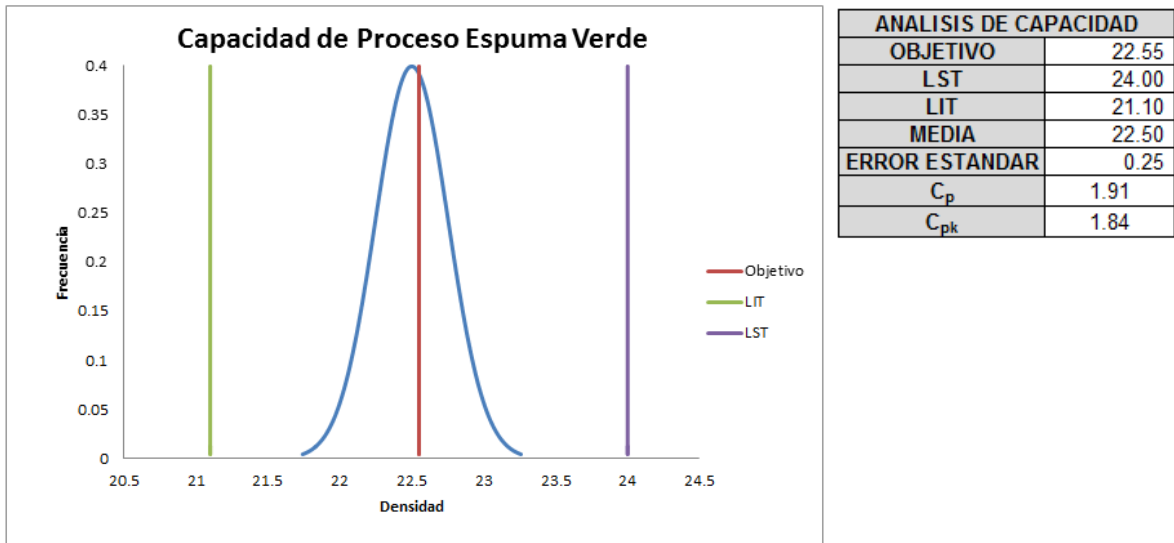
Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
 Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Tabla No. 42 Conclusiones sobre el análisis de densidad de proceso Compresión Espuma Gris

Estadístico	Comentarios	Conclusión
$C_p = 1.23$ $C_r = 0.81$ $C_{pk} = 1.14$ $C_{pm} = 1.19$ $K = -6.90\%$	La capacidad del proceso no es adecuada ya que el valor se encuentra debajo de 1,33. La amplitud de variación del proceso C_r cubre el 81% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso es mala ya que tanto C_{pk} y C_{pm} es menor a 1, cuando sus valores deberían ser mayor a 1,30. Los problemas de capacidad se deben a que el proceso está descentrado en un 6.90% a la izquierda de un valor de 22.55	Centrar el proceso: realizar los ajustes y cambios necesarios para que la compresión de la espuma esté entre 21.10 y 34

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
 Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Gráfico No. 58 Capacidad del Proceso Densidad Espuma Verde



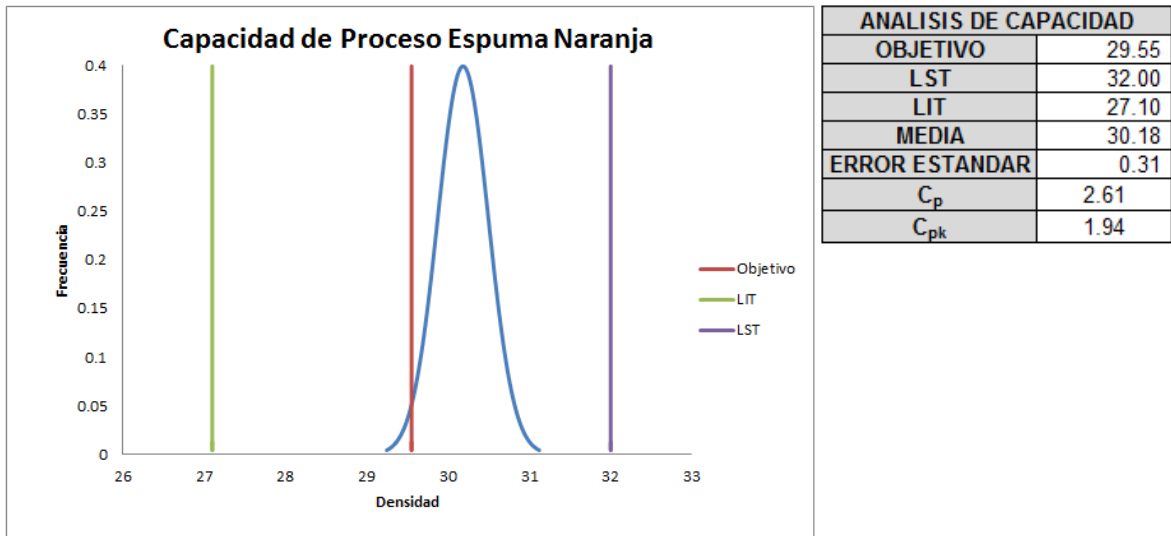
Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
 Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Tabla No. 43 Conclusiones sobre el análisis de densidad de proceso Compresión Espuma Verde

Estadístico	Comentarios	Conclusión
<p>$C_p = 1.91$ $C_r = 0.52$ $C_{pk} = 1.84$ $C_{pm} = 1.87$ $K = -3.45\%$</p>	<p>La capacidad del proceso es adecuada ya que el valor se encuentra sobre 1,33. La capacidad real del proceso es adecuada ya que tanto C_{pk} y C_{pm} es mayor a 1,30.</p> <p>Sin embargo el proceso se encuentra descentrado en un 3.45% a la izquierda del valor objetivo de 22.55.</p>	<p>Establecer acciones para centrar el proceso.</p>

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
 Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Gráfico No. 59 Capacidad del Proceso Densidad Espuma Naranja



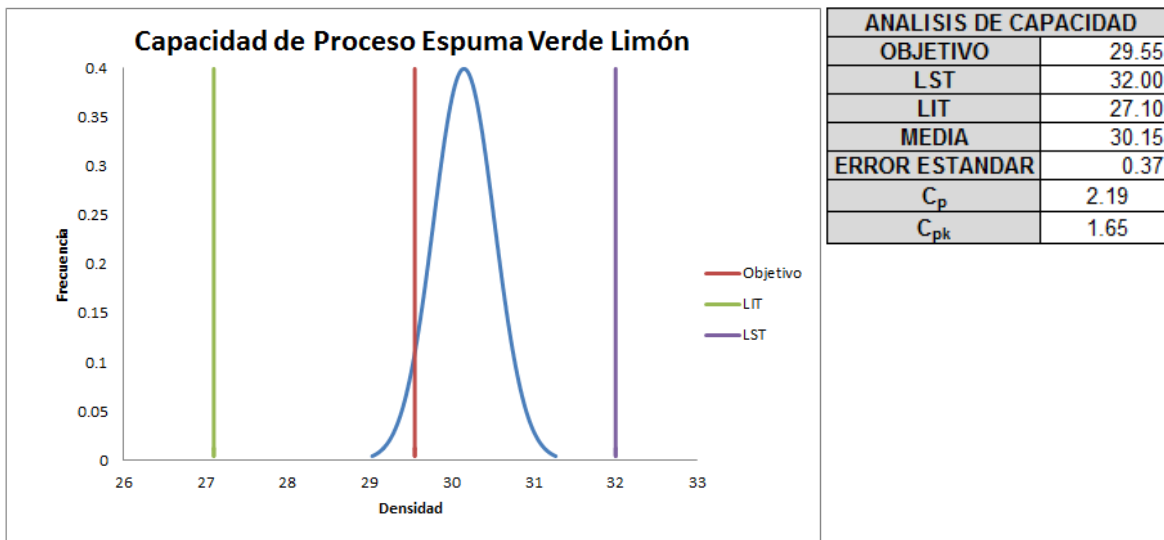
Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
 Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Tabla No. 44 Conclusiones sobre el análisis de densidad de proceso Compresión Espuma Naranja

Estadístico	Comentarios	Conclusión
C_p= 2.61 C_r= 0.38 C_{pk}= 1.94 C_{pm}= 1.16 K= 25.85%	Si bien la capacidad del proceso es adecuada ya que el valor se encuentra sobre de 1,33. La amplitud de variación del proceso Cr cubre el 38% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso indica que éste no cumple con al menos una especificación, ya que aunque Cpk es mayor a 1,30, Cpm es menor a 1,30. Los problemas de capacidad se deben a que el proceso está descentrado en un 25.85% a la derecha de un valor de 29.55	Centrar el proceso: realizar los ajustes y cambios necesarios para que la compresión de la espuma esté entre 27.10 y 32

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
 Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Gráfico No. 61 Capacidad del Proceso Densidad Espuma Verde Limón



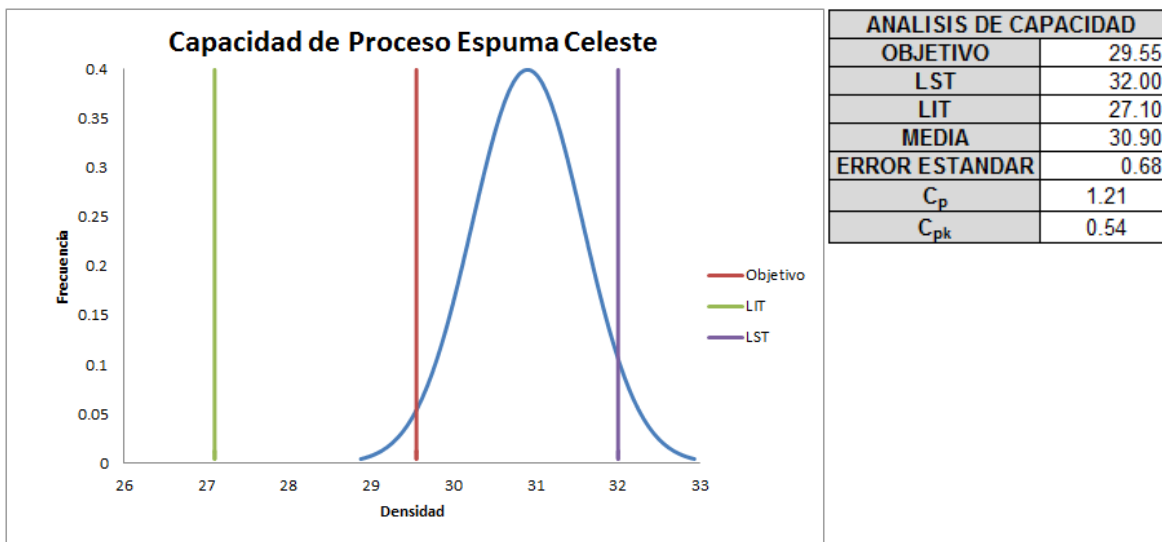
Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
 Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Tabla No. 45 Conclusiones sobre el análisis de densidad de proceso Compresión Espuma Verde Limón

Estadístico	Comentarios	Conclusión
C_p = 2.19 C_r = 0.46 C_{pk} = 1.65 C_{pm} = 1.16 K = 24.49%	<p>Si bien la capacidad del proceso es adecuada ya que el valor se encuentra sobre de 1,33. La amplitud de variación del proceso Cr cubre el 46% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso indica que éste no cumple con al menos una especificación, ya que aunque Cpk es mayor a 1,30, Cpm es menor a 1,30.</p> <p>Los problemas de capacidad se deben a que el proceso está descentrado en un 24.49% a la derecha de un valor de 29.55</p>	<p>Centrar el proceso: realizar los ajustes y cambios necesarios para que la compresión de la espuma esté entre 27.10 y 32</p>

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
 Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Gráfico No. 62 Capacidad del Proceso Densidad Espuma Celeste



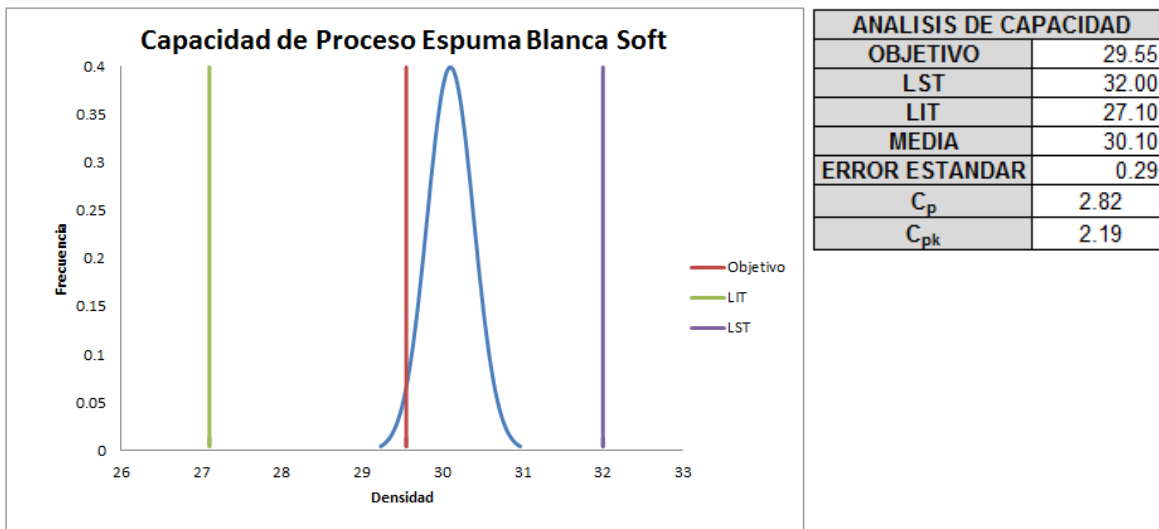
Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Tabla No. 46 Conclusiones sobre el análisis de densidad de proceso Compresión Espuma Celeste

Estadístico	Comentarios	Conclusión
$C_p = 1.21$ $C_r = 0.83$ $C_{pk} = 0.54$ $C_{pm} = 0.54$ $K = 55.10\%$	<p>La capacidad del proceso no es adecuada ya que el valor se encuentra debajo de 1,33. La amplitud de variación del proceso C_r cubre el 83% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso es mala ya que tanto C_{pk} y C_{pm} es menor a 1, cuando sus valores deberían ser mayor a 1,30.</p> <p>Los problemas de capacidad se deben a que el proceso está descentrado en un 55.10% a la derecha de un valor de 29.55</p>	<p>Centrar el proceso: realizar los ajustes y cambios necesarios para que la compresión de la espuma esté entre 27.10 y 32</p>

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Gráfico No. 63 Capacidad del Proceso Densidad Espuma Blanca Soft



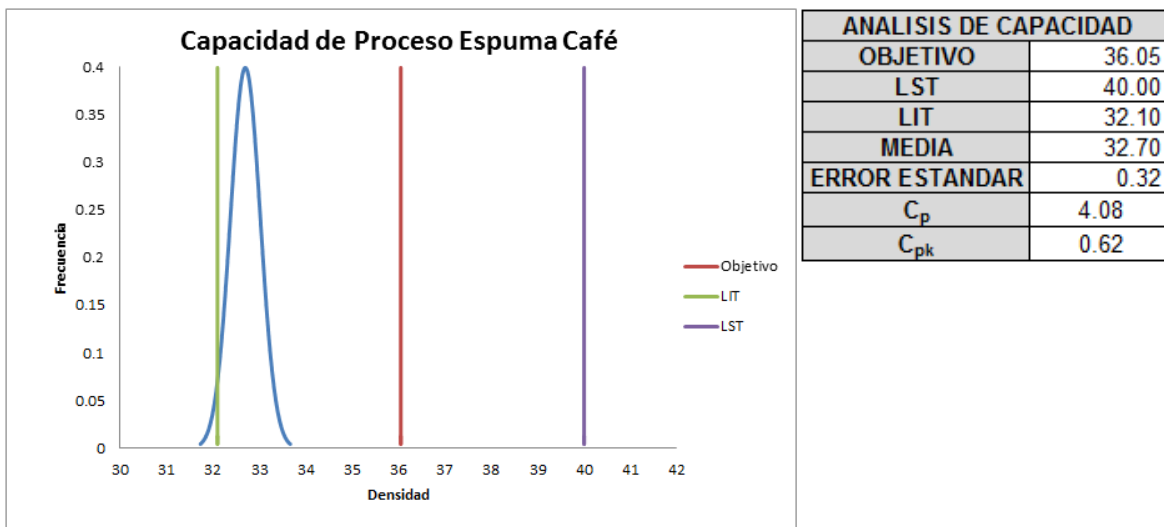
Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
 Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Tabla No. 47 Conclusiones sobre el análisis de densidad de proceso Compresión Espuma Blanca Soft

Estadístico	Comentarios	Conclusión
$C_p = 2.82$ $C_r = 0.35$ $C_{pk} = 2.19$ $C_{pm} = 1.31$ $K = 22.45\%$	La capacidad del proceso es adecuada ya que el valor se encuentra sobre 1,33. La capacidad real del proceso es adecuada ya que tanto C_{pk} y C_{pm} es mayor a 1,30. Sin embargo el proceso se encuentra descentrado en un 22.45% a la izquierda del valor objetivo de 29.55.	Establecer acciones para centrar el proceso.

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
 Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Gráfico No. 64 Capacidad del Proceso Densidad Espuma Café



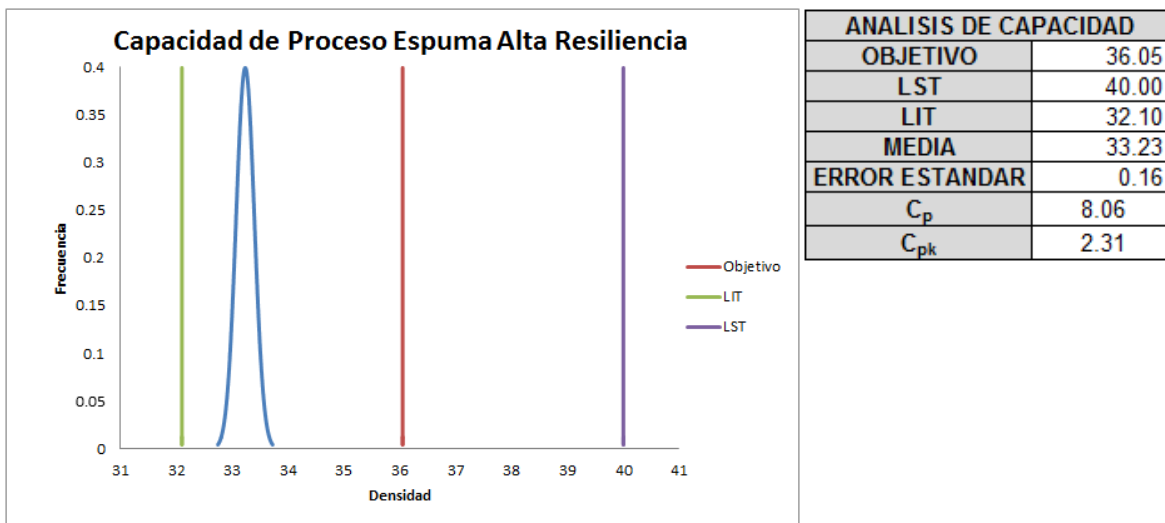
Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
 Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Tabla No. 48 Conclusiones sobre el análisis de densidad de proceso Compresión Espuma Café

Estadístico	Comentarios	Conclusión
<p>$C_p = 4.08$ $C_r = 0.24$ $C_{pk} = 0.62$ $C_{pm} = 0.39$ $K = -84.81\%$</p>	<p>Si bien la capacidad del proceso es adecuada ya que el valor se encuentra sobre de 1,33. La amplitud de variación del proceso C_r cubre el 24% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso indica que éste no cumple con al menos una especificación, ya que tanto C_{pk} como C_{pm} es menor a 1,30.</p> <p>Los problemas de capacidad se deben a que el proceso está descentrado en un -84.81% a la derecha de un valor de 36.05</p>	<p>Centrar el proceso: realizar los ajustes y cambios necesarios para que la compresión de la espuma esté entre 32.10 y 40</p>

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
 Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Gráfico No. 65 Capacidad del Proceso Densidad Espuma Alta Resiliencia



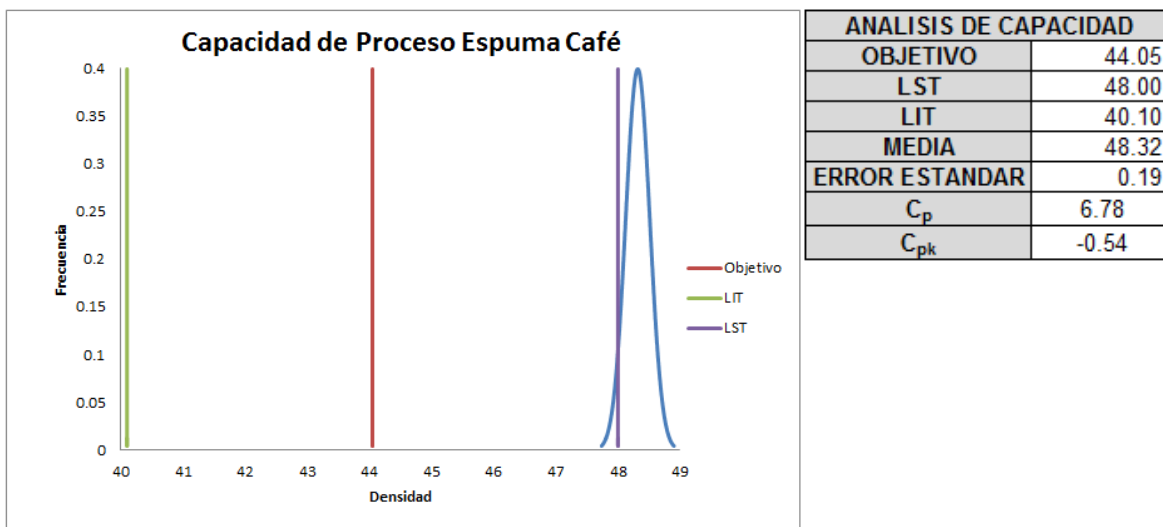
Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Tabla No. 49 Conclusiones sobre el análisis de densidad de proceso Compresión Espuma Alta Resiliencia

Estadístico	Comentarios	Conclusión
$C_p = 8.06$ $C_r = 0.12$ $C_{pk} = 2.31$ $C_{pm} = 0.47$ $K = -71.31\%$	<p>Si bien la capacidad del proceso es adecuada ya que el valor se encuentra sobre de 1,33. La amplitud de variación del proceso C_r cubre el 12% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso indica que éste no cumple con al menos una especificación, ya que C_{pk} es mayor a 1.30, pero C_{pm} es menor a 1,30.</p> <p>Los problemas de capacidad se deben a que el proceso está descentrado en un 71.31% a la izquierda de un valor de 36.05</p>	<p>Centrar el proceso: realizar los ajustes y cambios necesarios para que la compresión de la espuma esté entre 32.10 y 40</p>

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Gráfico No. 66 Capacidad del Proceso Densidad Espuma Viscoelástica



Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
 Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Tabla No. 50 Conclusiones sobre el análisis de densidad de proceso Compresión Espuma Viscoelástica

Estadístico	Comentarios	Conclusión
<p>$C_p = 6.78$ $C_r = 0.15$ $C_{pk} = -0.54$ $C_{pm} = 0.31$ $K = 108.02\%$</p>	<p>Si bien la capacidad del proceso es adecuada ya que el valor se encuentra sobre de 1,33. La amplitud de variación del proceso C_r cubre el 15% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso indica que éste no cumple con al menos una especificación, ya que tanto C_{pk} como C_{pm} es menor a 1,30.</p> <p>Los problemas de capacidad se deben a que el proceso está descentrado en un 108.02% a la derecha de un valor de 44.05</p>	<p>Centrar el proceso: realizar los ajustes y cambios necesarios para que la compresión de la espuma esté entre 40.10 y 48</p>

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
 Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

3.9 RESUMEN DE INDICADORES

A continuación se presentan un resumen de los indicadores que se manejarán en el proyecto six sigma y su tendencia, a partir del mes de Julio se comenzará a aplicar la metodología.

Tabla No. 51 Indicador de Servicio (Cumplimiento de Producción)

Meses	Cump. GYE (%)	Meta (%)	Cump. Forros (%)	Meta (%)	Cump. Ensamblado (%)	Meta (%)	Cump. Muebles (%)	Meta (%)
Enero	100	96	100	96	100	96	100	96
Febrero	100	96	100	96	100	96	100	96
Marzo	100	96	100	96	100	96	100	96
Abril	100	96	100	96	95	96	100	96
Mayo	100	96	100	96	99	96	98	96
Junio	100	96	100	96	96	96	98	96
Promedio	100	96	100	96	98.33	96	99.33	96

Fuente: Informe gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

Como se puede observar el indicador de servicio, el cumplimiento de producción en cada uno de los procesos está sobre la meta 96%.

Tabla No. 52 Indicador de satisfacción al Cliente Interno

Aspecto	Satisfacción del Cliente Interno Procesos:			
	Guayaquil	Forros	Ensamblado	Muebles
Calidad producto	90%	60%	50%	70%
Tiempo Entrega	90%	60%	50%	70%
Servicio	80%	50%	40%	50%
Promedio	87%	57%	47%	63 %

Fuente: Informe gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

En el indicador de Satisfacción del cliente interno es la primera vez que se realiza una medición de este tipo a los clientes internos de Chaide y Chaide S.A, se espera posteriormente hacerla cada trimestre, la próxima medición se realizará en el primer trimestre del año 2013. El proceso dónde existen más problemas es Ensamblado y el proceso que está cerca de la meta del 90% es Guayaquil. En el próximo capítulo se analizarán las causas de incumplimiento de satisfacción y se tomarán acciones correctivas y preventivas por no alcanzarse los resultados esperados.

Tabla No. 53 Indicador de Producción

Meses	Prod. Bloques Espuma (und)	Meta (und)	Cump. (%)	Prod. Laminados (und)	Meta (und)	Cump. (%)
Enero	2559	2800	91%	2356	2790	84%
Febrero	1482	2800	53%	1406	2790	50%
Marzo	3209	2800	115%	3388	2790	121%
Abril	2946	2800	105%	3110	2790	111%
Mayo	2542	2800	91%	2687	2790	96%
Junio	2203	2800	79%	2354	2790	84%
Promedio	2490	2800	89%	2550	2790	91%

Fuente: Informe gerencial Espuma de Poliuretano

Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

Este indicador de Producción depende de la demanda de colchones y tiene meses pico en el año como Marzo en dónde se prepara para satisfacer los requerimientos y demanda de ventas para realizar stock para el mes de Mayo en dónde las ventas se incrementan. En el primer semestre la producción de bloques de espuma está en el 89% de cumplimiento, y la producción de Laminados está en el 91%.

Tabla No. 54 Indicador de Productividad

Meses	Prod. Bloques Espuma (und/h)	Meta (und/h)	Cump. (%)	Prod. Laminados (und/h)	Meta (und/h)	Cump. (%)
Enero	135	140	96%	124	130	95%
Febrero	78	140	56%	74	130	57%
Marzo	169	140	121%	178	130	137%
Abril	147	140	105%	156	130	120%
Mayo	127	140	91%	134	130	103%
Junio	110	140	79%	118	130	91%
Promedio	128	140	91%	131	130	100.1%

Fuente: Informe gerencial Espuma de Poliuretano

Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

Con respecto a la Productividad de bloques, en el primer semestre está en el 91 % de cumplimiento respecto a la meta (140 und/persona), y en cuanto a laminados la productividad promedio está en 131 und/persona, es decir 1 und/persona más que la meta (130 und/persona). La productividad depende de la demanda de bloques de espuma y en sí de las ventas de colchones.

Tabla No. 55 Indicador de Calidad Bloques

Meses	Bloques Cilíndricos (und)	Bloques Rectangulares (und)	Producto No Conforme (und)	% PNC	Meta (%)
Enero	1179	1380	2	0.078%	0.1%
Febrero	647	835	1	0.067%	0.1%
Marzo	1575	1634	5	0.156%	0.1%
Abril	1546	1400	2	0.068%	0.1%
Mayo	1321	1221	6	0.236%	0.1%
Junio	1169	1034	1	0.045%	0.1%
Promedio	1240	1251	2.8	0.108 %	0.1%

Fuente: Informe gerencial Espuma de Poliuretano

Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

En el primer semestre del año la cantidad de bloques no conformes es el 2.8 und/mes en promedio con un porcentaje de 0.108 % es decir 8% por encima de la meta (< 0.10 %). En el siguiente capítulo se analizarán las causas de incumplimiento del indicador. Los meses de Marzo y Mayo son los que tienen mayor cantidad de producto no conforme.

Tabla No. 56 Indicador de Calidad Laminados

Meses	Tipo De Calidad de Laminados					
	Tipo A (und)	%	Tipo B (und)	%	Tipo C (und)	%
Enero	1154	48%	1181	49%	71	3%
Febrero	703	50%	647	46%	56	4%
Marzo	1660	49%	1626	48%	102	3%
Abril	1462	47%	1492	48%	156	5%
Mayo	1209	45%	1290	48%	161	6%
Junio	942	40%	1177	50%	235	10%
Promedio	1188	47%	1236	48%	130	5%

Fuente: Informe gerencial Espuma de Poliuretano

Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

El porcentaje de Producto Tipo C en el primer semestre es del 5%, con 130 unidades con defectos; como se observa en la tabla 56, desde el mes de Mayo se incrementa el porcentaje de producto no conforme terminando en Junio con el 10%. Uno de los objetivos importantes del proyecto six sigma en Poliuretanos es bajar este porcentaje mejorando la calidad del producto. En los siguientes capítulos se analizarán las causas y se tomarán las acciones correctivas

Tabla No. 57 Indicador de Desperdicio

Meses	Kg Desperdicio	Costo USD /mes	% Desperdicio	Meta (%)
Enero	31158	62316	11.68	<11.75
Febrero	19164	38328	11.97	<11.75
Marzo	38648	77296	11.99	<11.75
Abril	36574	73148	12.07	<11.75
Mayo	33346	66692	12.34	<11.75
Junio	28510	57020	12.40	<11.75
Promedio	31233	62467	12.08	<11.75

Fuente: Informe gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

El indicador de desperdicio es un objetivo importante en la empresa Chaide y Chaide por los costos que genera, se observa en la tabla la tendencia desde el mes de Febrero a Junio a crecer y pasar sobre la meta (<11.5%), se analizaran las causas raíz del incremento de este indicador y las acciones correctivas y mejoras en los próximos capítulos.

Tabla No. 58 Indicadores Financieros

Meses	Inventarios Bloques (und)	Costo (USD)
Enero	427	164740
Febrero	385	154753
Marzo	495	199316
Abril	510	204759
Mayo	506	194937
Junio	420	157056
Promedio	457.2	179260.2

Fuente: ERP-SAP Informe gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

Se observa en la tabla No. 58 los costos de los bloques de espuma en el inventario mensual; es importante analizar el stock máximo y mínimo de los bloques de espuma para no tener Sobreinventario y tampoco quedarnos sin stock de espuma para el ensamblado de colchones.

4 FASE DE ANÁLISIS

En este capítulo se detalla el análisis de causa de cada uno de los objetivos establecidos en el proyecto Six Sigma entre los que se encuentran: Indicador de Servicio, Satisfacción del cliente interno, Producción de bloques, láminas y Laminados de espuma, la Productividad del proceso productivo, Calidad (producto no conforme o defectuoso, y el cálculo del Sigma del proceso.

Además se desarrollará la herramienta AMEF (Análisis preventivo para el Olor en la espuma de Poliuretano).

4.1 ANÁLISIS DEL MAPA DE PROCESOS

En este proyecto se elaboró un diagrama SIPOC (ver gráfico 6) del proceso de elaboración de espuma de poliuretano, este diagrama detalla las partes fundamentales del proceso como los proveedores: de productos químicos, y Plástico para la elaboración de bloques de espuma de Poliuretano, las entradas del proceso: en dónde se indican el tipo de químicos utilizados y la infraestructura necesaria para la realización de espuma de poliuretano; en un diagrama de flujo se detalla el proceso con la interacción de los diferentes subprocesos, y luego tenemos las salidas del proceso que son los Bloques de espuma de Poliuretano Cilíndricos y Rectangulares y finalmente los diferentes clientes internos que deben ser atendidos con productos de calidad y con la satisfacción del cliente propia de la filosofía seis sigma.

El proceso de elaboración de espuma de Poliuretano, no cuenta con un diagrama SIPOC, el mismo que fue realizado para la mejor comprensión del mismo y determinar los puntos críticos así como sus variables de salida a controlar.

4.2 ANÁLISIS DE DATOS

Para el análisis de datos del proceso de elaboración de espuma de Poliuretano se recopiló información de Enero a Junio 2012. En este capítulo se utilizarán herramientas estadísticas como diagrama de Pareto, histogramas, diagrama de Ishikawa, y AMEF.

4.2.1 Herramientas para el Análisis de Causa y la Solución de Problemas

En esta sección se van a utilizar el Diagrama de Pareto para identificar y las prioridades y las causas de los distintos indicadores analizados en el Capítulo 3. Medición. Posteriormente

priorizadas las causas se va a utilizar la herramienta de diagrama de causa efecto, o diagrama de Ishikawa para obtener la causa raíz de los indicadores que no cumplan con la meta.

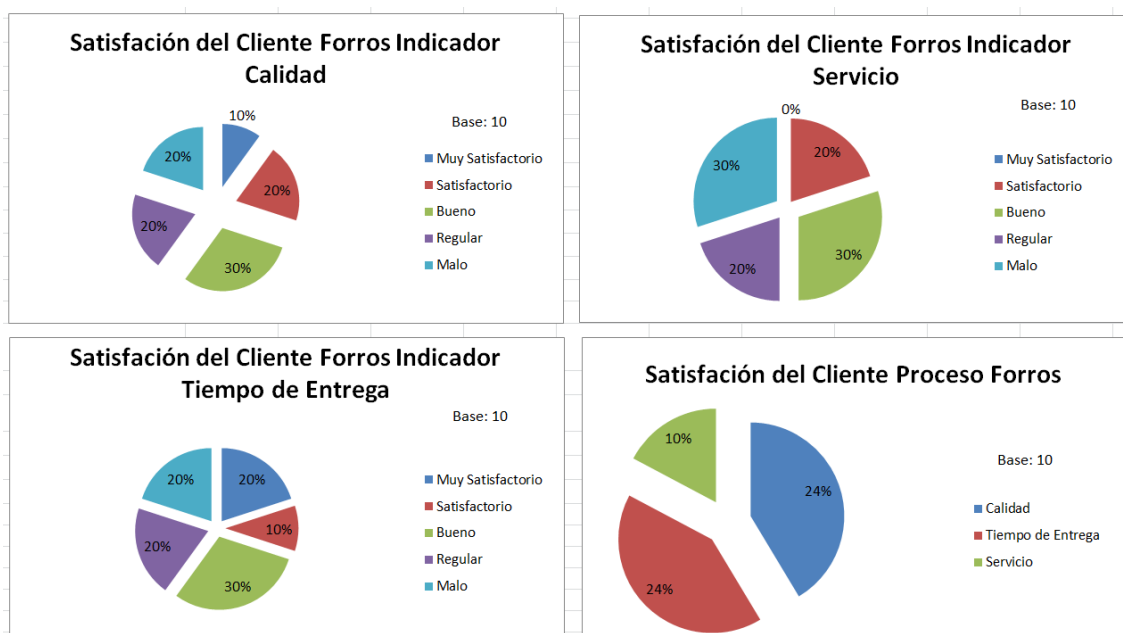
a) Análisis Indicador de Servicio:

Análisis Satisfacción del cliente Interno

En el capítulo No. 2 Fase Definición, se determinó mediante una encuesta la satisfacción del cliente interno cuyo objetivo es del 90% tomando en cuenta los criterios de satisfacción como Calidad, Tiempo de entrega y Servicio. Para la medición se tomaron en cuenta los parámetros de satisfacción del cliente interno: muy satisfactorio, satisfactorio y bueno, el resultado promedio de la satisfacción del cliente interno es del 65%.

• Resultados de satisfacción Cliente Interno: Proceso Forros

Gráfico No. 67 Satisfacción del cliente: Proceso de Forros

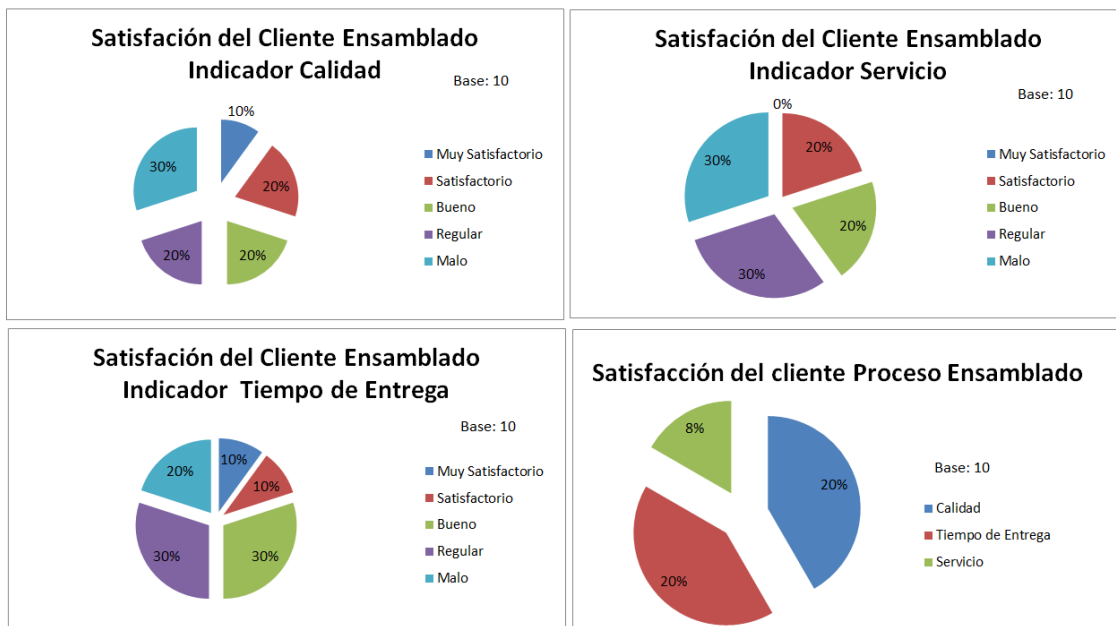


Fuente: Encuesta de Satisfacción del Cliente Interno
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

El gráfico No. 67 muestra la satisfacción del cliente interno, se realizaron 10 encuestas por cada proceso; en cuanto al indicador de satisfacción variable calidad se determinó un 60 % de satisfacción tomando en cuenta los 3 factores (Muy satisfactorio, Satisfactorio, Bueno), el indicador de Servicio muestra una satisfacción del 50% y el indicador de tiempo de entrega una satisfacción del 60%. En la tabulación general en cuanto al proceso de forros en los tres parámetros tenemos una calificación del 58%.

• **Resultados de satisfacción Cliente Interno: Proceso Ensamblado**

Gráfico No. 68 Satisfacción del cliente Proceso de Ensamblado

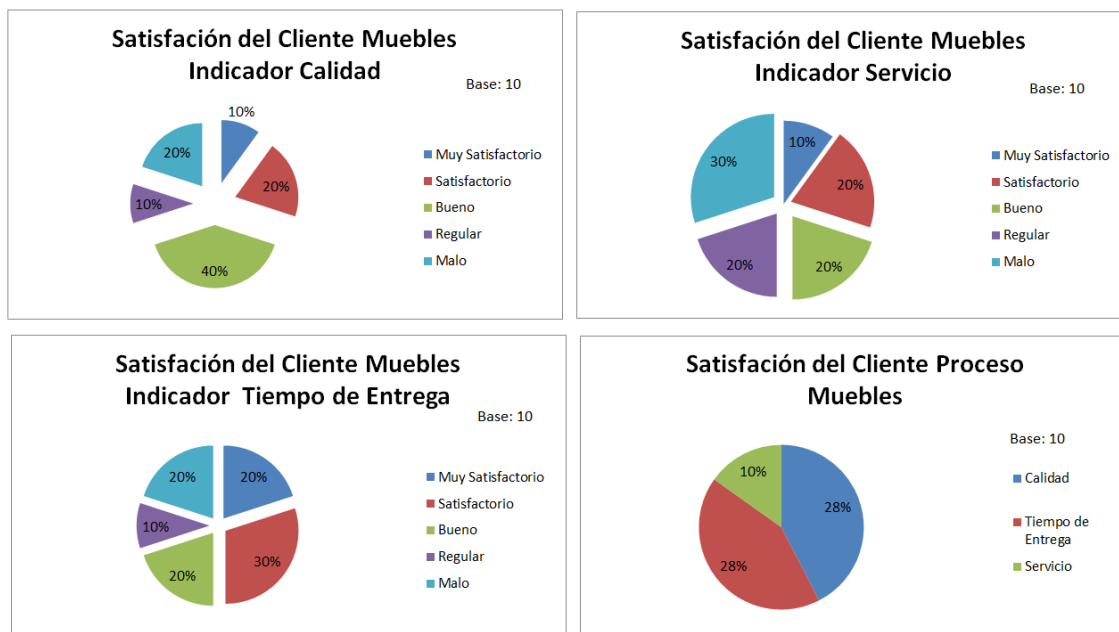


Fuente: Encuesta Satisfacción del Cliente Interno
Elaborado por: Merci León – Dorian Salazar

El gráfico No. 68 muestra la satisfacción del cliente interno del proceso de ensamblado en cuanto al indicador de satisfacción variable calidad, se determinó un 60% de satisfacción tomando en cuenta los 3 factores (Muy satisfactorio, Satisfactorio, Bueno), el indicador de Servicio muestra una satisfacción del 70% y el indicador de tiempo de entrega una satisfacción del 50%. En la tabulación general en cuanto al proceso de ensamblado en los tres parámetros tenemos una calificación del 48%.

- **Resultados de satisfacción Cliente Interno: Proceso Muebles**

Gráfico No. 69 Satisfacción del cliente Proceso de Muebles



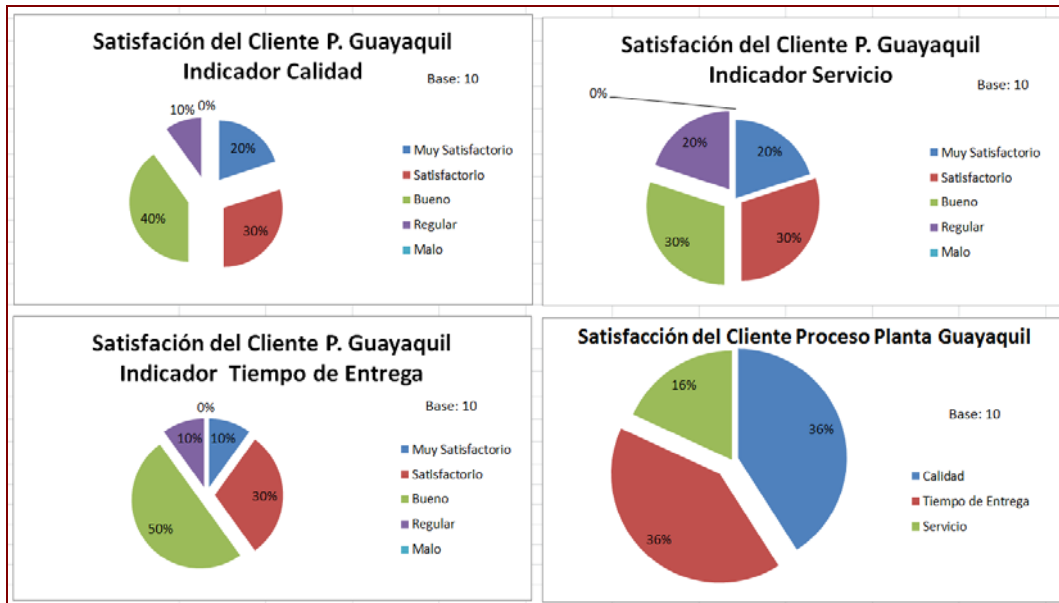
Fuente: Encuesta de Satisfacción del Cliente Interno
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

En el gráfico No. 69 se muestra la satisfacción del cliente interno del proceso de Muebles, en cuanto al indicador de satisfacción variable calidad se determinó un 70%, tomando en cuenta los 3 factores (Muy satisfactorio, Satisfactorio, Bueno), el indicador de Servicio muestra una satisfacción del 50% y el indicador de tiempo de entrega una satisfacción del 70%. En la tabulación general en cuanto al proceso de muebles en los tres parámetros tenemos una calificación del 66%.

- **Resultados de Satisfacción Cliente Interno: Proceso Planta Guayaquil**

En el gráfico No. 70 se muestra la satisfacción del cliente interno del proceso interno planta de Guayaquil en cuanto al indicador de satisfacción variable calidad se determinó un 90% de satisfacción tomando en cuenta los 3 factores (Muy satisfactorio, Satisfactorio, Bueno), el indicador de Servicio muestra una satisfacción del 80% y el indicador de tiempo de entrega tiene un porcentaje de satisfacción del 90%. En la tabulación general en cuanto al proceso de muebles en los tres parámetros tenemos una calificación del 88%.

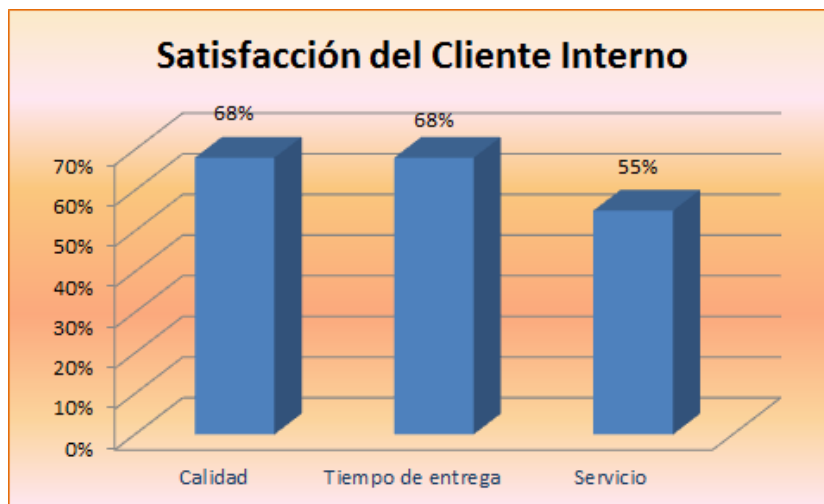
Gráfico No. 70 Satisfacción del cliente Proceso Plata Guayaquil



Fuente: Encuesta de Satisfacción del Cliente Interno
 Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

• **Resultados de Satisfacción Clientes Internos**

Gráfico No. 71 Satisfacción de los clientes internos



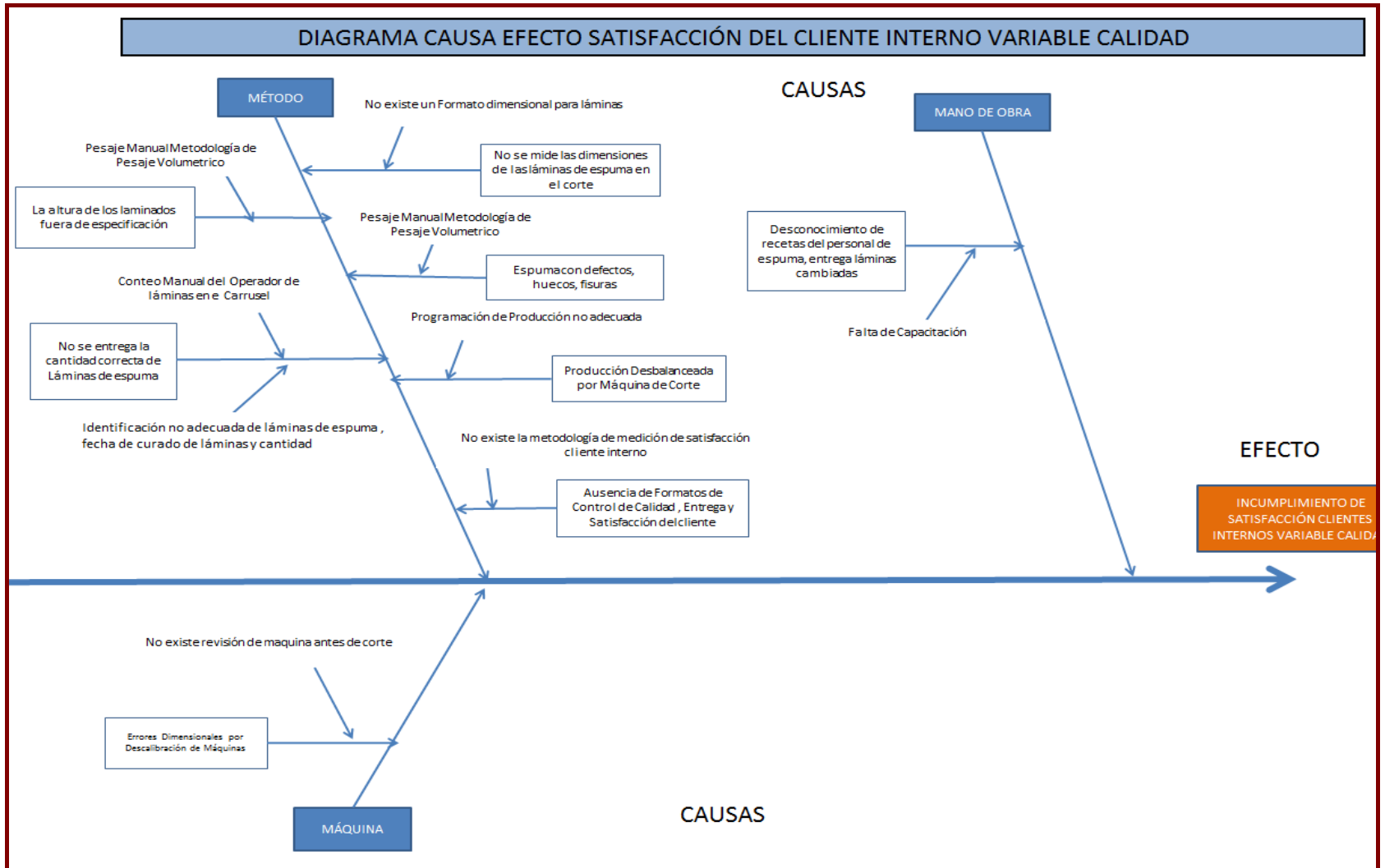
Fuente: Encuesta Satisfacción del Cliente
 Elaborado por: Merci León – Dorian Salazar

Para los indicadores de Gestión de Calidad que no se cumplen el objetivo, se formó un equipo Six Sigma, para analizar las causas raíces de incumplimiento de los distintos indicadores de gestión, mediante la presentación de datos, evidencias, la experiencia en el proceso de los miembros del equipo y la propuesta de ideas de las principales causas, luego se filtró la información en consenso y finalmente mediante la herramienta causa-efecto se fueron analizando los distintos problemas.

El equipo Six Sigma con las funciones y responsabilidades se detallan en la tabla No. 57

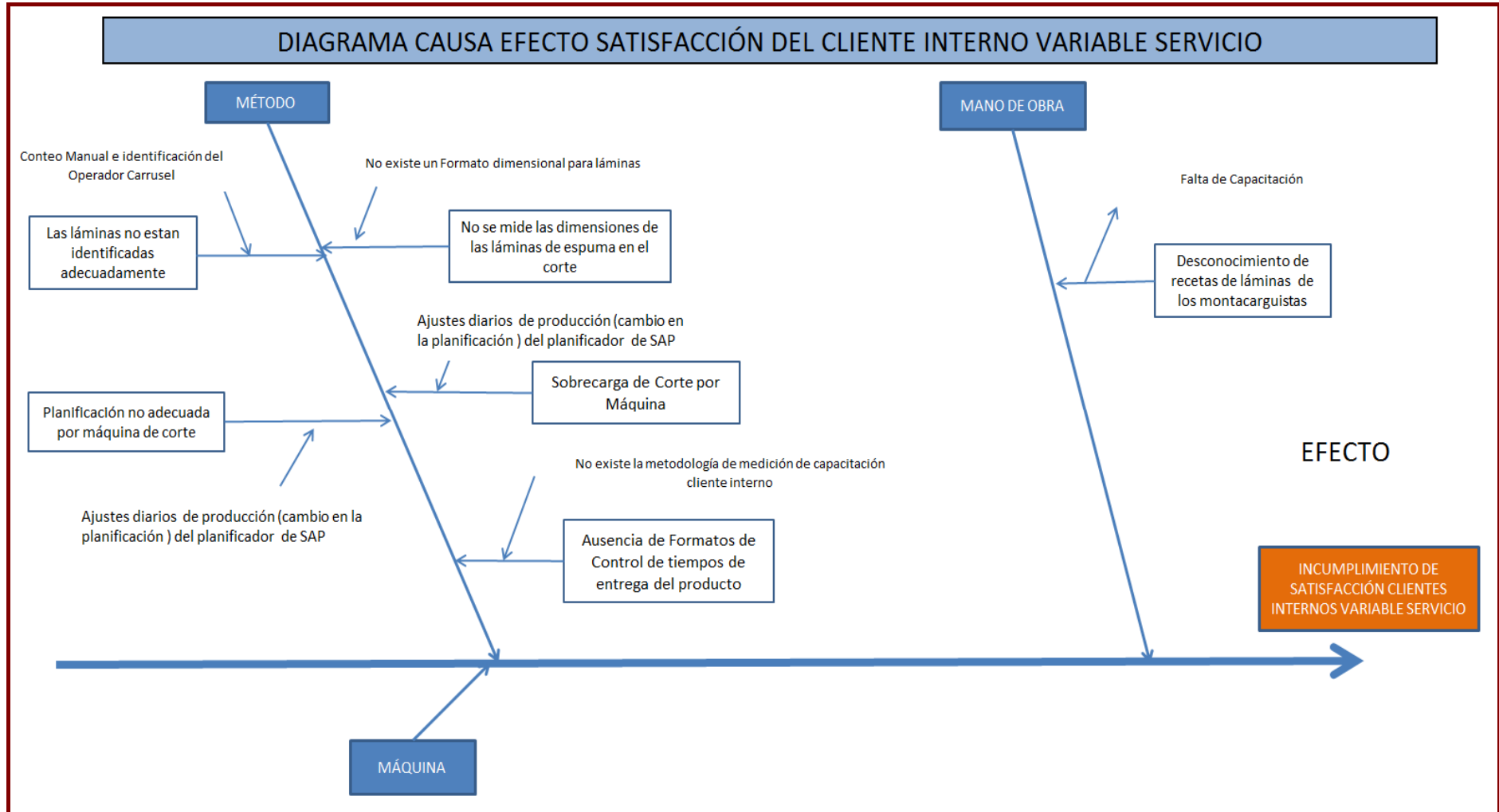
En el gráfico No. 72 se muestra la satisfacción global de los clientes internos del proceso de Poliuretano que corresponde un valor de 65%. A continuación se presenta un análisis de causa efecto o Ishikawa para el análisis del incumplimiento del indicador de satisfacción del cliente interno por cada factor (calidad, servicio y tiempo de entrega) que es un 90%.

Gráfico No. 72 Análisis de causa de Incumplimiento Indicador de satisfacción del cliente factor Calidad



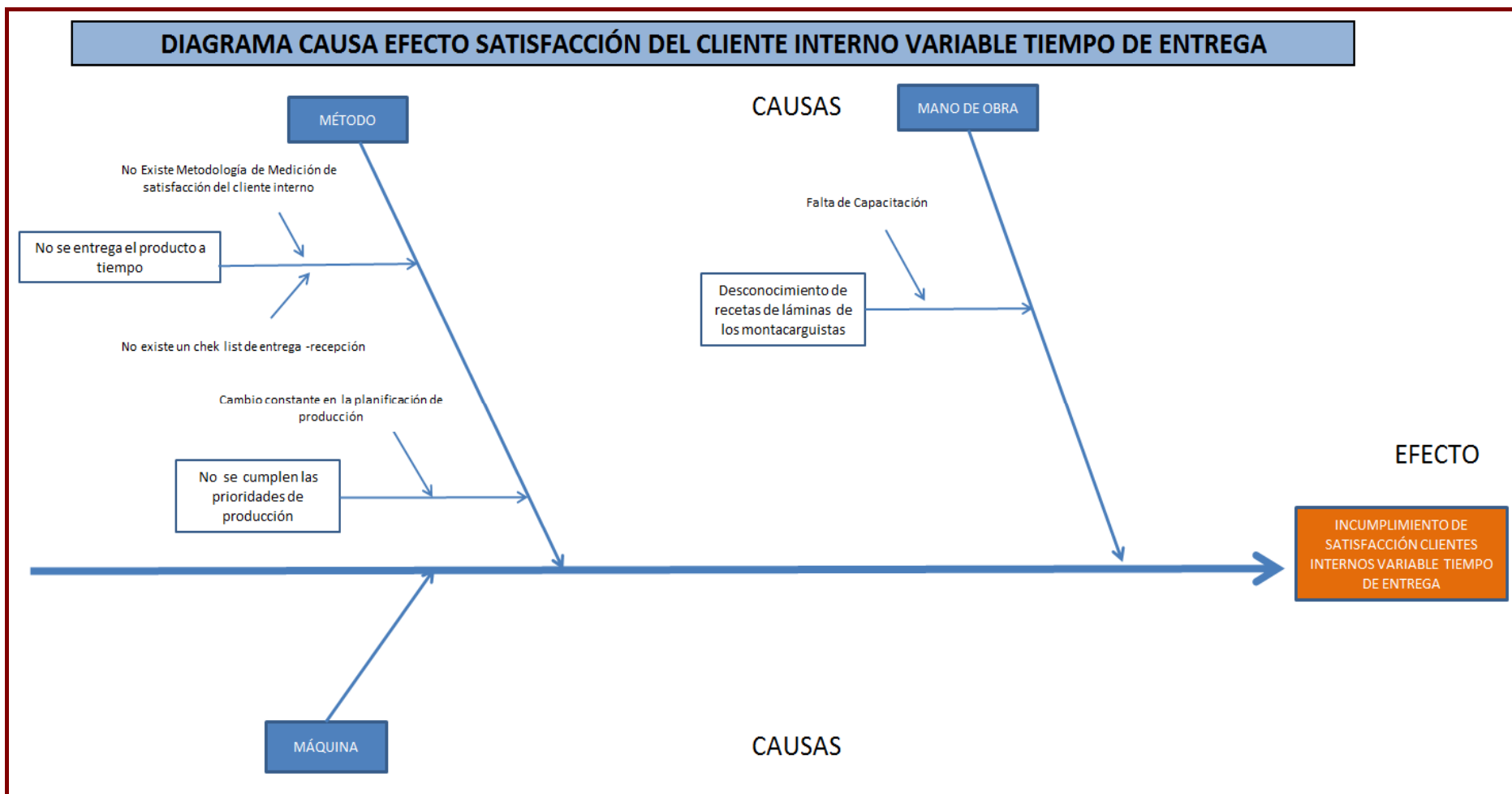
Fuente: Reunión Poliuretanos Análisis de Causa Satisfacción de Cliente Interno
 Elaborado por: Mercí León- Dorian Salazar

Gráfico No. 73 Análisis de causa de incumplimiento indicador de satisfacción del cliente factor Servicio



Fuente: Reunión Poliuretanos Análisis de Causa Satisfacción de Cliente Interno
 Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Gráfico No. 74 Análisis de causa de incumplimiento indicador de satisfacción del cliente factor Tiempo de Entrega



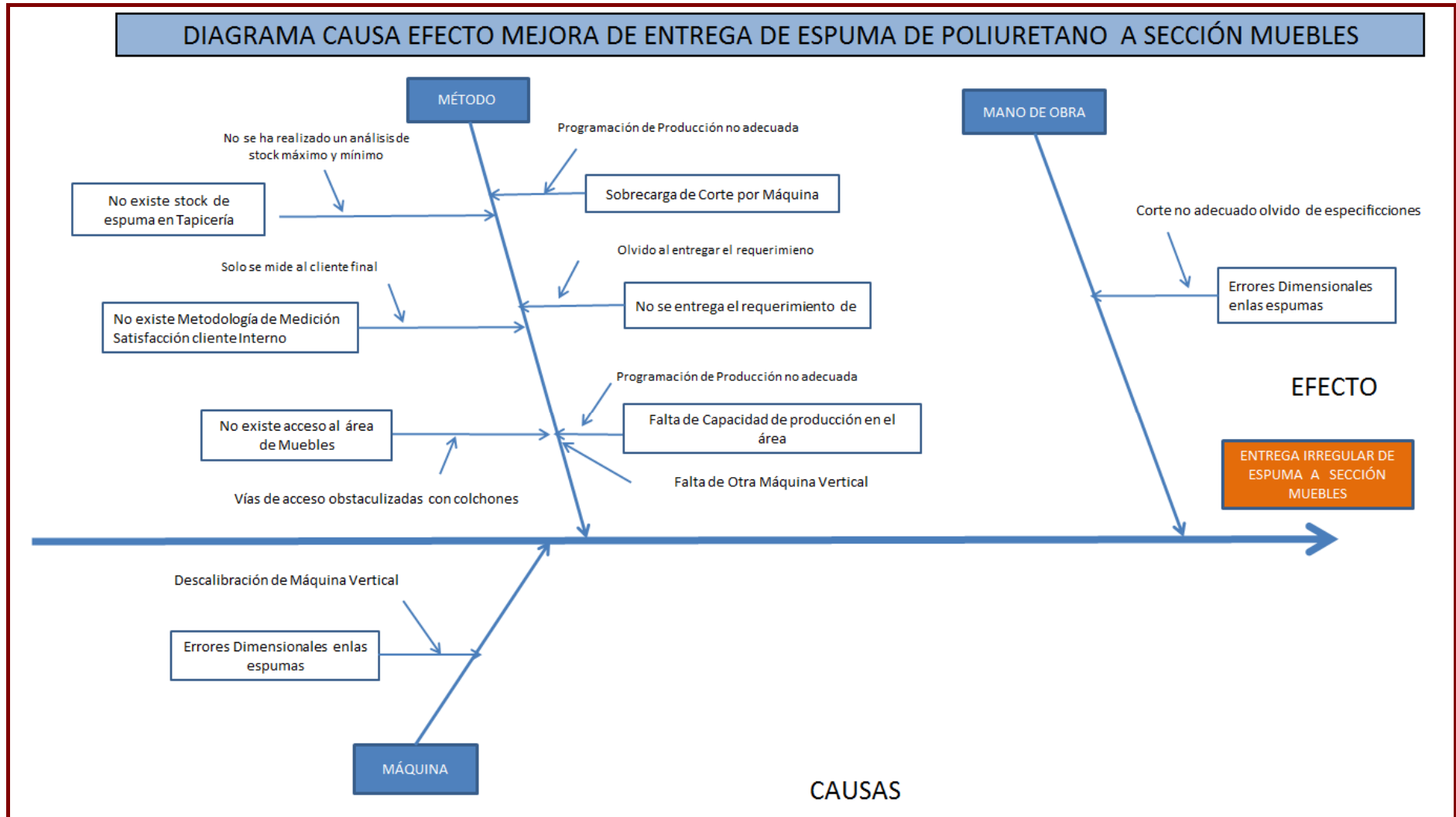
Fuente: Reunión Poliuretanos Análisis de Causa Satisfacción de Cliente Interno
 Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

En los gráficos No. 72, 73 y 74 se detalla el análisis de causa del incumplimiento del indicador de satisfacción del cliente interno en las tres variables: calidad, servicio y tiempo de entrega. En el capítulo 5. Mejora, se describirán todas las acciones correctivas y actividades a realizarse para el mejoramiento del proceso productivo y los planes de acción con responsables para alcanzar el objetivo de satisfacción (min 90%).

- **Análisis Cumplimiento de entrega de los productos de Poliuretano**

En cuanto al indicador de cumplimiento la meta de entrega de los productos de Poliuretano a los distintos procesos internos es de mínimo 96 %. El cumplimiento a los diferentes procesos: Forros (100%), Planta Guayaquil 100 (%) y Ensamblado (98%) está sobre la meta; la entrega al proceso de Tapicería muebles ha sido irregular y actualmente estamos en el 95 % en la entrega de los productos, estos retrasos afectan el desempeño del proceso por lo que se analizaron las causas de estos retrasos y que se muestran en el diagrama de Ishikawa a continuación:

Gráfico No. 75 Diagrama de Causa Efecto Entrega de Espuma al Proceso Muebles



Fuente: Reunión Poliuretanos Análisis de Causa Cumplimiento de Entrega de Productos a Muebles
 Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Como se observa en el diagrama de Ishikawa sobre el análisis de las causas para la entrega irregular de las láminas de Espuma de Poliuretano al proceso de Tapicería, la mayoría de las causas son por la metodología del proceso, por lo que en el próximo capítulo se explicará las acciones correctivas elaboradas para la mejora del proceso.

Este análisis de causa se desarrolló en conjunto con el personal de corte de láminas de espuma de poliuretano para identificar las causas raíces del incumplimiento.

b) Análisis Indicador de Producción y Productividad:

Con respecto a la productividad en la producción de bloques de espuma se realizó un análisis para determinar la causa principal del incumplimiento al objetivo, y cuya evaluación se presenta a continuación:

Tabla No. 59 Producción y Productividad de Bloques de Espuma de Poliuretano 2012

Análisis Productividad Espuma 2012											
PRODUCCIÓN											
Indicador de desempeño	Unidad	Promedio mensual									
		Meta	2010	2011	2012	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Producción mensual rectangulares	und.	1440	1521	1500	1251	1380	835	1634	1400	1221	1034
Producción mensual cilindros	und.	1350	1238	1301	1240	1179	647	1575	1546	1321	1169
Producción mensual de Bloques de Espuma	und.	2790	2759	2801	2490	2559	1482	3209	2946	2542	2203
Producción mensual laminados	und.	2600	2456	2607	2550	2356	1406	3388	3110	2687	2354
PRODUCTIVAD											
		Meta	2010	2011	2012	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Personal	#	20	20	20	19	19	19	19	20	20	20
Horas Extras (total área)	%	15	13,75	14,5	12,8	14	2	18	23	12	8
Productividad mensual espuma	unid/h	140	138	142	127,7	135	78	169	147	127	110
Productividad mensual laminados	unid/h	130	123	132	130,6	124	74	178	156	134	118

Fuente: Informe Gerencial Poliuretanos 2012

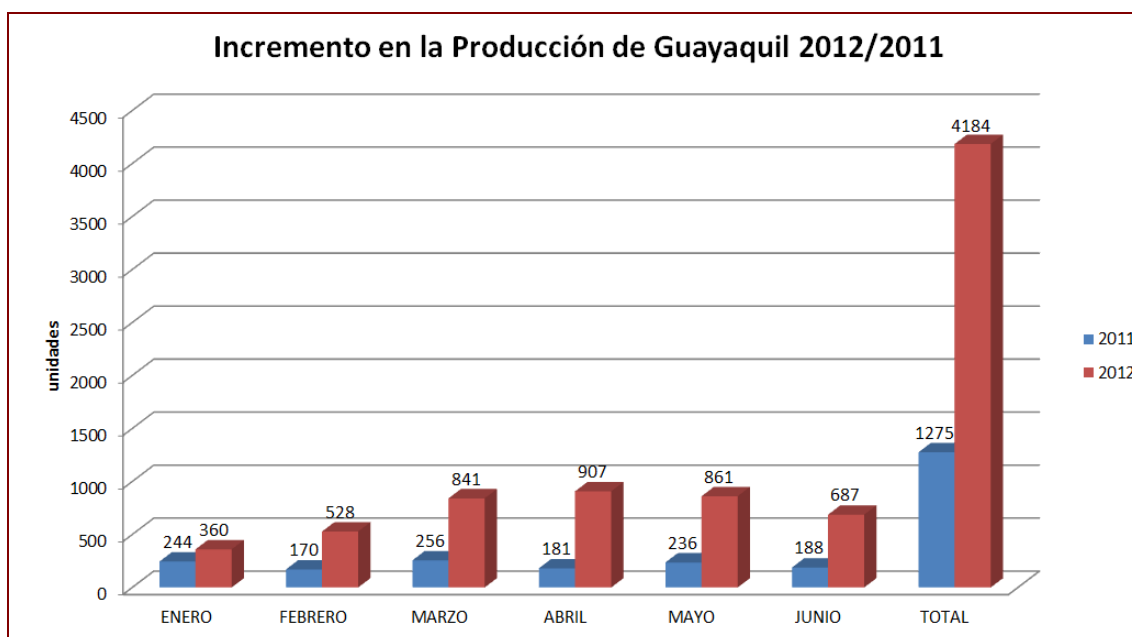
Elaborado por: Mercí León - Dorian Salazar

La productividad del proceso de espuma de Poliuretano tiene una relación directa con la producción y estos dependen de la demanda de colchones, es decir de las ventas.

Los bloques de espuma de poliuretano se elaboran en la planta de Guayaquil y en la planta de Quito, la cantidad de bloques promedio mensual realizado en el 2011 en Quito fue de 2801 unidades que representa un 95.2% del total nacional frente a un 4.8 % de bloques elaborados en la planta de Guayaquil 142 unidades. En el año 2012 se observa un cambio en el producción significativo con 2490 bloques en promedio mensual en Quito que representa un 84% (2490 unidades) y en Guayaquil un 16% (465 unidades).

Este aumento en la producción de Guayaquil de 323 unidades en promedio (Enero a Junio 2012) influye significativamente en la producción en espuma en Quito, ya que se disminuye el envío de bloques de espuma a la planta de Guayaquil, esta es la razón principal de la disminución de producción y productividad de los bloques de espuma de poliuretano en Quito.

Gráfico No. 76 Incremento en la Producción en la Planta de Guayaquil 2012/2011

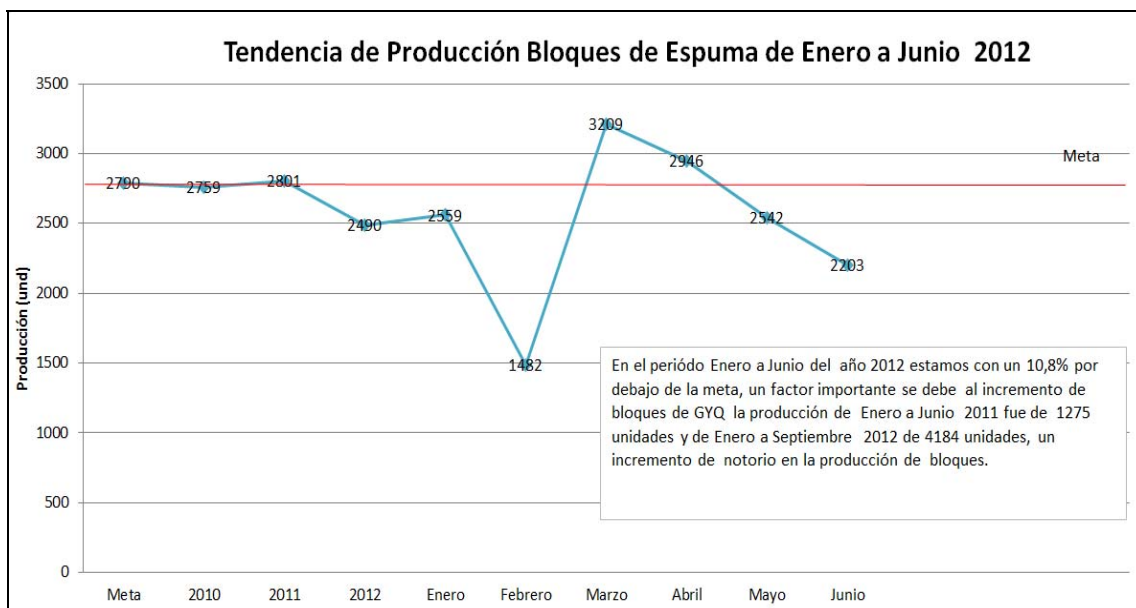


Fuente: ERP-SAP

Elaborado por: Merci León – Dorian Salazar

En el gráfico 77 se muestra la tendencia de producción del año 2012 en la planta de Quito y la comparación con los años 2010 y 2012.

Gráfico No. 77 Tendencia de Producción Bloques de espuma de Poliuretano

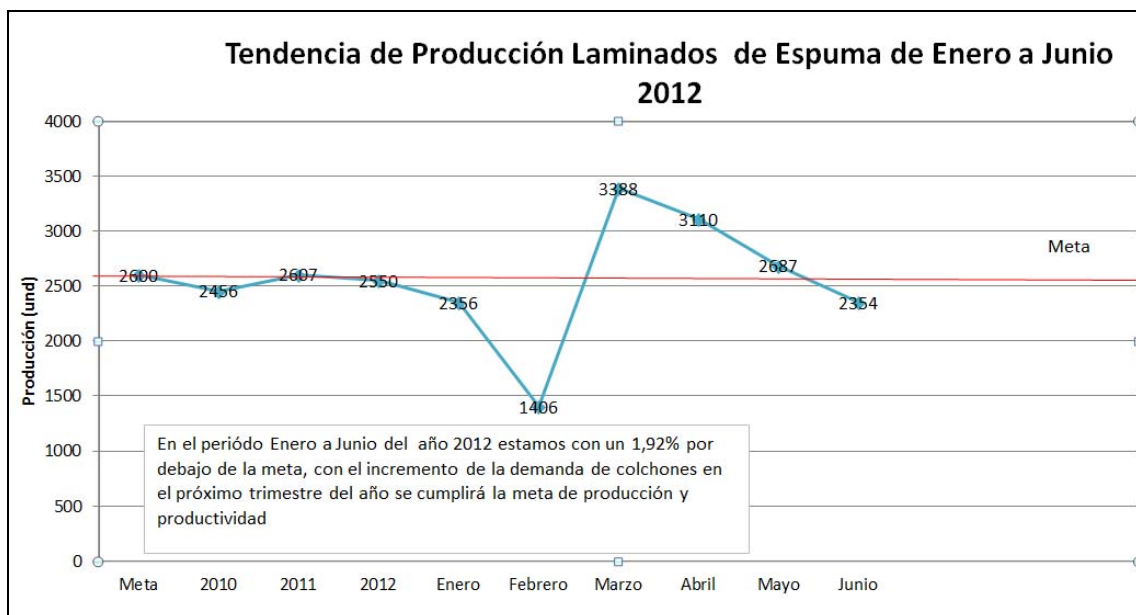


Fuente: ERP-SAP

Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

En el gráfico 78 a continuación se presenta la producción de laminados de espuma que son los bloques cilíndricos cortados en la máquina piller (laminadora de cilindros).

Gráfico No. 78 Tendencia de Producción Bloques de espuma de Poliuretano



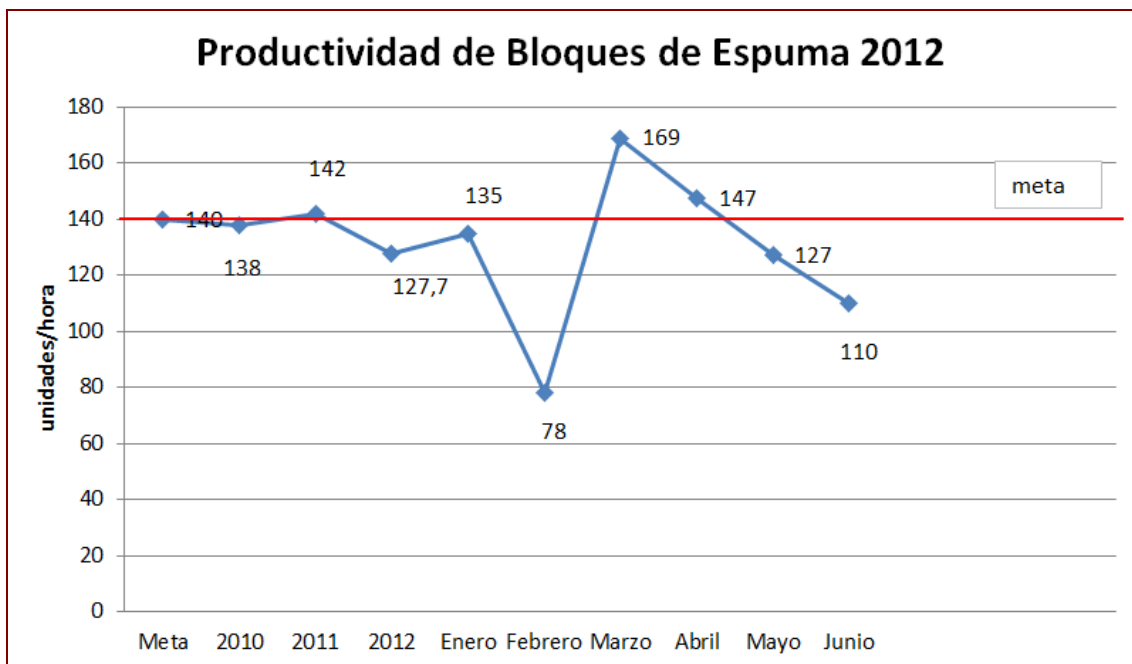
Fuente: ERP-SAP

Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

En el gráfico 78 de la producción de laminados se observa que se está un 1.92 % por debajo de la meta (2.600 und laminadas), con el incremento de la producción y productividad en este último semestre por aumento de las ventas y demanda de colchones este objetivo se cumplirá.

En el gráfico 79, se muestra la tendencia de productividad 2012 de los bloques de espuma de poliuretano cuya meta es de 140 unidades.

Gráfico No. 79 Tendencia de Productividad Bloques de espuma de Poliuretano



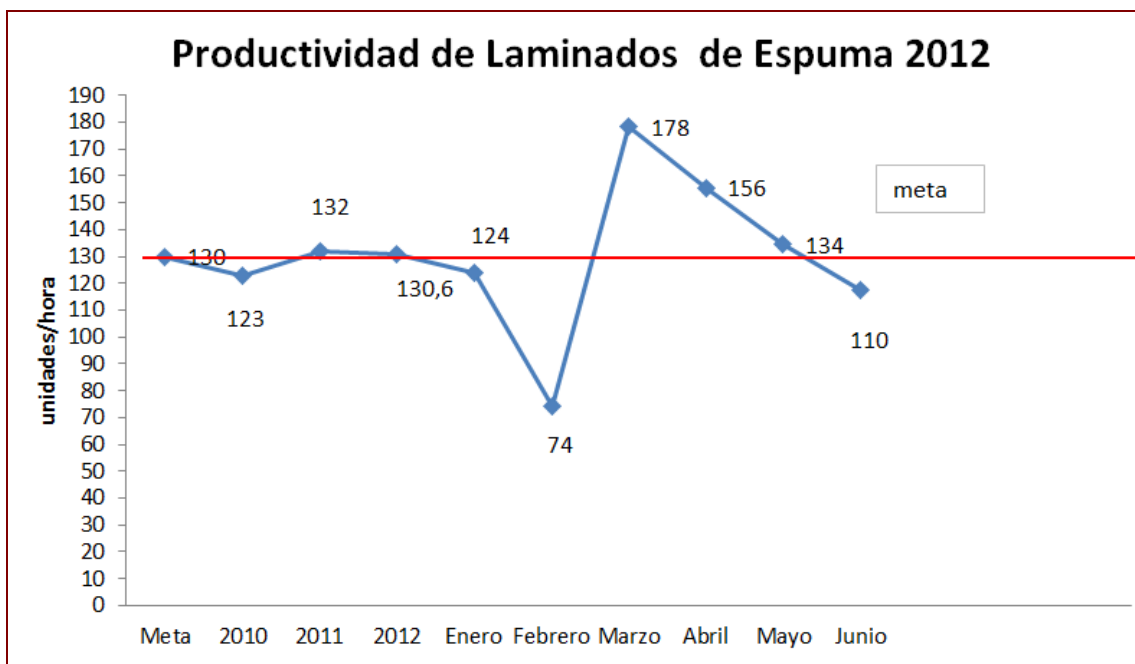
Fuente: ERP-SAP

Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Como se observa en la gráfico No. 79 la productividad de los bloques de espuma está en 128 unidades por hombre como promedio mensual un 8.6 % por debajo de la meta (140 unidades/hombre). En este último semestre con el aumento de la demanda de colchones propio de la temporada se llegara al valor de la meta para este año.

En cuanto a la productividad de los cilindros laminados la tendencia se indica en el gráfico No. 80 a continuación:

Gráfico No. 80 Tendencia de Productividad Cilindros Laminados de espuma de Poliuretano



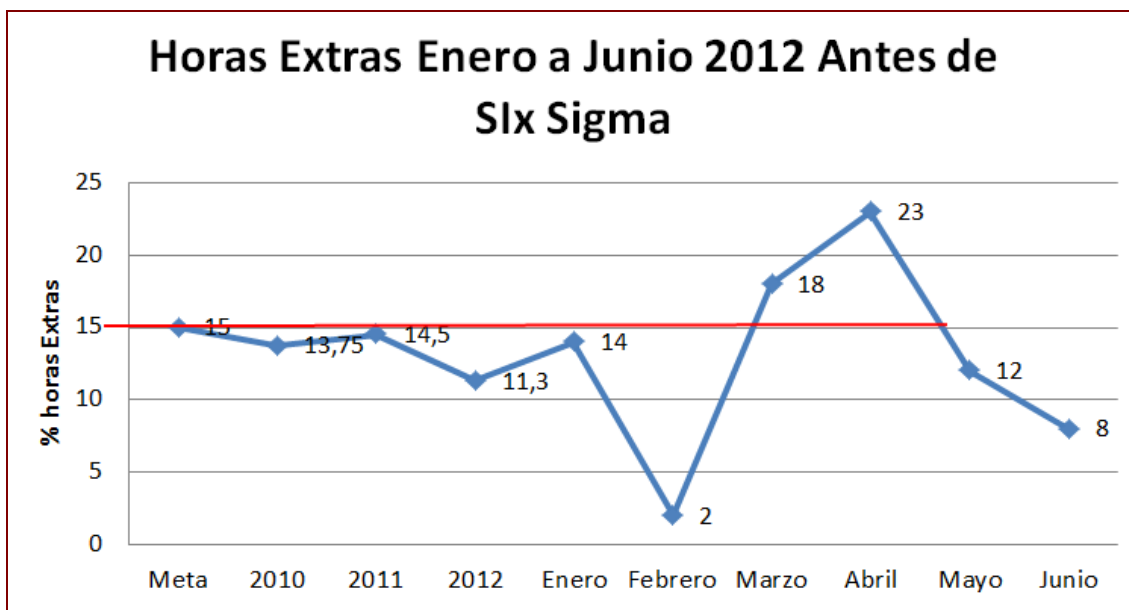
Fuente: ERP-SAP

Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

En el gráfico No. 80 se indica la tendencia en la productividad de los cilindros laminados cuya meta es de 130 und/persona, actualmente estamos en 130.6 und/persona como promedio del año 2012, es decir un 0.5% por encima de la meta, de igual forma en estos últimos meses del año la demanda y venta de colchones se incrementa y por lo tanto la producción de bloques y laminados, y la meta se mantendrá en el próximo semestre.

En el gráfico No. 81 se muestra las horas extras realizadas en el proceso de elaboración de espuma de poliuretano, en el periodo Enero a Junio 2012

Gráfico No. 81 Horas Extras Enero a Junio 2012



Fuente: Sistema Evolution Recursos Humanos – Informe Gerencial Poliuretanos
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

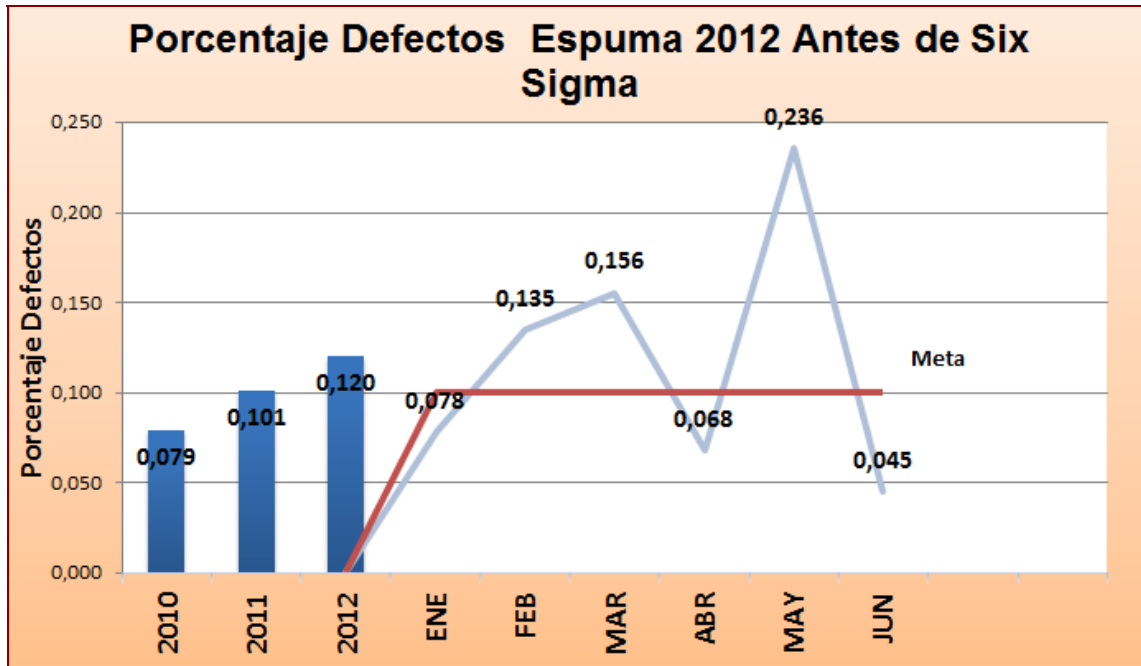
El promedio de horas extras de Enero a Junio es del 12.83%, la meta es reducir las horas extras con valores inferiores la 15%.

c) Análisis Indicador de Calidad:

- **Análisis Indicador de bloques defectuosos:**

En el indicador de calidad se analizó el incremento del porcentaje de defectos en la producción de bloques de espuma del año 2012, los defectos se expresan en porcentaje en el gráfico No. 82 a continuación:

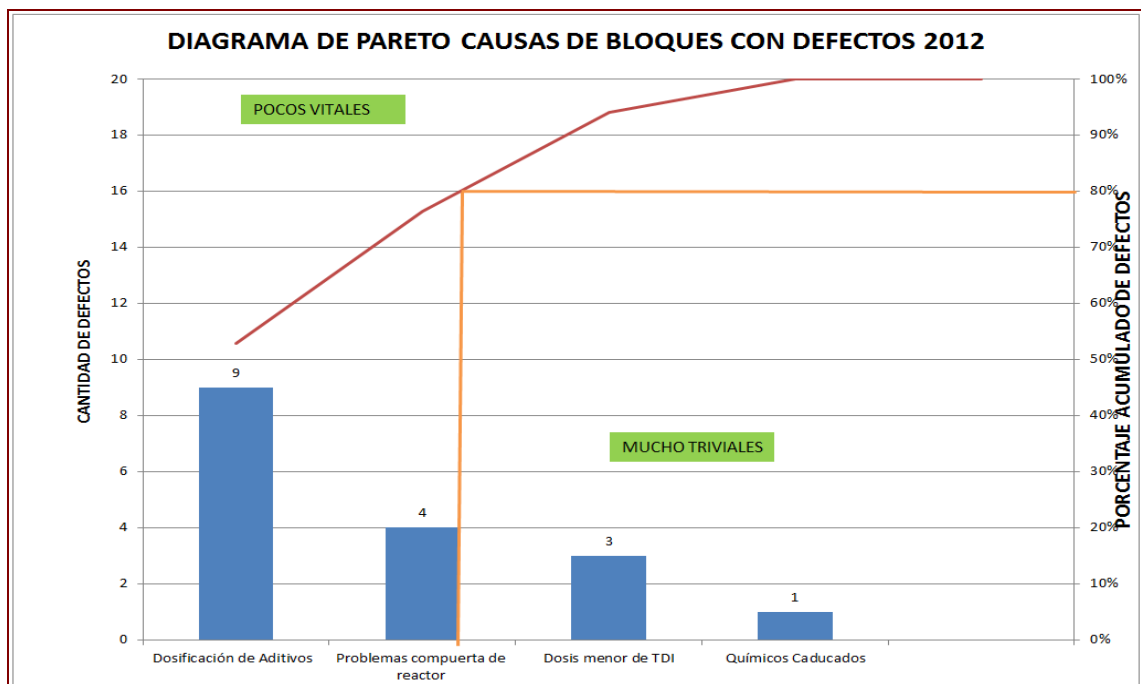
Gráfico No. 82 Porcentaje de Bloques de espuma de Poliuretano Defectuosos 2012



Fuente: Informe Gerencial Poliuretanos 2012
 Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Como se observa en el gráfico No. 82 la tendencia de bloques de espuma de poliuretano no conforme se encuentra en un 0.120% es decir un 20% por encima de la meta de producto no conforme los diferentes tipos de defectos analizados en el año 2012 se indican en el diagrama de Pareto a continuación:

Gráfico No. 83 Porcentaje de Bloques de espuma de Poliuretano Defectuosos 2012



Fuente: Producto no Conforme Poliuretanos 2012
 Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Como se observa en el gráfico No. 83, en el año 2012 se tienen 17 bloques no conformes, la causa principal de no conformidad es la Dosificación de Aditivos (Agua, Amina, Silicona, Octoato de Estaño, Ortegol) con 9 bloques de espuma no conformes que corresponde al 53%; luego 4 bloques no conformes por problemas de la apertura de la compuerta del reactor por problemas de energía correspondiente al 24%, dosis menor del químico TDI (Toluen diisocianato) 3 bloques no conformes 18% y por la causa de químico caducado 1 bloque no conforme el 5 %.

Los 17 bloques de espuma no conformes representan un costo de 5.880 usd y el tipo de bloque de espuma como los costos unitarios por bloque se detallan en la tabla a continuación:

Tabla No. 60 Costo de Producto No conforme espuma de Poliuretano 2012

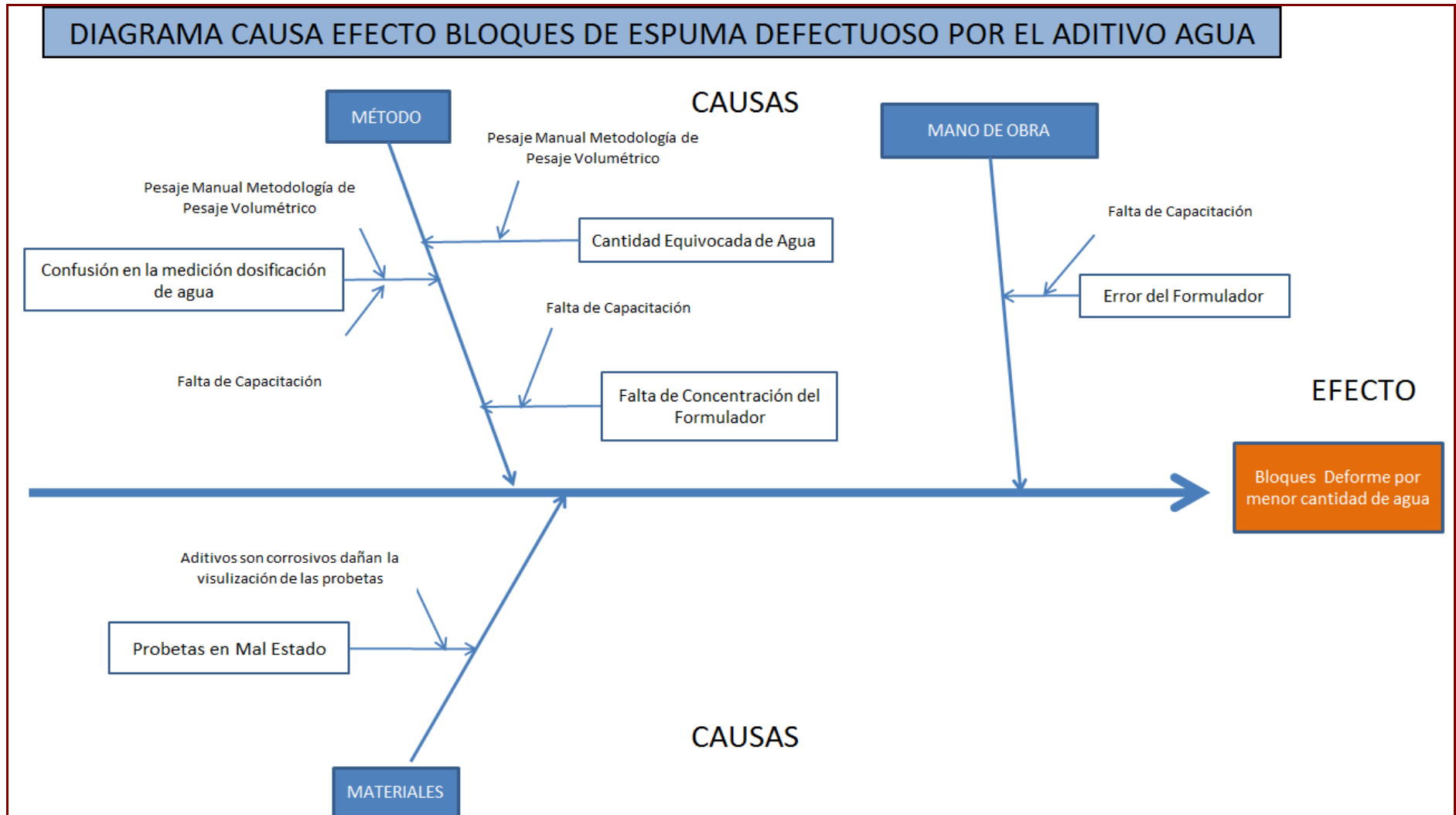
Costo de Producto No conforme 2012 Antes de Implementar Six Sigma				
Mes	Tipo de Bloque	Cantidad (und)	Costo Unitario (USD/bloque)	Costo Total (USD)
Enero	RECT. VISCOELASTICO 135X190	1	447,28	447,28
	CILINDRO BLANCO 180X202	1	318,92	318,92
Febrero	RECT. VISCOELASTICO 160X200	1	447,28	447,28
Marzo	CILINDRO BLANCO 180X200	1	318,92	318,92
	CILINDRO CELESTE 180X206	1	385,37	385,37
	RECTANGULAR GRIS 270X190	1	466,53	466,53
	RECTANGULAR VERDE LIMON 131X186	1	319,51	319,51
	RECTANGULAR VERDE LIMON 131X186	1	319,51	319,51
Abril	CILINDRO BLANCO 180X200	1	318,92	318,92
	RECTANGULAR CELESTE 123X178	1	321,74	321,74
Mayo	RECTANGULAR VERDE LIMON 131X186	1	319,51	319,51
	CILINDRO BLANCO 180X202	1	318,92	318,92
	CILINDRO BLANCO 180X202	1	318,92	318,92
	CILINDRO AMARILLO 180X202	2	310,25	620,5
Junio	CILINDRO BLANCO 180X202	1	318,92	318,92
	CILINDRO BLANCO 180X200	1	318,92	318,92
Total PNC (und)		17	Costo Total (USD)	5879,67

Fuente: Informe Gerencia de Poliuretanos/ ERP-SAP

Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

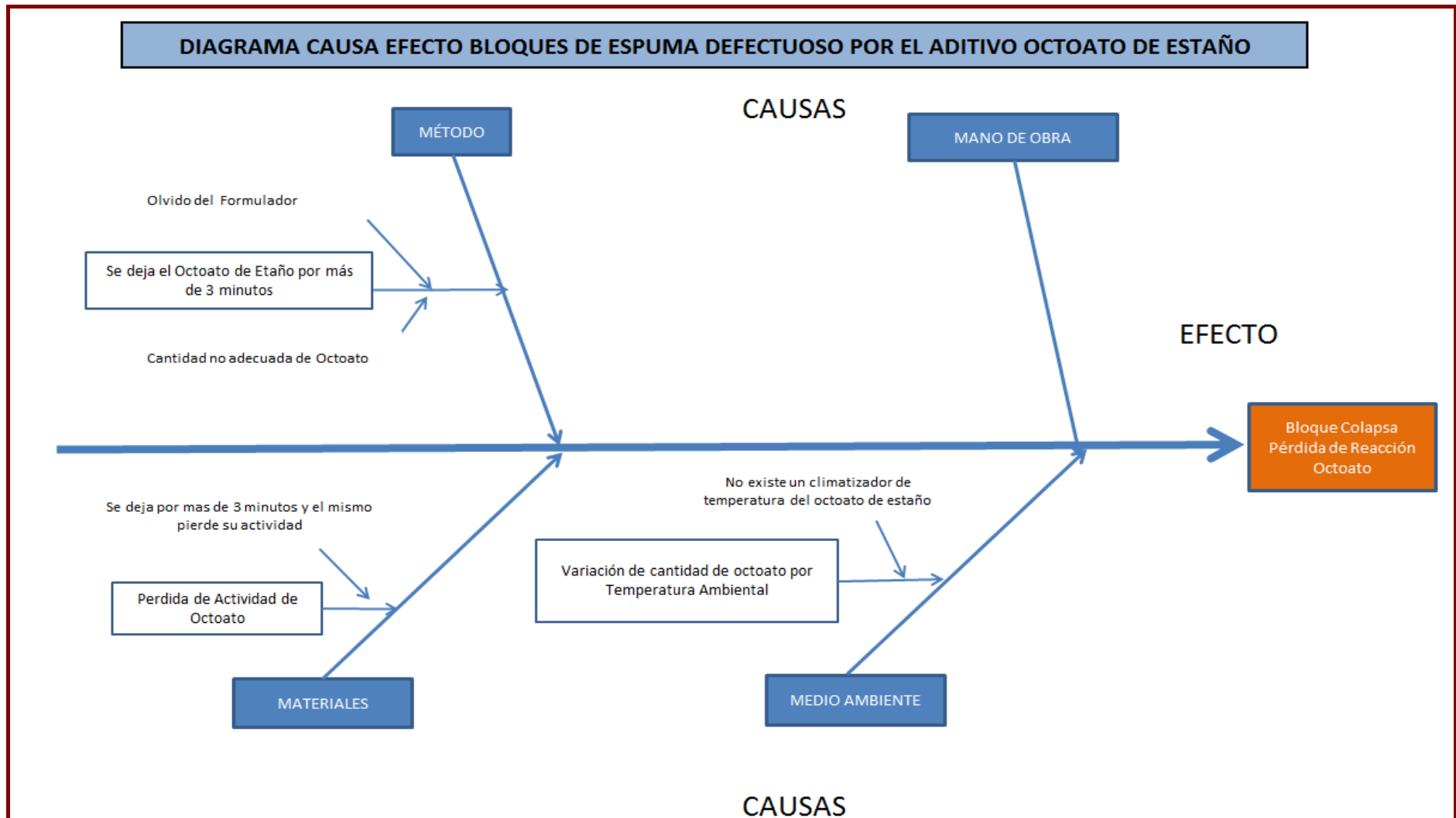
El 53% de estos bloques no conformes corresponden a la dosificación de aditivos, para lo cuál se realizó un análisis de las causa efecto de los principales factores que influyen en el producto no conforme, los aditivos en este caso son Cantidad de Agua, y Octoato de Estaño los mismos que se detallan a continuación:

Gráfico No. 84 Diagrama de Ishikawa Defectos de Bloque por adición del Aditivo Agua



Fuente: Reunión Personal de Poliuretanos Causas de Producto no Conforme
 Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

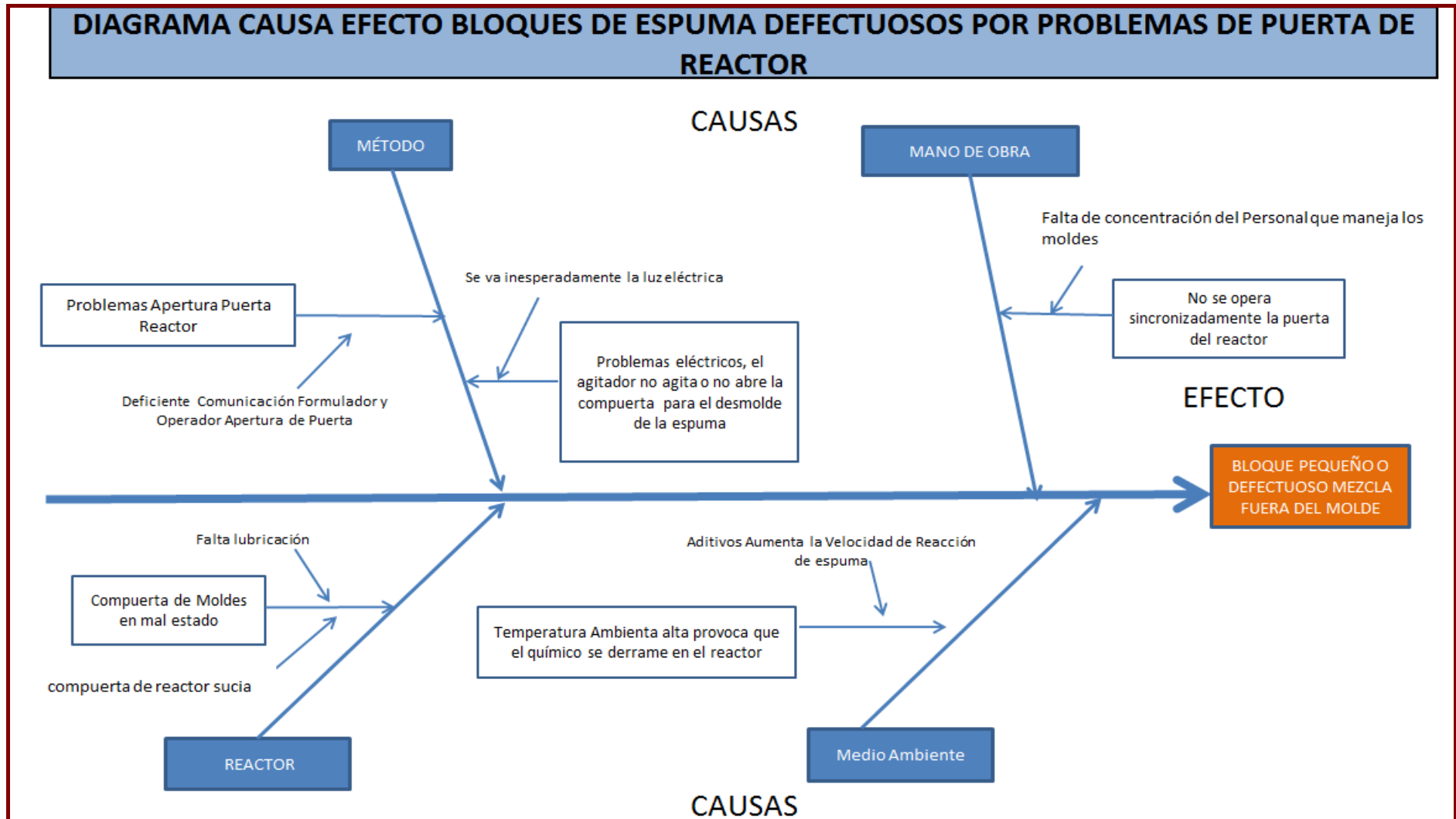
Gráfico No. 85 Diagrama de Ishikawa Defectos de Bloque por adición del Octoato de Estaño



Fuente: Reunión Personal de Poliuretanos Causas de Producto no Conforme
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

La segunda causa principal es problemas con el reactor de agitación que corresponde al 24% con 4 bloques no conformes (recipiente con agitador para mezclar químicos) y cuyo análisis se presenta en el diagrama de Ishikawa a continuación:

Gráfico No. 86 Diagrama de Ishikawa Defectos de Bloque Por problemas puerta del reactor

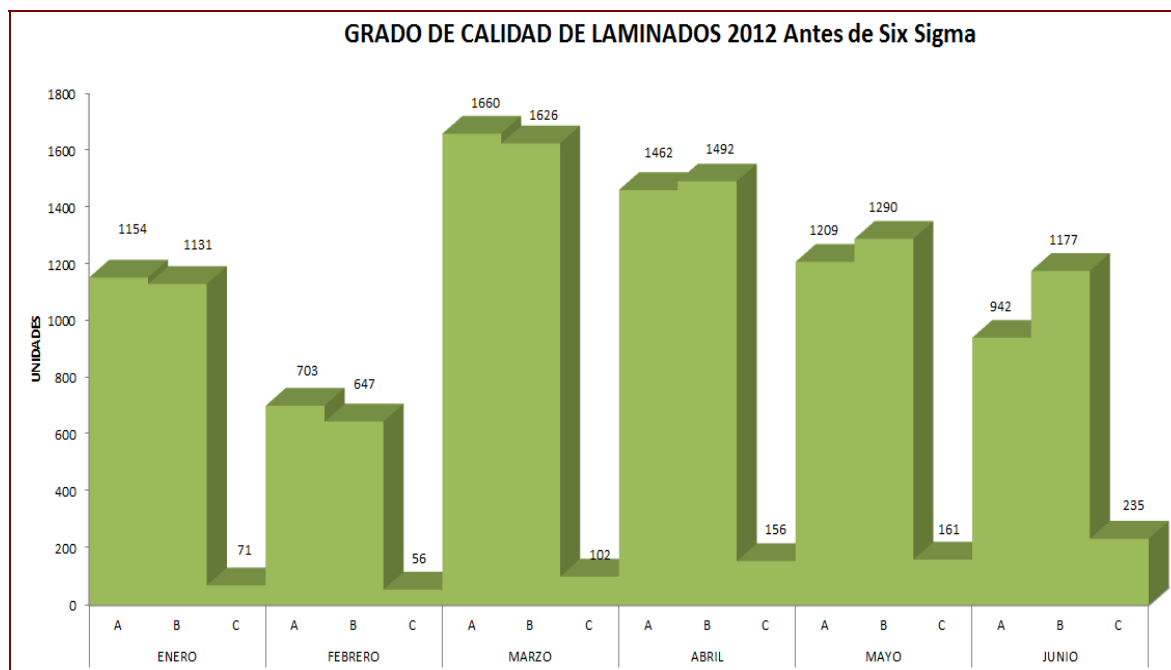


Fuente: Reunión Personal de Poliuretanos Causas de Producto no Conforme
 Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

- **Análisis Indicador de Cilindros Laminados Tipo C:**

Este indicador mide la cantidad de bloques cilíndricos laminados tipo C (bloques que presentan defectos pequeños como huecos, fisuras), a continuación se detallan el producto tipo C obtenido en el año 2012.

Gráfico No. 87 Grado de Calidad de Laminados 2012



Fuente: ERP-SAP Sistema de Notificación de bloques Laminados Controlador GSE
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

El laminado tipo C está en el 5 % en relación a los laminados tipo A (47%) y tipo B (48%) en el año 2012, en la tabla a continuación se detalla el costo de producir laminados tipo C.

Tabla No. 61 Costo del laminado tipo C año 2012

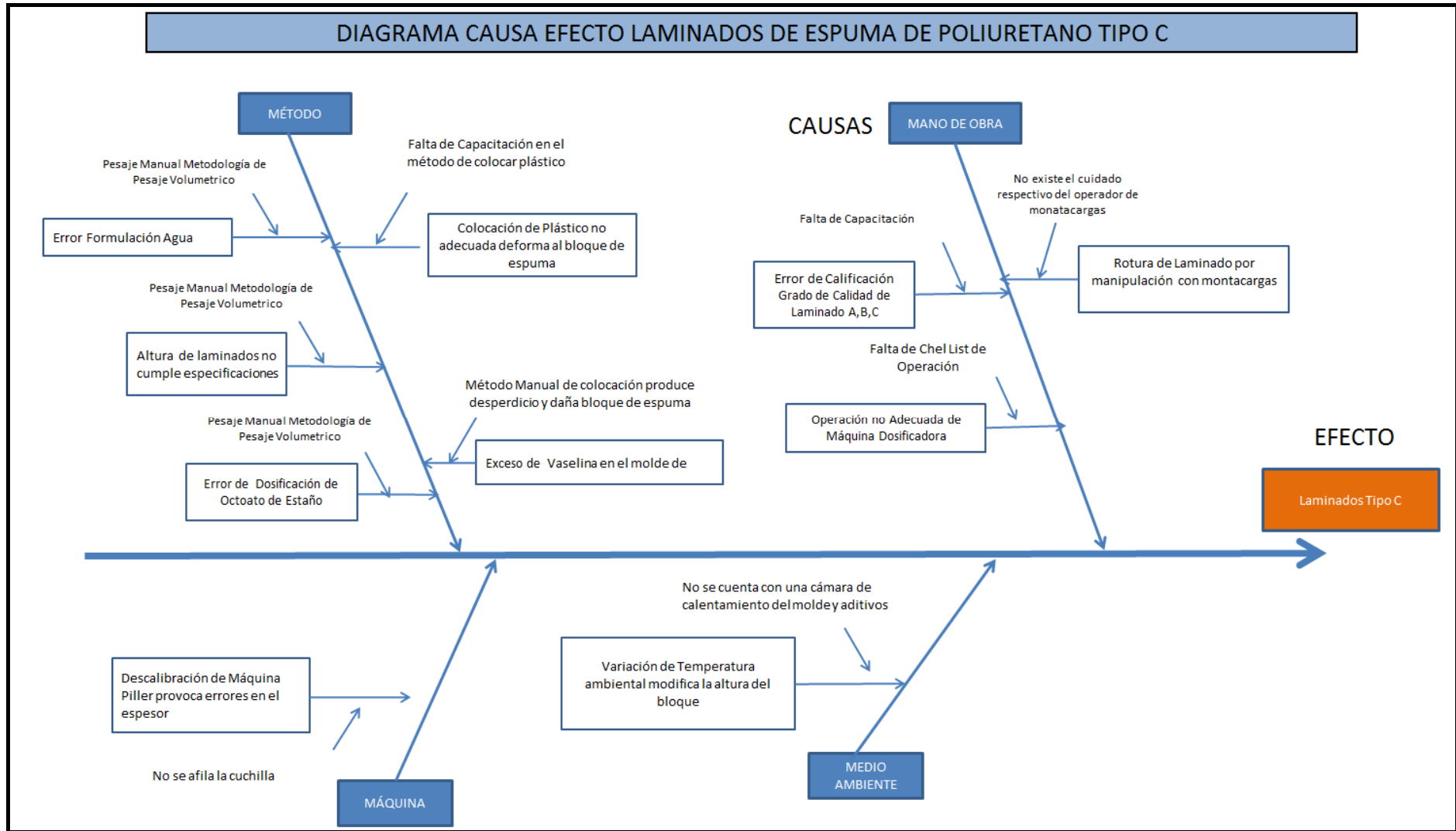
Laminados Tipo C 2012	und	Costo Unitario (usd)	Costo Total (usd)
Cilindros blancos	453	318,92	144470,76
Cilindros Celestes	172	385,37	66283,64
Cilindros Amarillos	148	310,25	45917
Cilindros Gris	8	546,9	4375,2
Subtotal	781		261046,6

Fuente: ERP-SAP, Sistema GSE
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

La cantidad de bloques tipo C es de 781 unidades hasta Junio 2012 lo que representa un costo de producción de 261.046.6 usd, es importante conocer los factores que inciden en la producción de bloques tipo C y su control.

A continuación se realiza un análisis de causa efecto de los principales factores que influyen para que se clasifique a un bloque cilíndrico en TIPO C.

Gráfico No. 88 Grado de Calidad de Laminados 2012



Fuente: Reunión Personal de Poliuretanos Causas de Producto no Conforme
 Elaborado por: Merci León – Dorian Salazar

Las acciones correctivas y preventivas para este indicador se indicaran en el próximo capítulo de mejora.

d) Análisis Indicador de Desperdicio de Espuma

Este indicador mide el desperdicio de espuma generado en los diferentes procesos productivos (ensamblado, forros, corte de espuma, espuma, tapicería-muebles, prensado y la espuma proveniente de Guayaquil).

Es importante señalar que el material de reproceso o desperdicio de espuma se utiliza posteriormente en otros procesos para la producción de espuma prensada.

El análisis de desperdicio se detalla a continuación:

Tabla No. 62 Desperdicio de Espuma Generado de los Diferentes Procesos

ANÁLISIS DESPERDICIO ESPUMA AÑO 2012 ANTES DE SIX SIGMA													
MES	GUAYAS (kg)	ENSAMBLADO (kg)	FORROS (kg)	FORMULACIÓN DE ESPUMA			CORTE		LAMINADO (kg)	PRENSADO		MUEBLES (kg)	TOTAL (kg)
				Cil. Daña.	Rec. Daña.	Falla Form.	Máquina 1	Máquina 2		B. CEL.	B. PREN.		
				(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)		(kg)	(kg)		
ENERO	2470	15	8533	272	0	0	4482	7589	9630	554	1903	83	35531
FEBRERO	2821,7	12	5700	0	202	0	3500	3900	5524	300	1004	26	22989,7
MARZO	2048	16	11681	200	201	0	5545	8321	12100	550	1642	35	42339
ABRIL	1918,1	0	11683	200	401	0	4885	6960	12130	251	1842	25	40295,1
MAYO	3554,5	0	10679	407	150	0	4500	6611	10814	165	1922	20	38822,5
JUNIO	3820,5	30	8498	383	0	0	3805	5531	10098	150	1534	15	33864,5
TOTAL	16632,8	73	56774	1462	954	0	26717	38912	60296	1970	9847	204	213842
% DESPERDICIO	8%	0,0341%	27%	1%	0,446%	0,000%	12%	18%	28%	1%	5%	0,095%	

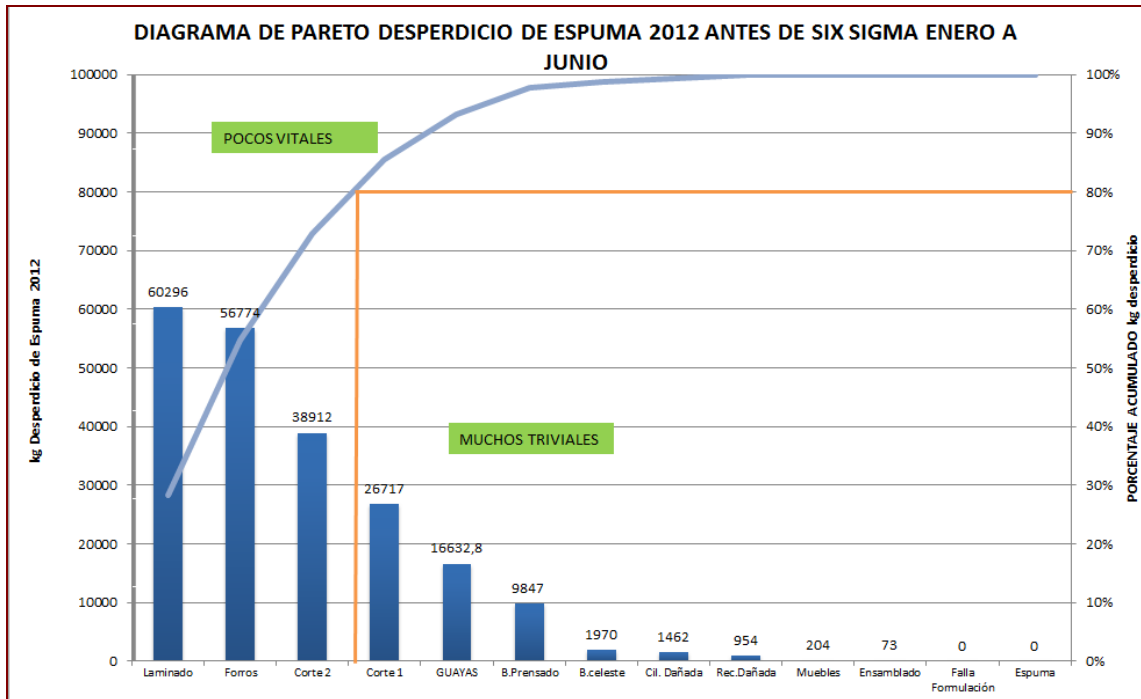
Fuente: Reporte Mensual Desperdicio de Poliuretano
Elaborado por: Merci León –Dorian Salazar

Como se observa en la tabla No. 62 el de mayor incidencia en el desperdicio de espuma generado es el proceso de laminado con un 28% (60296 kg) seguido de los procesos de forros 27% (56774 kg) y el proceso de corte 2 18% (38912 kg.) y el proceso de corte 1 12% (26717 kg).

El desperdicio de espuma o material para reproceso generado en la planta de Guayaquil corresponde al 8% (16.632.8 kg) del total de desperdicio de espuma de la empresa.

A continuación en el gráfico 89 se muestra un diagrama de Pareto del desperdicio generado en los diferentes procesos internos, para determinar y priorizar el análisis de causa a seguir para disminuir la cantidad de desperdicio generado:

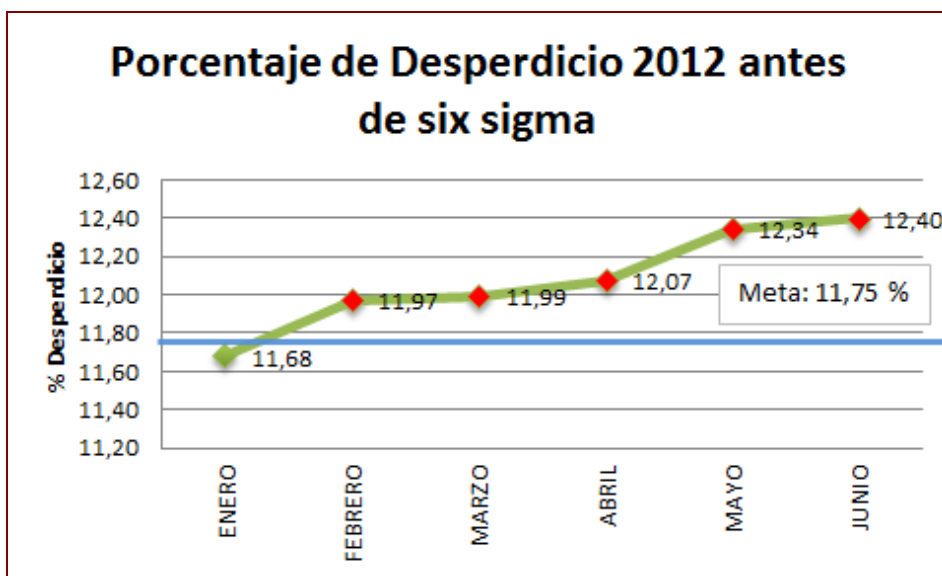
Gráfico No. 89 Diagrama de Pareto Desperdicio de Espuma 2012



Fuente: Informe gerencial Espuma de Poliuretano
 Elaborado por: Merci León –Dorian Salazar

Aplicando la regla de Pareto 80-20 debemos analizar las causas y tomar acciones correctivas en los procesos internos de Laminado, Forros y Corte 2 (Corte de espuma en un carrusel), reduciendo la cantidad de desperdicio generado en estos procesos que constituyen el 80% del desperdicio de la planta Chaide y Chaide, con esto se logrará disminuir el desperdicio global y obtener valores de desperdicio por debajo de la meta 11.75% cuya tendencia se explica en el gráfico 90 a continuación:

Gráfico No. 90 Tendencia del Desperdicio de Espuma 2012



Fuente: Informe Gerencial
 Elaborado por: Merci León – Dorian Salazar

En el gráfico 90 se puede observar que el porcentaje de desperdicio se ha ido incrementando gradualmente desde el mes de Febrero hasta terminar el mes de Junio con un 12,40%, y en promedio en el primer semestre del año se terminó con un 12.08%, superando la meta que es 11.75 % en un 2.81%.

En la siguiente tabla No. 63 se explicará la cantidad de desperdicio de espuma en kilogramos y en valores económicos:

Tabla No. 63 Costo de Desperdicio de espuma generado Período Enero a Junio 2012

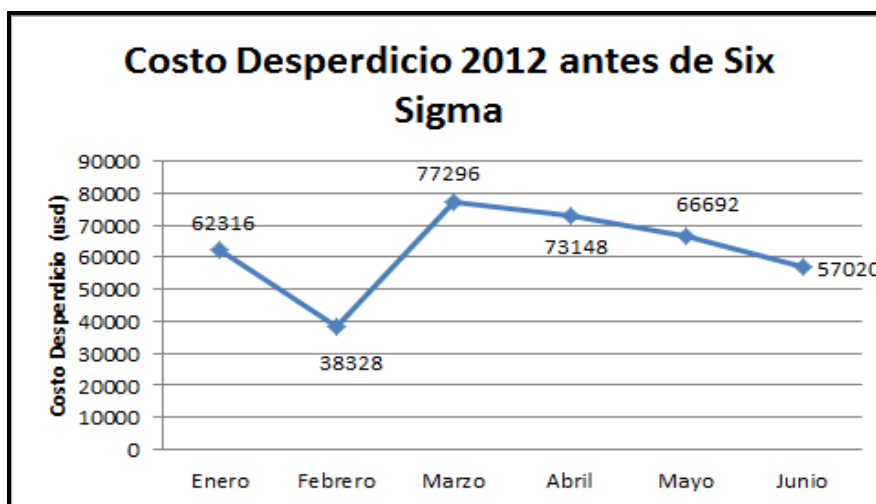
COSTO DESPERDICIO ENERO A JUNIO 2012								
mes:	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	PROMEDIO	Total
Kg. De espuma producida:	263903	152522,8	335910,4	303228,9	264502,4	227331,2	257899,78	1547398,7
Kg de espuma entregada	266790	160072	322279	302925	270183	229907	258692,67	1552156
kg. De desperdicio (kg):	31158	19164	38648	36574	33346	28510	31233,33	187400
% de desperdicio (%)	11,68	11,97	11,99	12,07	12,34	12,40	12,07	12,07%
Costo kg desperdicio usd/kg	2,00	usd/kg						
Costo Desperdicio (usd)	62316,00	38328,00	77296,00	73148,00	66692,00	57020,00		374800

Fuente: ERP/SAP

Elaborado por: Merci León – Dorian Salazar

En el gráfico 91 se puede observar que el costo de desperdicio de Enero a Junio 2012 es de 374.800 usd correspondiente a 187.400 kg de desperdicio. Este objetivo es clave para la empresa ya que con una reducción y mejora de cada uno de los procesos que inciden en el desperdicio se pueden obtener beneficios económicos importantes.

Gráfico No. 91 Costo del Desperdicio Enero a Junio 2012

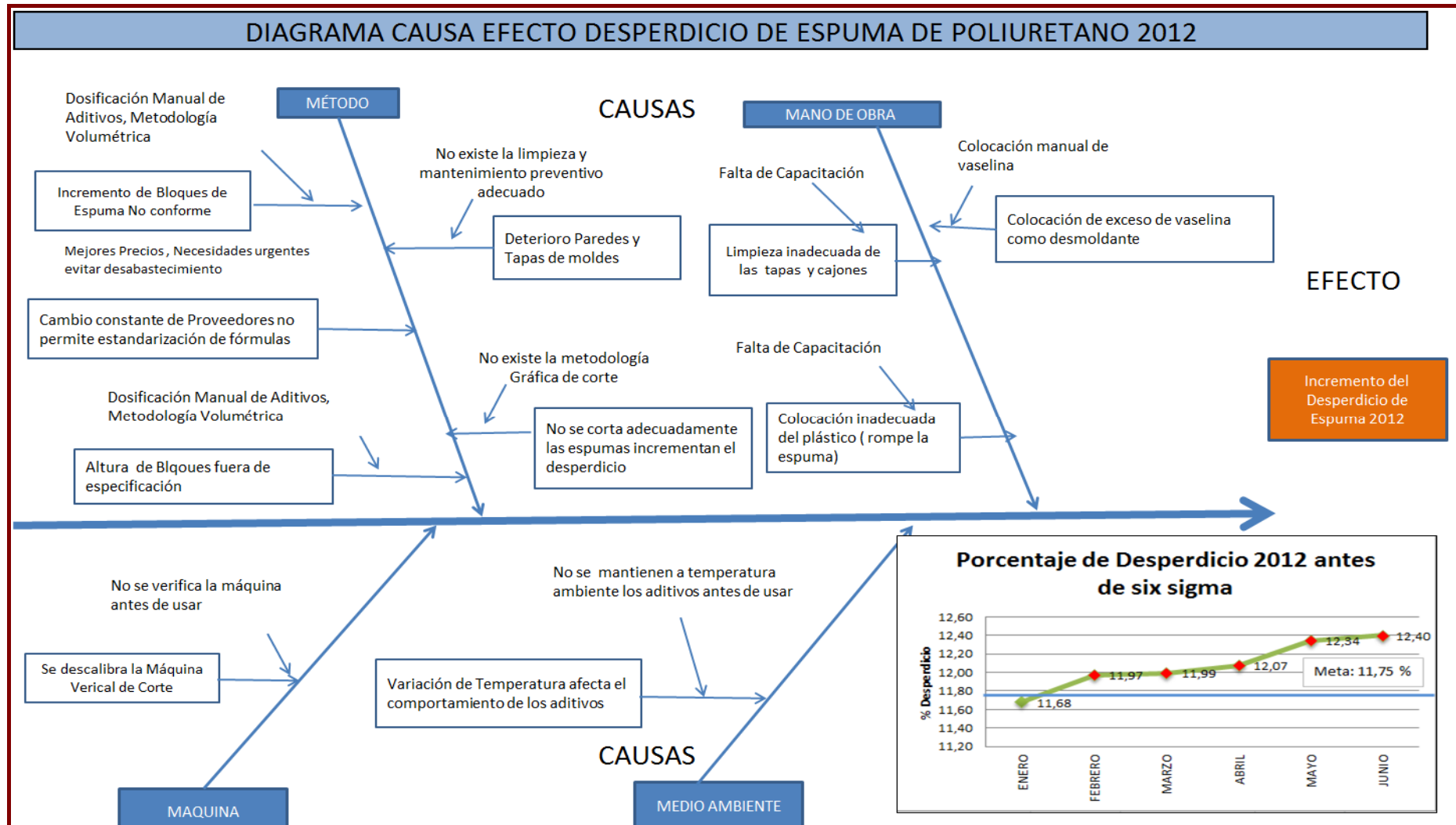


Fuente: Informe Gerencial

Elaborado por: Merci León – Dorian Salazar

En el gráfico No. 92 Se realizó un análisis de causa efecto para encontrar la causa raíz o causas raíces para establecer las acciones correctivas pertinentes del incremento de desperdicio en el proceso de elaboración de espuma de Poliuretano y que se indica a continuación:

Gráfico No. 92 Diagrama de Causa Efecto Desperdicio de Espuma de Poliuretano



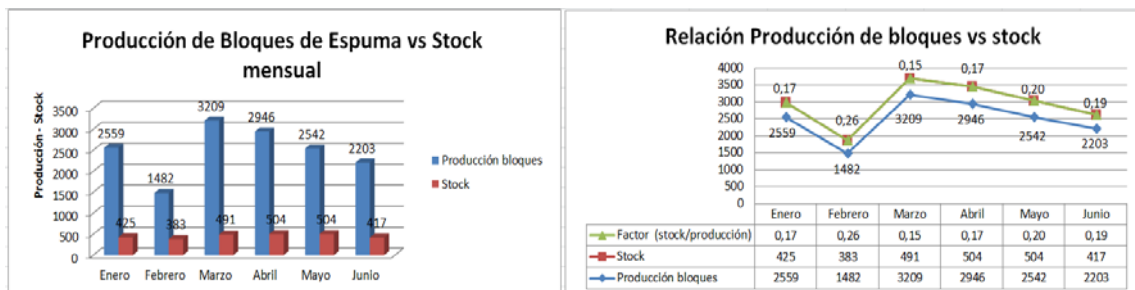
Fuente: Reunión Poliuretanos Análisis de Causa Desperdicio de Espuma
 Elaborado por: Mercí León – Dorian Salazar

Las acciones correctivas y preventivas se desarrollarán en el siguiente capítulo, además de las mejoras del proceso.

e) Análisis de Indicador Financiero (Inventarios)

En el análisis de los indicadores financieros se encuentra la cantidad de bloques de espuma de poliuretano en stock por mes. En el gráfico 93 se representa la producción de bloques de espuma vs el stock mensual de bloques. Es importante acotar que por el tiempo de curado los bloques cilíndricos y rectangulares de espuma de poliuretano deben estar en reposo 3 días antes de su utilización de los otros procesos, de ahí que es importante considerar este tiempo para el análisis de bloques en stock por producto.

Gráfico No. 93 Producción vs Stock de Bloques de Espuma de Poliuretano



Fuente: ERP-SAP

Elaborado por: Merci León – Dorian Salazar

En el gráfico 93 muestra la relación entre la producción de bloques y el stock mensual, se muestra que los meses de más alto stock son los de Marzo, Abril y Mayo generalmente en esta temporada se requiere tener productos semielaborados listos a utilizarse por la demanda alta en las ventas en estos meses.

Se ha realizado un análisis para determinar la cantidad óptima que se necesita tener en stock para no tener una Sobre inventario e inflar los costos del mismo. Se representa en el Anexo No. 12 el análisis de cada uno de los bloques de espuma para determinar el stock mínimo y máximo a tener considerando los tres días de curado, y tomar acciones correctivas con esta información para incorporar a los inventarios mensuales futuros en el proceso de Poliuretano.

f) Análisis de Calidad seis sigma del proceso

- **Análisis** de Calidad Seis Sigma Fabricación de Bloques de Espuma:

En la tabla No. 64 a continuación se presenta la calidad seis sigma del proceso de elaboración de bloques de espuma rectangulares y cilíndricos:

Tabla No. 64 Calidad seis sigma Producción de Bloques de Espuma

CALIDAD SEIS SIGMA 2012 ANTES DE APLICAR LA METODOLOGÍA SIX SIGMA						
MES	PRODUCCIÓN BLOQUES ESPUMA			CALIDAD		Meta Max (%)
	B. Cilíndricos (und)	B. Rectangulares (und)	Total (und)	BLOQUES NO CONFORMES (und)	Defectos (%)	
ENERO	1380	1179	2559	2	0,078%	0.10
FEBRERO	835	647	1482	2	0,135%	0.10
MARZO	1634	1575	3209	5	0,156%	0.10
ABRIL	1400	1546	2946	2	0,068%	0.10
MAYO	1221	1321	2542	6	0,236%	0.10
JUNIO	1034	1169	2203	1	0,045%	0.10
			14941	18	0,120%	

Unidades producidas =	14941	Bloque de Espuma Poliuretano	Producción
Oportunidad de Error =	9		Causas de Defectos
Defectos =	18	Bloques Defectuosos /año	
DPU =	0,00120	Defecto por unidad	DPU=d/U
DPO=	0,00013386	Defectos por oportunidad	DPO=d/(U*O)
DPMO=	133,860	Defectos po millon de Oportunidades	DPMO= DPO*1000000
Rendimiento del Proceso =	0,998796	Y=e^-DPU (2.7183)^-0.00101	
Oportunidad Unidad Libre defectos =	99,8796%		
Nivel de Sigma de Largo Plazo=	3,03	DISTR.NORM.ESTAND.INV(0.998796)	
Nivel de Sigma de Proceso Bloques de ESPUMA=	4,53	Zc=Zy+1.5 Desplazamiento 1.5 sigmas	

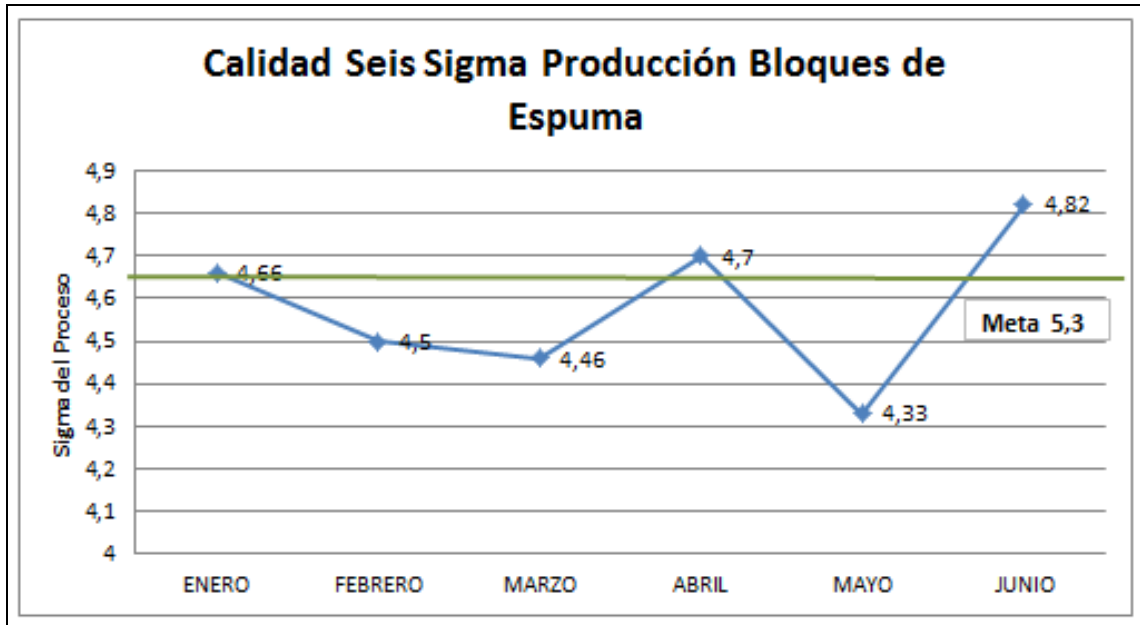
Fuente: Aplicación de Metodología par Cálculo de la Calidad Six Sigma

Elaborado por: Merci León – Dorian Salazar

En el período de Enero a Junio del 2012 el proceso de elaboración de espuma de Poliuretano cuenta con una calidad sigma del proceso de 4.53, es decir tiene 134 defectos por cada millón de oportunidades, es decir por cada 10 bloques de espumas fabricados hay la posibilidad de que 1.33 sean no conformes. La meta del presente proyecto es llegar hasta Noviembre 2012 a una calidad sigma de 4.65, es decir tener un DPMO de 89.

En el gráfico 94 se presenta la calidad Six Sigma mes a mes para determinar en qué mes se generaron mayor cantidad de defectos y las acciones correctivas empleadas para minimizar los mimos.

Gráfico No. 94 Calidad Seis Sigma Enero a Junio 2012



Fuente: Aplicación de Metodología par Cálculo de la Calidad Six Sigma
Elaborado por: Merci León –Dorian Salazar

Como se observa en la gráfico 94, los meses de Febrero, Marzo y Mayo presentan una calidad Six Sigma menor a 4.53; en Febrero se tienen 2 productos defectuosos pero la producción de bloques no es muy alta, pero en los meses de Marzo y Mayo la cantidad de bloques defectuosos aumenta considerablemente 5 y 6 respectivamente por lo que la calidad Six Sigma baja.

Para mejorar la calidad Six Sigma se debe trabajar intensamente en la reducción o eliminación de bloques defectuosos o no conformes que se analizó en los Gráficos de diagrama Ishikawa No. 83, 84 y 85 de mejora de productos defectuosos.

- **Análisis de Calidad Seis Sigma Laminados:**

En la tabla No. 65 se muestra la calidad seis sigma del proceso de corte de bloques cilíndricos y cuyo producto son los cilindros laminados, estos productos recordemos son calificados en tres grados de calidad A, B y C; el objetivo de este proyecto es reducir la cantidad de cilindros laminados tipo C y aumentar la calidad A y B. Los cilindros laminado tipo C son utilizados en la línea económica los productos que no tienen defectos que afecten la estética o calidad del colchón y los otros son considerados como producto no conforme y desperdicio.

Tabla No. 65 Calidad Seis Sigma Cilindros Laminados Enero a Junio 2012

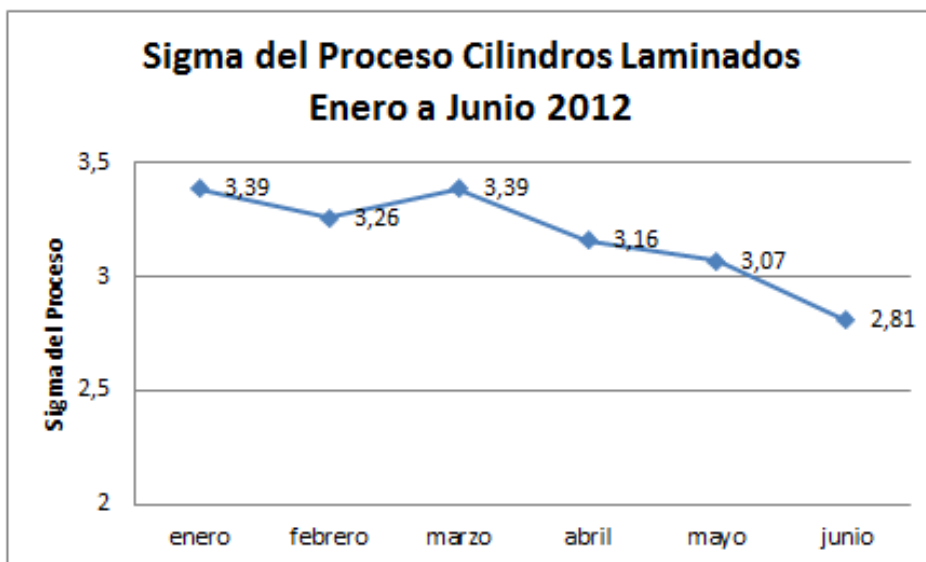
CALIDAD SEIS SIGMA LAMINADOS ESPUMA 2012							
MES	PRODUCCIÓN BLOQUES ESPUMA				CALIDAD		
	Laminados Grado de Calidad A (und)	Laminados Grado de Calidad B (und)	laminados Grado de Calidad C (und)	Total (und)	BLOQUES NO CONFORMES Laminados Tipo C (und)	Defectos (%)	Meta Max (%)
ENERO	1154	1131	71	2356	71	3,0%	3%
FEBRERO	703	647	56	1406	56	4,0%	3%
MARZO	1660	1626	102	3388	102	3,0%	3%
ABRIL	1462	1492	156	3110	156	5,0%	3%
MAYO	1209	1297	181	2687	181	6,7%	3%
JUNIO	942	1177	235	2354	235	10,0%	3%
				15301	801	5,2%	

Unidades producidas =	15301	Bloque de Espuma Poliuretano	Producción
Oportunidad de Error =	9	Bloques Defectuosos /año	Causas de Defectos
Defectos =	801	Defecto por unidad	DPU=d/U
DPU =	0,05235	Defectos por oportunidad	DPO=d/(U*O)
DPO=	0,005816613	Defectos po millon de Oportunidades	DPMO= DPO*1000000
DPMO=	5817	Y=e ^{-DPU} (2.7183) ^{-0.00101}	
Rendimiento del Proceso =	0,948997	DISTR.NORM.ESTAND.INV(0.998989)	
Oportunidad Unidad Libre defectos =	94,8997%	Zc=Zy+1.5 Desplazamiento 1.5 sigmas	
Nivel de Sigma de Largo Plazo=	1,64		
Nivel de Sigma de Proceso Bloques de ESPUMA=	3,14		

Fuente: Aplicación de Metodología par Cálculo de la Calidad Six Sigma
Elaborado por: Merci León – Dorian Salazar

La tabla No. 65 muestra una calidad sigma del proceso de 3.15 con un rendimiento del proceso del 95 %, 781 bloques tipo C 5.1% de 15.214 cilindros laminados elaborados, en el gráfico No. 95 se detallan la calidad sigma del proceso de corte de bloques cilíndricos para obtener productos cilíndricos laminados.

Gráfico No. 95 Calidad Sigma del proceso de bloques cilíndricos laminados Enero a Junio 2012



Fuente: Aplicación de Metodología par Cálculo de la Calidad Six Sigma
Elaborado por: Merci León –Dorian Salazar

Se puede observar en la gráfico No. 95 que la calidad Six Sigma ha ido bajando desde el mes de Abril considerablemente hasta tener en el mes de Junio un valor de 2.81 que representa un

rendimiento del 90% y un nivel de laminados tipo C del 10% (235 de 2.354 laminados producidos).

El gráfico 89 muestra el análisis de las causas por el incremento en la cantidad de bloques tipo C, las acciones correctivas y mejoras se describirán en el capítulo siguiente: Mejora.

g) Análisis de la capacidad del proceso

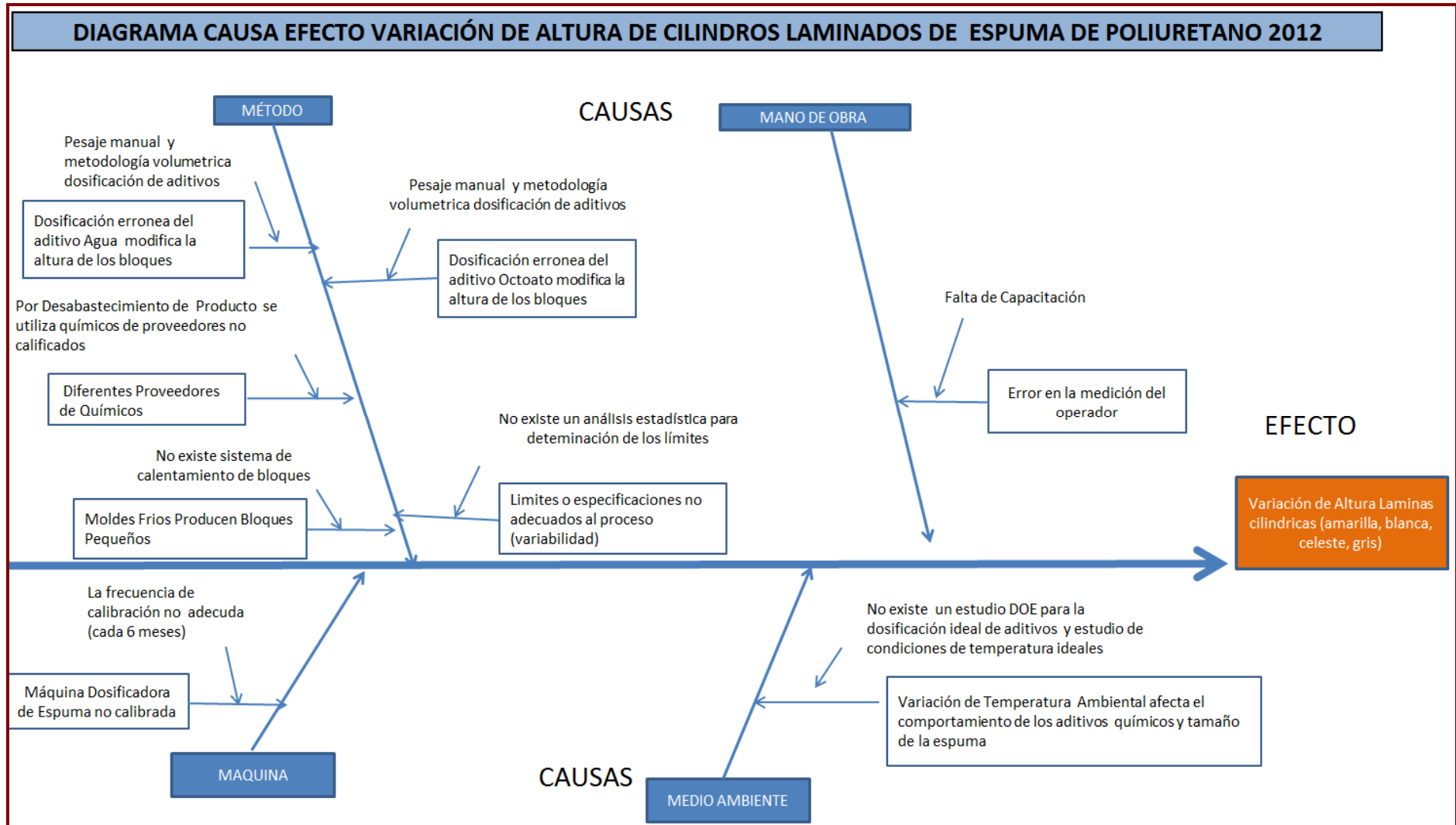
Para conocer la capacidad del proceso de las diferentes variables de respuesta del proceso de elaboración de espuma de poliuretano como son: Altura de los cilindros laminados, Índice de TDI. Compresión permanente, y Densidad de las espumas, se analizarán los índices (C_p , C_r , C_{pi} , C_{ps} , C_{pk} , k , C_{pm}), y en qué medida tal característica de calidad es satisfactoria (cumple especificaciones).

- **Análisis de la Altura de Laminados**

Para analizar la variabilidad de altura de los laminados se analizará mediante un diagrama de Ishikawa en el que todos los laminados no se encuentran dentro de los límites de control o especificaciones establecidos para el proceso de forros.

Existe variación en la altura de los cilindros laminados (amarillo, blanco, celeste y gris) y estos productos están fuera de especificación como puede observarse en el capítulo anterior fase de medición. A continuación se presenta un diagrama Ishikawa para identificar la causa o causas raíces de variación de la altura de laminado.

Gráfico No. 96 Diagrama de Ishikawa variación de altura de laminados (laminas cilíndricas: amarilla, blanca, celeste y gris)



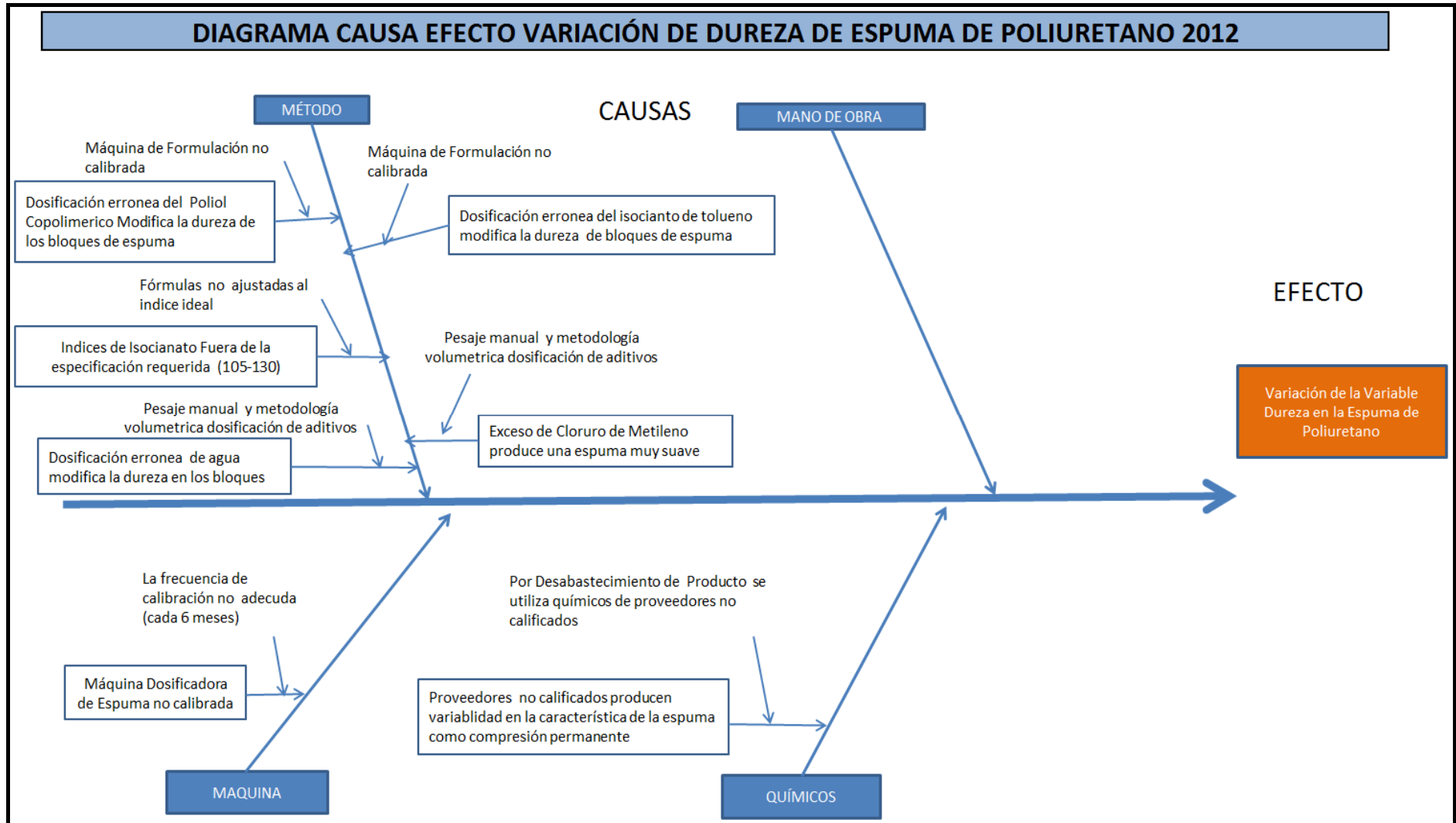
Fuente: Reunión Poliuretanos Análisis de Causa Variación Altura Laminados
 Elaborado por: Merci León –Dorian Salazar

Las acciones correctivas y mejoras se explicarán en el siguiente capítulo y luego se revisara la nueva capacidad del proceso de cada uno de los laminados de espuma y las modificaciones en la formulación para que el proceso sea capaz.

- **Análisis de la Variable Dureza en el proceso de elaboración de espuma de poliuretano**

La variable dureza es importante para determinar la firmeza o soporte de una lámina de espuma, cada tipo de espuma de acuerdo a su densidad y a su funcionabilidad (el uso que se le quiera dar) tiene un cierto grado de dureza y cuya variación dependen de varios factores que se detallan en el diagrama de Ishikawa del gráfico No. 97 a continuación:

Gráfico No. 97 Diagrama de Ishikawa Variable Dureza en la elaboración del proceso de espuma de poliuretano



Fuente: Reunión Poliuretanos Análisis de Causa Variación Dureza de Espuma
 Elaborado por: Merci León –Dorian Salazar

Las acciones correctivas y mejoras se analizarán en el próximo capítulo y se determinará la formulación más adecuada para alcanzar las especificaciones que se ajusten mejor al proceso y se reduzca la variabilidad del mismo.

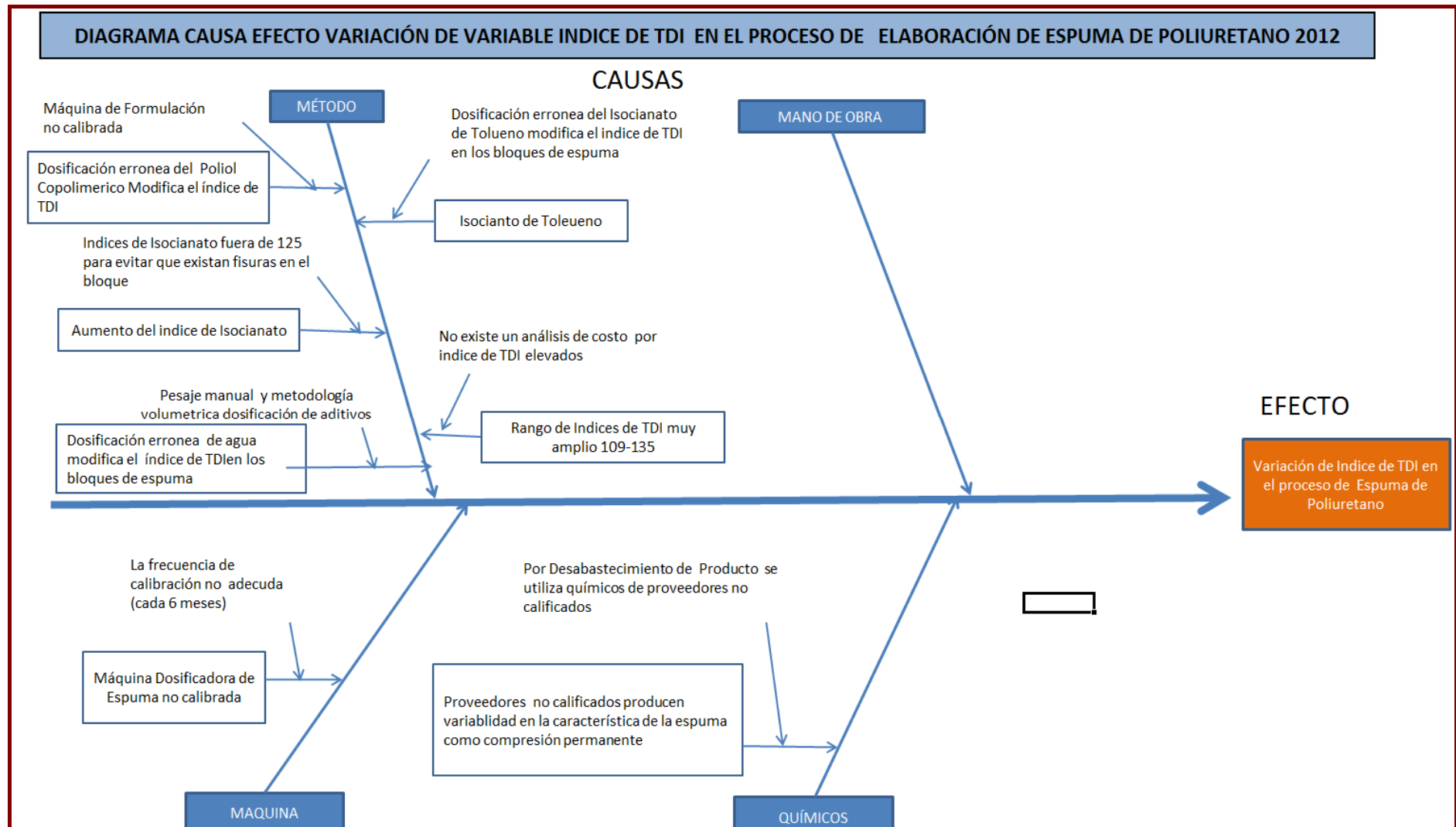
- **Análisis de la Variable Índice de TDI en el proceso de elaboración de espuma de poliuretano**

Para el cálculo del índice de TDI se parte de un índice 105, un índice debajo de 100 produce problemas de roturas o fisuras dentro del bloque, mientras que un índice mayor a 125 produce una espuma con celdas cerradas (no pasa el aire) y textura acartonada, es ideal que el índice de TDI este entre 115 a 120 para tener una espuma con características ideales.

En la tabla 12 del Capítulo No. 3 se muestra la variable Índice de TDI para las espumas fabricadas en Chaide y Chaide, es necesario modificar las formulaciones para obtener valores de índices de TDI entre 115 y 120, con esto se estaría ahorrando valores económicos importantes, ya que el precio por kg de los diferentes químicos (TDI, Polioles) oscilan entre 5 y 6 dólares/kilo.

El índice de TDI y la causa de la variación en las especificaciones se expresan en el diagrama de Ishikawa a continuación:

Gráfico No. 98 Diagrama de Ishikawa Variable Índice de TDI



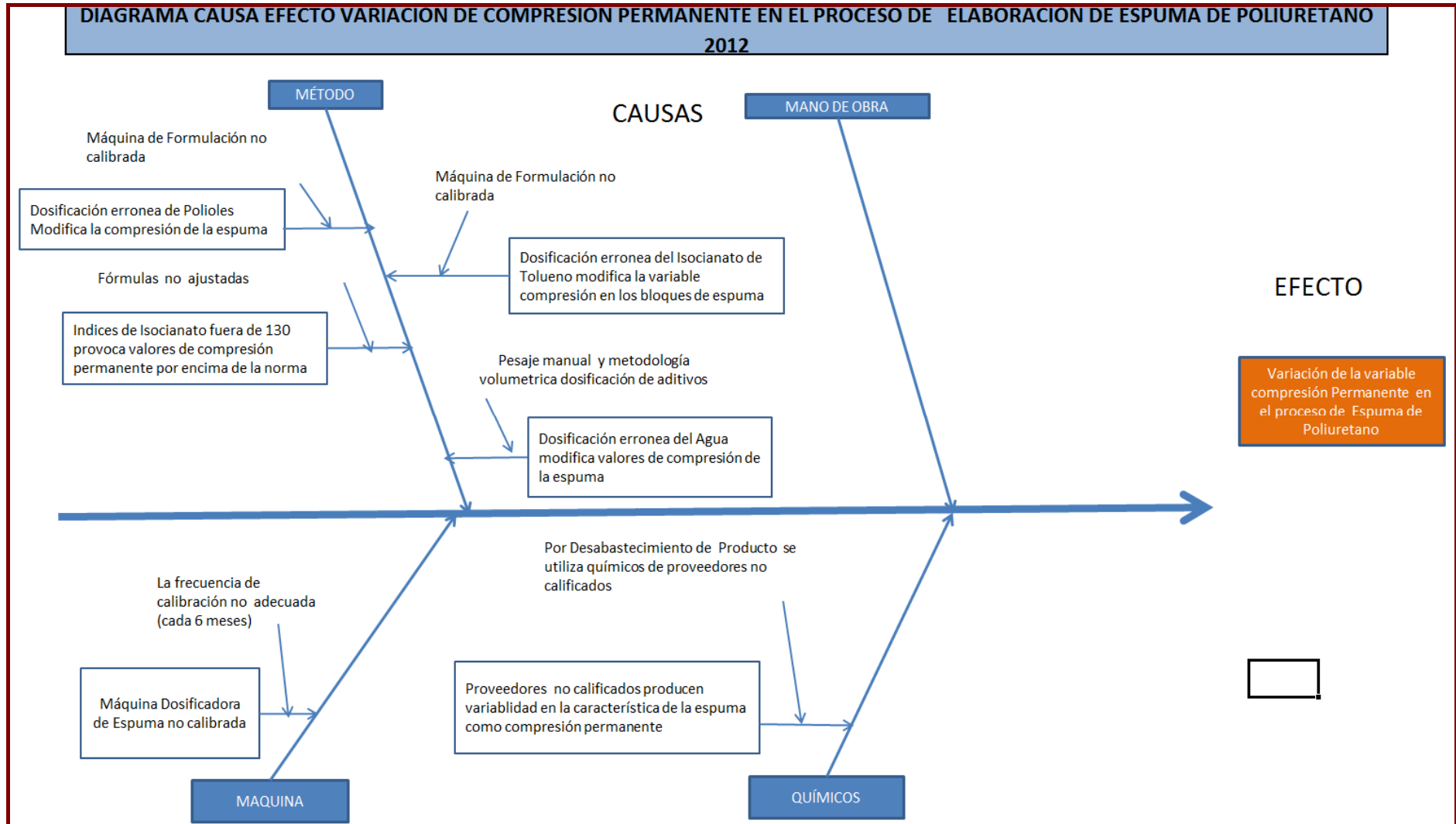
Fuente: Reunión Poliuretanos Análisis de Causa Variación Índice de TDI
 Elaborado por: Merci León – Dorian Salazar

En el próximo capítulo se analizarán las formulaciones y la posibilidad de variación de los índices de TDI de las diferentes espumas de poliuretano que están sobre el rango de 130 de Índice de Isocianato. Cabe recordar que en este rango la cantidad excedente de Isocianato de Tolueno ya no reacciona con las moléculas de Polioli.

- **Análisis de la Variable Compresión Permanente en el proceso de elaboración de Espuma de Poliuretano**

En esta variable es importante en el proceso de elaboración de espuma de Poliuretano y determina la durabilidad que va a tener la espuma, los valores de compresión permanente depende de la clase de la espuma (clasificación de acuerdo al rango de densidad). Los valores de Capacidad de proceso de la variable compresión de los diferentes tipos de espuma de poliuretano se encuentran por encima de 1,33, se analizara mediante un diagrama de Ishikawa las causas raíz de la variación que existe en la variable compresión y que se detalla a continuación:

Gráfico No. 99 Diagrama de Ishikawa Variable Compresión Permanente



Fuente: Reunión Poliuretanos Análisis de Causa Variación Compresión de Espuma
 Elaborado por: Merci León – Dorian Salazar

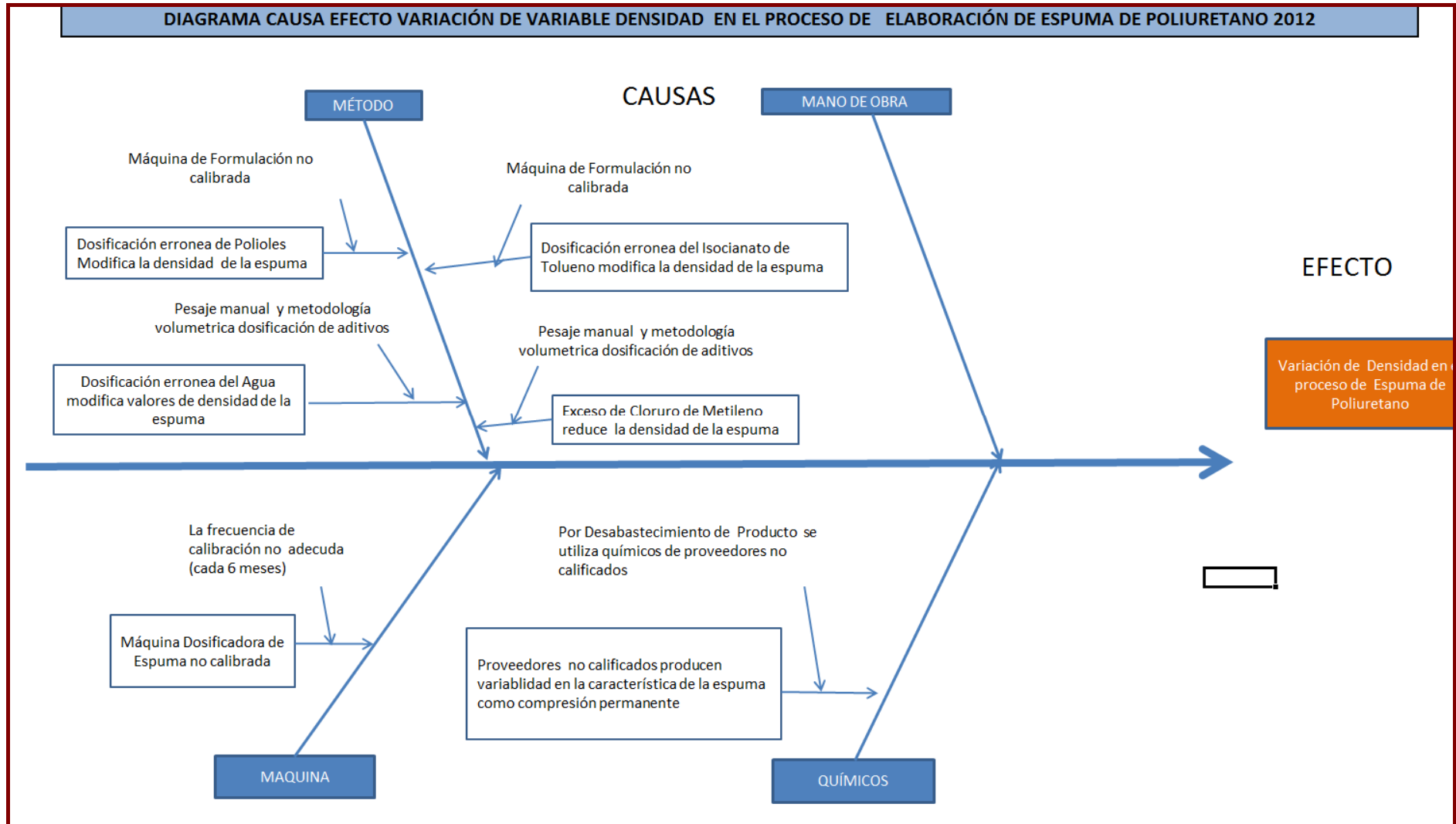
- **Análisis de la Variable Densidad en el proceso de elaboración de espuma de Poliuretano**

La variable densidad es una característica de calidad muy importante para la espuma de poliuretano, en Chaide y Chaide varía desde 13 kg/m^3 hasta 45 kg/m^3 dependiendo de la línea de producción de colchones (económica, Chaide o Restonic).

Los índices de capacidad del proceso para el parámetro de densidad se encuentran en valores por encima de 1,33;

Para la variación de la variable densidad se realizó el diagrama Ishikawa a continuación:

Gráfico No. 100 Diagrama de Ishikawa Variable Densidad



Fuente: Reunión Poliuretanos Análisis de Causa Variación Densidad de Espuma
 Elaborado por: Merci León – Dorian Salazar

Las acciones correctivas y mejoras para todas las variables de calidad (altura de laminados, dureza, índice de TDI, compresión permanente y densidad, de la espuma de Poliuretano se explicaran en el siguiente capítulo Fase de Mejora.

- **Análisis de Posible Olor en la Espuma de Poliuretano Memory Foam o Espuma Viscoelástica utilizando la Herramienta AMEF**

La herramienta AMEF se utilizara con análisis y acción preventiva para evitar posibles reclamos por mal olor en la espuma de Poliuretano.

La espuma de Poliuretano Memory Foam producida en Chaide y Chaide cumple 3 días de curado (permanece reposando y eliminando olores) con la finalidad de evitar que entre al proceso de corte y luego al proceso de elaboración de forros y colchones y produzca olor que sea motivo de un reclamo posterior de los clientes.

Sin embargo se utilizará esta herramienta para estudiar la variable olor y sus posibles consecuencias, así como también las acciones correctivas y preventivas a aplicarse para su control y prevención.

En la Tabla No. 66 se siguen los pasos de un AMEF para la variable olor de la espuma memory foam.

Tabla No. 66 Especificaciones AMEF espuma de Poliuretano

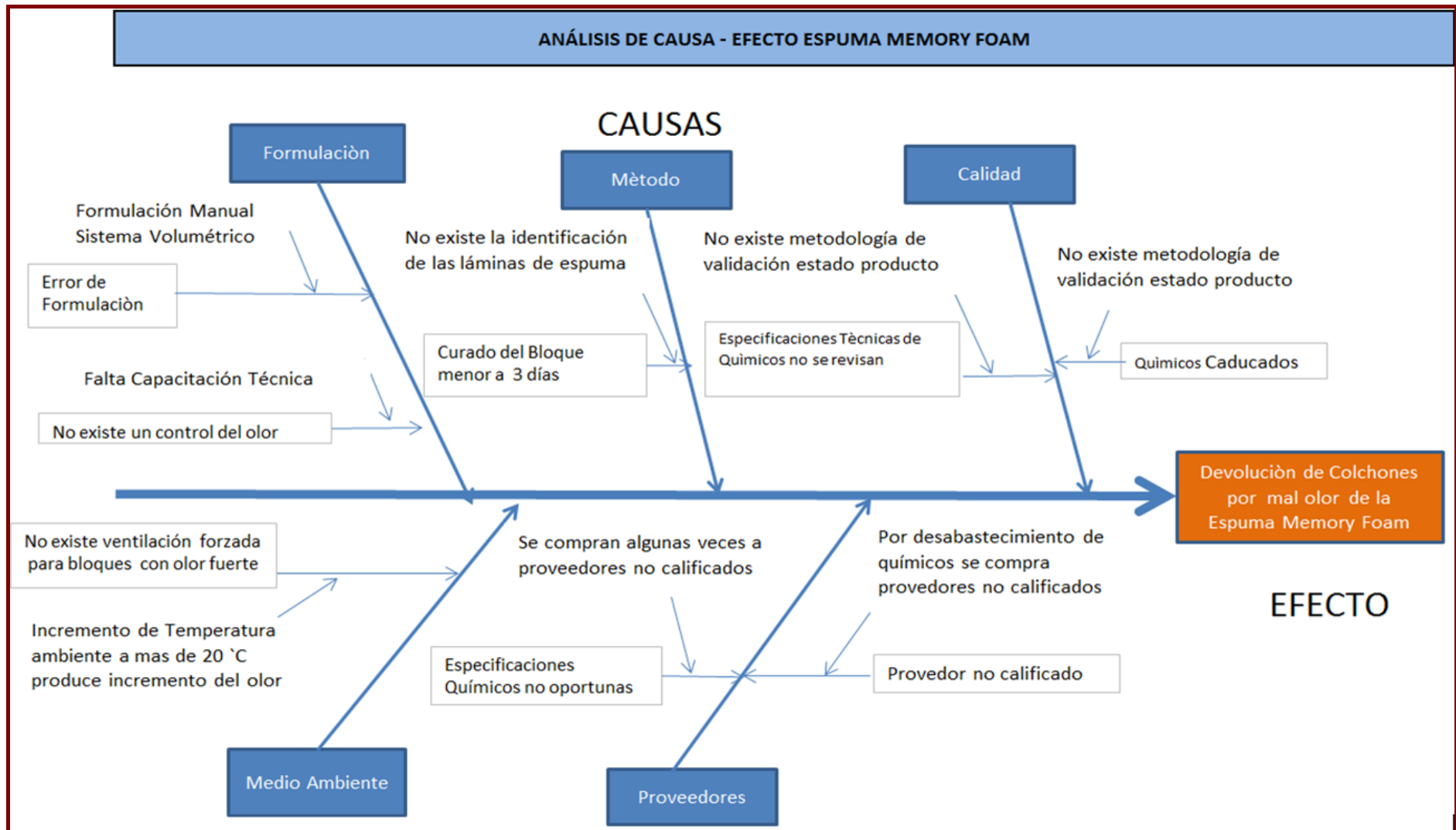
Específicas para Acciones Preventivas	
AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Falla Potencial)	
POSIBLE PROBLEMA	Devolución de Colchones por Posible mal olor de la espuma memory foam
1. Identifique el proceso.	Proceso de elaboración de Espuma Memory foam. Espuma utilizada para la elaboración de colchones de la línea Restonic de Chaidey Chaide
2. Defina las actividades.	1. Requerimiento de colchones Restonic por parte de Ventas
	2. Solicitus de Materia Primas a BMP (Químicos)
	3. Recepción y verificación de cumplimiento de Especificaciones de Materia Primas (Químicos),
	4. Formulación de Espuma Memory foam
	5. Control de Temperatura, Respirado y Reacción de Químicos
	6. Desmolde y curado (Tiempo de Curado Min 3 días)
	7. Control de variables físicas: densidad, resiliencia, olor de la espuma, control de dimensiones
	8. Corte de Espuma y Entrega a nuestro cliente interno proceso de Ensamblado
3. Analice con el grupo de trabajo Six Sigma, qué podría pasar en esa etapa como para afectar al cliente, la calidad del producto, al proceso o al sistema de gestión de calidad.	Si los químicos no cumplen con las especificaciones técnicas, se encuentran caducados o se cambia de proveedor podrían causar problemas en las propiedades físicas de la espuma con la densidad, resiliencia, elásticidad y el olor de la misma. Y crear problemas en la percepción del cliente.
	Si existe un error en la formulación de cualquiera de los químicos principales (Isocianato, Poliols) o cualquiera de los aditivos (Amina, Silicona, Octoato, Agua) las propiedades de la espuma cambiaran y a esto se considera un producto No Conforme.
	Si la temperatura ambiental es muy alta la velocidad de reacción de los aditivos varían y el olor del químico en la espuma es también alta.
	El tiempo de curado de la espuma debe ser de mínimo 3 días para eliminar el olor y gases del proceso y estar listo para enviar la espuma al proceso de Armado de Colchones.
	El Control de Calidad en el producto final valida que todo el proceso productivo se han realizado controles y la espuma cumple con las características físicas de densidad, resiliencia y elásticidad.
4. Califique la frecuencia y la severidad calculando el número probable de riesgo.	La frecuencia y Severidad del riesgo se calcula en la hoja a continuación FORMATO AMEF
5. Establezca una escala sobre la cual va a ejecutar acciones.	Escala : 3 Alto Riesgo, 2 Riesgo Moderado, 1 . Bajo Riesgo
6. Elabore e implemente un plan de acción.	El plan de Acción se define en como acciones correctivas y preventivas a implementarse
7. Verifique la eficacia de las acciones preventivas.	La Verificación de Eficacia de Acciones Tomadas estan en la hoja de verificación posterior

Fuente: Reunión AMEF olor de Espuma Equipo Six Sigma
 Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

En el Anexo No. 1 se presentan el cálculo del NPR (Número más probable de Riesgo) el mismo que fue evaluado y calificado por el equipo Seis Sigma y que las Conclusiones se detallan a continuación: EL NPR con más puntaje está el tiempo de curado del bloque (12 puntos), la temperatura ambiental (9 puntos), La compra de químicos a proveedores no calificados (9 puntos) y la utilización de químicos caducados (9 puntos).

Posteriormente se realizan un análisis de causa efecto del olor en las espumas y que se muestra en la gráfico 101 a continuación:

Gráfico No. 101 Diagrama de Ishikawa olor en la Espuma de Poliuretano



Fuente: Reunión Poliuretanos Análisis de Causa Olor de la Espuma de Poliuretano
 Elaborado por: Merci León – Dorian Salazar

Una vez realizado el análisis de causa – efecto y determinado sus principales causas, se realiza una tabla No. 67 con las principales acciones correctivas, preventivas, responsables, fechas de cumplimiento y medición mediante indicadores para de esta forma evitar que existan reclamos por olor a químico en las espumas de poliuretano.

Tabla No. 67 Acciones correctivas y Prevenir reclamos por olor a químico en las espumas de Poliuretano con tecnología memory foam

ACCIONES CORRECTIVAS / PREVENTIVAS PARA ELIMINAR LA POSIBILIDAD DE RECLAMOS POR FUERTE OLORES A QUÍMICO EN LOS COLCHONES CON TECNOLOGÍA MEMORY FOAM												
EFEECTO	CAUSAS	Acciones Correctivas/ Preventivas Propuestas	Fecha de Cumplimiento	Responsable	Indicador	Meta	Efecto	Indicador	Meta			
FORMULACIÓN												
Error de Formulación Aditivos	Formulación Manual Sistema Volumétrico	Cambiar del Sistema de Dosificación volumétrica a sistema de dosificación por peso	jul-12	Representante Técnico	No. Bloques No Conformes / Bloques Producidos	< 1%	Cero Devoluciones por mal olor	Numero de Devoluciones por olor fuerte a químico/ No. de colchones vendidos	< 0.05 %			
No existe un control del olor	Falta de Capacitación Técnica	Capacitar al Personal de Formulación de la Espuma Memory Foam en forma Teórica Práctica, Evaluando su desempeño trimestralmente.										
METODO												
Curado del Bloque menor a 3 días	No existe la identificación de las láminas de espuma con la fecha de curado	Verificar el diligenciamiento del formato de trazabilidad del bloque y se cumpla con el tiempo de curado	INMEDIATAMENTE	Representante Técnico / Gerente de Planta	No. Bloques devueltos por no cumplir tiempo de curado / Bloques Producidos	< 1%						
		Capacitar y Coincientizar la necesidad de que se cumpla con el tiempo de curado de los bloques de espuma	oct-12									
		Identificación de Láminas de Espuma mediante un sistema de conteo automático y la impresión de la etiqueta con la trazabilidad por bloque de espuma cortado. (Fecha de curado, fecha de corte, cantidad de láminas, y fecha de elaboración del bloque memory foam)										
CALIDAD												
Especificaciones Técnicas de Químicos no se revisan	No existe metodología de validación estado producto	Estado de Aprobación de los químicos y seguimiento, revisión de las especificaciones, fecha de caducidad del químico con alertas de no cumplimiento o caducidad si existieran.	ago-12	Representante Técnico	Químicos Caducados	0 Kg químicos caducados						
Químicos Caducados												
MEDIO AMBIENTE												
Incremento de Temperatura ambiente a más de 20 °C produce incremento del olor	No existe ventilación forzada para bloques con olor fuerte	Verificación de la Temperatura con termocuplas en la cámara de almacenamiento de químicos y termómetro ambiental en la zona de formulación	INMEDIATAMENTE	Representante Técnico	Temperatura Ambiental vs cantidad de Aditivos	SI						
		Colocar un sistema de ventilación en el área de curado de bloques, donde la temperatura se mantenga bajo 18 °C.	dic-13	Gerente Planta								
PROVEEDORES												
Especificaciones Químicos no oportunas	Se compran algunas veces a proveedores no calificados	Solicitar al Proveedor las especificaciones antes de utilizar el químico, incorporar en la evaluación a proveedores el tiempo de entrega de las mismas	INMEDIATAMENTE	Jefe de Compras	Evaluación y Calificación de Proveedores Químicos	Alcanzar la Calificación A para la compra						
Proveedor no cumple Especificaciones	Proveedor no cumple Especificaciones	No comprar productos si no cumple las especificaciones, valorar calidad antes de precio.										
Proveedor no calificado	Por desabastecimiento de químicos se compra proveedores no calificados	Sólo comprar a proveedores que están dentro del sistema ISO 9001 Evaluados y Reevaluados que cumplan con los criterios establecidos por la Organización.										

Fuente: Reunión Poliuretanos Análisis de Causa Olor de la Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Mercí León – Dorian Salazar

4.3 PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para la determinación de la hipótesis, partimos de los problemas identificados en el proceso de espuma de poliuretano: defectos de calidad en el proceso o producto final; y actividades que no generan valor. Mediante la utilización de la metodología Six Sigma se logrará el mejoramiento del proceso y la reducción de costos.

En esta etapa se analizarán los siguientes problemas para el mejoramiento del proceso productivo:

- La altura de los laminados fuera de especificación, nos permitirá reducir considerablemente los costos de formulación y reducción de desperdicio de espuma.
- Bloques Cilíndricos Laminados tipo C, cuya reducción ayudará a disminuir considerablemente los desperdicios y permitirá una reducción importante en los costos.
- Y finalmente plantear la hipótesis de la cantidad de desperdicio generado en el proceso de elaboración de espuma, una reducción de la cantidad de desperdicio permitirá un ahorro importante de los costos generado por este rubro.

4.3.1 Hipótesis para la Altura de los Laminados Cilíndricos

- **Altura de Bloques cilíndricos Laminados Amarillos**

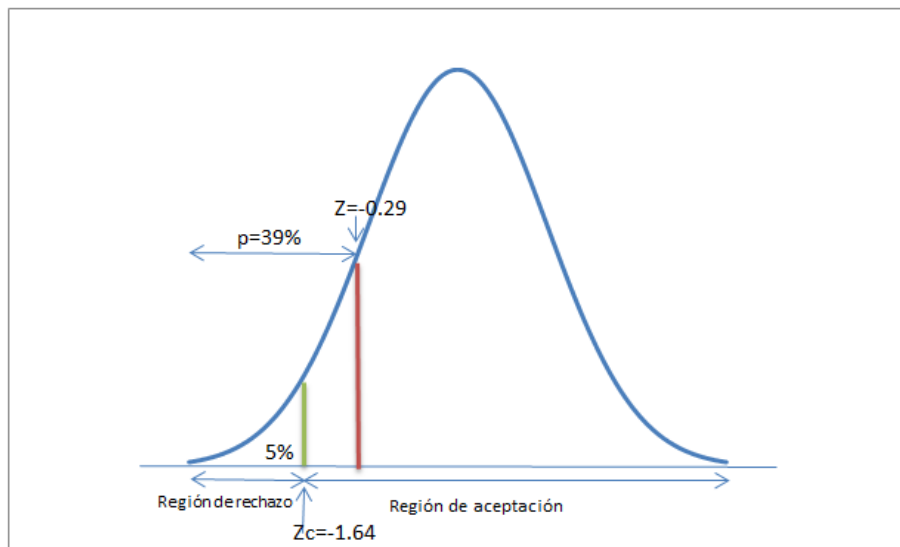
Uno de los productos del proceso de elaboración de espuma de Poliuretano son los bloques cilíndricos laminados amarillos densidad 15 kg/m³. Si el proceso de elaboración de espuma de poliuretano funciona de forma adecuada, los bloques de espuma que se fabrican tienen una altura media de 210 cm, con una desviación estándar de 0,60 (como lo determinan las especificaciones del proceso de elaboración de tapas acolchadas). Los bloques de espuma más altos generan más desperdicio, mientras que los bloques más pequeños no se pueden utilizar y se contabiliza directamente como desperdicio. Se selecciona una muestra con el promedio de los seis primeros meses y la altura media resulta de 215,25 cm. ¿Es necesario el cambio en la formulación del producto en el proceso? Se utilizará un nivel de significancia de 0.05.

Tabla No. 68 Hipótesis Altura Bloque Cilíndrico Laminado Amarillo

Hipótesis Altura de Bloque Cilindrico Amarillo		
CONCEPTO	SÍMBOLO	VALOR
Hipótesis nula	H_0	$\mu \geq 210$
Hipótesis alternativa	H_1	$\mu < 210$
Nivel de significancia	α	0.05
Media de la población	μ	215.32
Tamaño de la muestra	n	6
Media muestral	\bar{X}	215.25
Desviación estándar poblacional	σ	0.6
Valor de referencia	Z_c	-1.64
Prueba Z	Z	-0.2857738
Valor p	p	0.39

Fuente: Informe gerencial Espuma de Poliuretanos
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Gráfico No. 102 Gráfico de Hipótesis – Altura Laminado Amarillo



Fuente: Informe gerencial Espuma de Poliuretanos
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Análisis: No existe suficiente evidencia para decir que $\mu < 210$ cm, se necesita realizar un cambio en la formulación del proceso ya que la altura promedio es 215,32, es decir no es igual a 210.

- **Altura de Bloques cilíndricos Laminados Blancos**

En el caso de los bloques cilíndricos laminados blancos densidad 19 kg/m³. Si el proceso de elaboración de espuma de poliuretano funciona de forma adecuada, los bloques de espuma que se fabrican tienen una altura media de 202 cm, con una desviación estándar de 0,60 (como lo

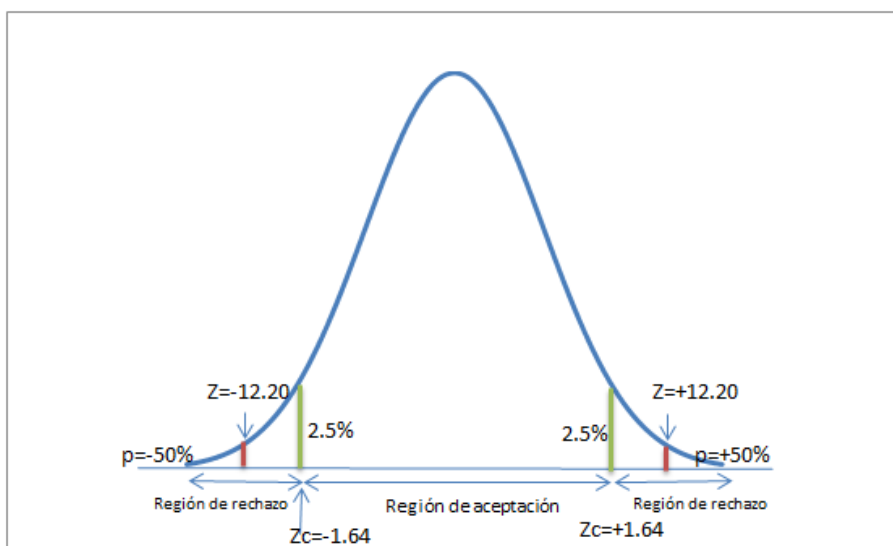
determinan las especificaciones del proceso de elaboración de tapas acolchadas). Los bloques de espuma más altos generan más desperdicio, mientras que los bloques más pequeños no se pueden utilizar y se contabiliza directamente como desperdicio. Se selecciona una muestra con el promedio de los seis primeros meses y la altura media resulta de 206,15 cm. ¿Es necesario el cambio en la formulación del producto en el proceso? Se utilizará un nivel de significancia de 0.05.

Tabla No. 69 Hipótesis Altura Bloque Cilíndrico Laminado Blanco

Hipótesis Altura de Bloque Cilíndrico Blanco		
CONCEPTO	SÍMBOLO	VALOR
Hipótesis nula	H_0	$\mu=202$
Hipótesis alternativa	H_1	$\mu \neq 202$
Nivel de significancia	α	0.05
Media de la población	μ	204.9
Tamaño de la muestra	n	6
Media muestral	\bar{X}	206.15
Desviación estándar poblacional	σ	0.6
Valor de referencia	Z_c	-1.64
Prueba Z	Z	5.10
Valor p	p	1.00

Fuente: Informe gerencial Espuma de Poliuretanos
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Gráfico No. 103 Gráfico de Hipótesis – Altura Laminado Blanco



Fuente: Informe gerencial Espuma de Poliuretanos
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Análisis: Se rechaza H_0 y se acepta H_1 ya que el estadístico Z cae en la región de rechazo de la derecha. No hay diferencias significativas con la altura de 202 cm.

- **Altura de Bloques cilíndricos Laminados Celestes**

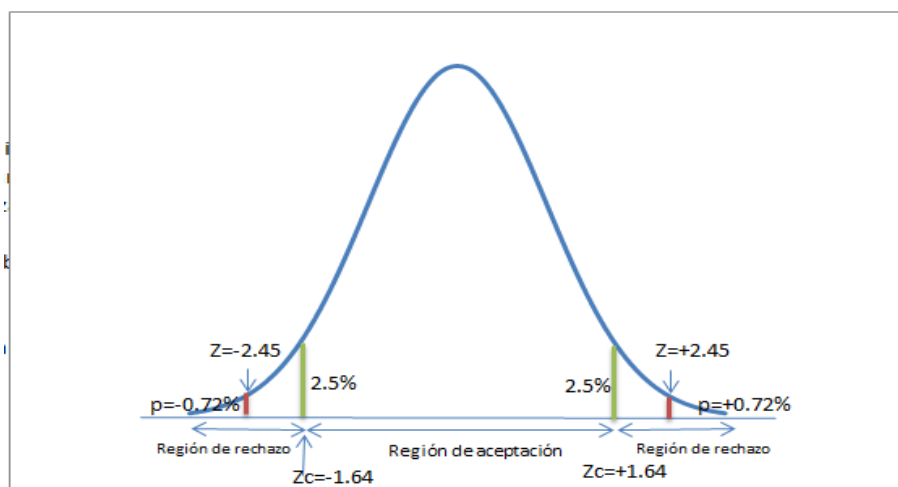
Para los bloques cilíndricos laminados celestes densidad 22 kg/m³. Si el proceso de elaboración de espuma de poliuretano funciona de forma adecuada, los bloques de espuma que se fabrican tienen una altura media de 206 cm, con una desviación estándar de 0,60 (como lo determinan las especificaciones del proceso de elaboración de tapas acolchadas). Los bloques de espuma más altos generan más desperdicio, mientras que los bloques más pequeños no se pueden utilizar y se contabiliza directamente como desperdicio. Se selecciona una muestra con el promedio de los seis primeros meses y la altura media resulta de 207.7 cm. ¿Es necesario el cambio en la formulación del producto en el proceso para obtener la altura ideal? Se utilizará un nivel de significancia de 0.05.

Tabla No. 70 Hipótesis Altura Bloque Cilíndrico Laminado Celeste

Hipótesis Altura de Bloque Cilindrico Celeste		
CONCEPTO	SÍMBOLO	VALOR
Hipótesis nula	H_0	$\mu=206$
Hipótesis alternativa	H_1	$\mu \neq 206$
Nivel de significancia	α	0.05
Media de la población	μ	208.3
Tamaño de la muestra	n	6
Media muestral	\bar{X}	207.7
Desviación estándar poblacional	σ	0.6
Valor de referencia	Z_c	-1.64
Prueba Z	Z	-2.45
Valor p	p	0.0072

Fuente: Informe gerencial Espuma de Poliuretanos
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Gráfico No. 104 Gráfico de Hipótesis – Altura Laminado Celeste



Fuente: Informe gerencial Espuma de Poliuretanos
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Análisis: Se rechaza H_0 y se acepta H_1 ya que el estadístico Z cae en la región de rechazo izquierda, se necesita realizar un cambio en la formulación del proceso ya que la altura promedio es 208,32.

- **Altura de Bloques cilíndricos Laminados Gris**

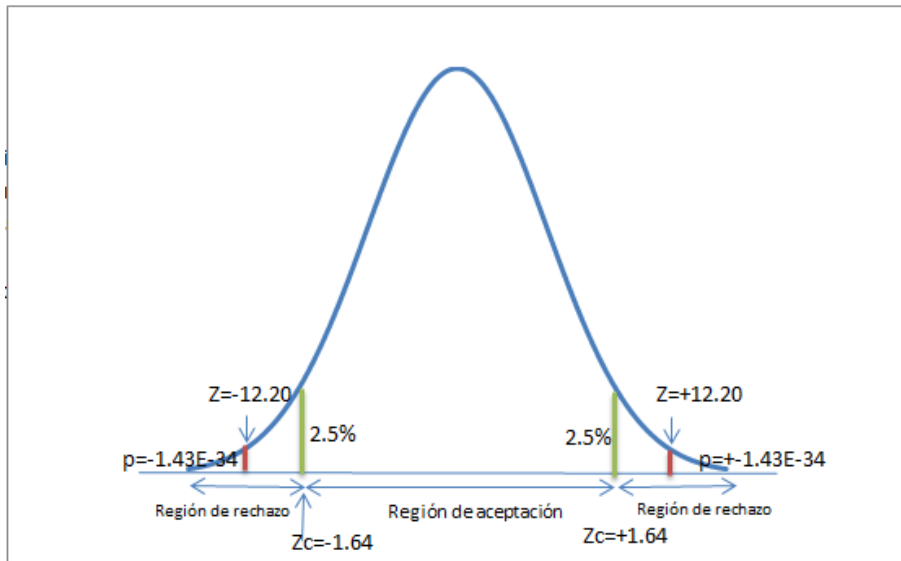
Para los bloques cilíndricos laminados gris densidad 27 kg/m³. Si el proceso de elaboración de espuma de poliuretano funciona de forma adecuada, los bloques de espuma que se fabrican tienen una altura media de 214 cm, con una desviación estándar de 0,60 (como lo determinan las especificaciones del proceso de elaboración de tapas acolchadas). Los bloques de espuma más altos generan más desperdicio, mientras que los bloques más pequeños no se pueden utilizar y se contabiliza directamente como desperdicio. Se selecciona una muestra con el promedio de los seis primeros meses y la altura media resulta de 217.50 cm. ¿Es necesario el cambio en la formulación del producto en el proceso para obtener la altura ideal?. Se utilizará un nivel de significancia de 0.05.

Tabla No. 71 Hipótesis Altura Bloque Cilíndrico Laminado Gris

Hipótesis Altura de Bloque Cilindrico Celeste		
CONCEPTO	SÍMBOLO	VALOR
Hipótesis nula	H_0	$\mu=214$
Hipótesis alternativa	H_1	$\mu\neq 214$
Nivel de significancia	α	0.05
Media de la población	μ	220.49
Tamaño de la muestra	n	6
Media muestral	\bar{X}	217.5
Desviación estándar poblacional	σ	0.6
Valor de referencia	Z_c	-1.64
Prueba Z	Z	-12.2066239
Valor p	p	1.43267E-34

Fuente: Informe gerencial Espuma de Poliuretanos
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Gráfico No. 105 Gráfico de Hipótesis – Altura Laminado Gris



Fuente: Informe gerencial Espuma de Poliuretanos
Elaborado por: Merci León - Dorian Salazar

Análisis: Se rechaza H_0 y se acepta H_1 ya que el estadístico Z cae en la región izquierda de rechazo, se necesita realizar un cambio en la formulación del proceso ya que la altura promedio es 217.5 superior a la hipótesis H_0 214.

5 FASE MEJORA

En este capítulo se describen las acciones correctivas, acciones preventivas y las mejoras que se implementaron para cumplir con cada uno de los objetivos trazados a lo largo del proyecto six sigma en el proceso de elaboración de espuma de poliuretano entre los que se encuentran: Indicador de Servicio, Satisfacción del cliente interno, Producción de bloques, láminas y Laminados de espuma; La productividad del proceso productivo, Calidad (producto no conforme o defectuoso, y el cálculo del sigma del proceso.

5.1 GENERACIÓN DE SOLUCIONES

El análisis de causa así como la generación de acciones correctivas se desarrollaron conjuntamente con el equipo de mejoramiento Six Sigma, y las soluciones que se presentan a continuación son las ideales para el mejoramiento de proceso y en dónde se indica las causas, la acción o acciones correctivas pertinentes, el tiempo de cumplimiento y el responsable de la eficacia de la acción.

La metodología utilizada para determinar la causa raíz, el análisis de causa, las acciones correctivas y las mejoras fueron mediante reuniones con el equipo Six Sigma, en dónde se analizaron las causas raíces de los distintos problemas, se filtró la información más relevante y luego se definieron las acciones correctivas que más se ajustan al proceso, también se analizaron los recursos que se necesitaran para llevar a cabo las tareas y se definieron responsables de las diferentes mismas, además de los plazos a cumplir así como también los costos de cada actividad.

Se elaboró un diagrama de Gantt para dar el seguimiento respectivo de las actividades para la mejora del proceso.

El equipo Six Sigma para el mejoramiento del proceso de elaboración de espuma de Poliuretano es el siguiente:

- Líder de Implementación (Gerente de Planta)
- Patrocinadores (Gerentes de Área)
- Maestranes (Jefe de Espuma de Poliuretano)
- Asistente Técnico Poliuretano/ Asistentes de Procesos Poliuretano
- Formuladores / Operarios

5.1.1 Selección del Conjunto de Soluciones Ideales

En el capítulo No. 4 Análisis, se desarrolló diagramas de Ishikawa para determinar la causa raíz del incumplimiento de los diferentes objetivos antes del desarrollo de la metodología Six Sigma, a continuación se presentara el desarrollo de distintas soluciones para el mejoramiento del proceso de elaboración de espuma de poliuretano y que se detallan a continuación:

- **Satisfacción del cliente interno**

Del gráfico 74, 75 y 76 Análisis de Causa de incumplimiento indicador de satisfacción del cliente interno se detalla en la Tabla No. 72 las acciones correctivas para mejorar el desempeño del indicador.

Tabla No. 72 Acciones Correctivas Indicador de Satisfacción del Cliente Interno

ACCIONES CORRECTIVAS MEJORAMIENTO DE LA SATISFACCIÓN DEL CLIENTE INTERNO							
EFFECTOS	CAUSAS	ACCIONES CORRECTIVAS	FORMATO / ANEXO	FECHA DE CUMPLIMIENTO	Avance	Costo (usd)	RESPONSABLE
La altura de los laminados no se encuentra dentro de especificación	Pesaje Manual Metodología de Pesaje Volumetrico	Cambio de la metodología de Formulación de Dosificadora de Espuma de Volumen a Masa, (comprar una balanza), Capacitación en temas de Metrología	No aplica	Jul/2012	100%		Equipo Six Sigma
Espuma con defectos, huecos, fisuras		Se deben realizar pruebas pilotos cambiando la formulación hasta que la altura de los laminados este dentro de especificación	Fórmulas Patrón Laminados Anexo No. 5		100%	5,000.00	
		Propuesta Nuevo Diseño Sistema de Dosificación de Aditivos Automática	Diseño Dosificadora de Aditivos Anexo No. 6	Mar/2013	30%	50,000,00	
No se entrega la cantidad correcta de Láminas de espuma	Conteo Manual del Operador de láminas en el Carrusel	Desarrollar una metodología de conteo automática para evitar errores de conteo de láminas por parte de los operadores (Sistema Poka Yoke), utilizar la herramienta a prueba de errores para que el conteo sea automático, además se imprimira una etiqueta que contenga la cantidad de láminas, la fecha de elaboración del bloque, y la fecha de curado ,	Conteo Automatico de Láminas de Espuma y Notificación en ERP- SAP Anexo No. 7	Oct/2012	100%	7,500,00	
	Identificación no adecuada de láminas de espuma , fecha de curado de láminas y cantidad						
No se mide las dimensiones de las láminas de espuma en el corte	No existe un Formato dimensional para láminas	Desarrollar un formato para la medición de las dimensiones de las láminas de espuma. Capacitación al personal para el llenado respectivo	Medición de Láminas de Espuma Anexo No. 8	Jul/2012	100%		
Producción Desbalanceada por Máquina de Corte	Programación de Producción no adecuada	Determinación ordenes de producción por máquina en el proceso productivo. Determinación de la eficiencia por máquina, Utilizar la metodología OEE (Eficiencia, Disponibilidad y Calidad)	Metodología OEE Anexo No. 9				
Ausencia de Formatos de Control de Calidad , Entrega y Satisfacción del cliente	No existe la metodología de medición de satisfacción cliente interno	Implementar la metodología de medición de satisfacción del cliente interno y su difusión en el proceso productivo, fijar indicador de satisfacción	Formato de Satisfacción del cliente interno Anexo No.4	Sep/2012	100%	25.00	
		Realizar un chek list de entrega -recepción	Chek List Entrega -Recepción de Láminas Anexo No. 10	Jul/2012			
Desconocimiento de recetas del personal operativo de espuma y montacarguistas, entrega láminas cambiadas	Falta de Capacitación	Capacitación de utilización de recetas, elaborar recetas gráficas para una mejor comprensión del personal y colocar en la cartelera (Gerencia Visual)	Receta Gráfica Anexo No. 11	Ago/2012		25.00	
Errores Dimensionales por Descalibración de Máquinas	No existe revisión de maquina antes de corte	Chek List del funcionamiento de la máquina, elaborar un formato para medir el OEE (Eficiencia, Disponibilidad y Calidad) por máquina	Metodología OEE Anexo No. 9	Jul/2012	100%		
Planificación no adecuada por máquina de corte	Ajustes diarios de producción (cambio en la planificación) del planificador de SAP	Implementar el Stock Máximo y Mínimo en los productos semielaborados de espuma de Poliuretano (Bloques, láminas y laminados) para evitar que exista desabastecimiento de materiales	Stock Máximo y Mínimo de Blques de Espuma Anexo No. 12	Ago/2012			
Sobrecarga de Corte por Máquina							
No se cumplen las prioridades de producción	Cambio constante en la planificación de producción	Elaborar un formato para medir el OEE (Eficiencia, Disponibilidad y Calidad) por máquina	Metodología OEE Anexo No. 9	Jul/2012			

Fuente: Reunión Análisis de Causa y Mejoras Poliuretanos Satisfacción Cliente Interno
Elaborado por: Merci León- Dorian Salazar

- **Mejora en el cumplimiento de Entrega de los productos de Poliuretano**

La entrega de productos de espuma al proceso Muebles-Tapicería has sido irregular por lo que se detallan las acciones correctivas a ejecutarse a partir del diagrama de Ishikawa No. 4.9.

Tabla No. 73 Acciones Correctivas Indicador de Entrega de Espuma a Proceso Tapicería Muebles

ACCIONES CORRECTIVAS ENTREGAS DE ESPUMA DE POLIURETANO AL PROCESO DE MUEBLES-TAPICERÍA							
EFFECTOS	CAUSAS	ACCIONES CORRECTIVAS	FORMATO / ANEXO	FECHA DE CUMPLIMIENTO	Avance	Costo (usd)	RESPONSABLE
No existe stock de espuma en Tapicería	No se ha realizado un análisis de stock máximo y mínimo	Determinar el stock mínimo necesario en la sección muebles	Stock Máximo y Mínimo Láminas Muebles Anexo No. 13	oct-12	100%		Equipo Six Sigma
No existe Metodología de Medición Satisfacción cliente Interno	Solo se mide al cliente final	Elaborar Metodología y Formato de Satisfacción del cliente interno	Formato Satisfacción Cliente Interno Anexo No. 4	oct-12	100%		
		Utilizar los formato de control de calidad y entrega de espuma para tapicería	Formato Medición Láminas de Espuma Anexo	oct-12	100%		
No existe acceso al área de Muebles	Vías de acceso obstaculizadas con colchones no permite la entrega	Reunión con los responsables de Distribución y Emsablado para delimitar los espacios de circulación del montacargas para la entrega oportuna		jul-12	100%		
Sobrecarga de Corte por Máquina	Programación de Producción no adecuada	Revisión de la Programación de las dos verticales para realizar un trabajo equitativo en las dos máquinas. Determinación de la metodología OEE (Eficiencia, Disponibilidad y Calidad)	Determinación OEE por máquina Anexo No. 9	oct-12			
No se entrega el requerimiento de Espuma oportunamente	Olvido al entregar el requerimiento	Entrega del requerimiento de espuma para Tapicería Muebles todos los Jueves Colocar alertas recordatorias en Google Calendar	Entrega Recepción Láminas de Espuma Anexo No. 10	oct-12	100%		
Falta de Capacidad de producción en el área	Programación de Producción no adecuada	Revisión de la Capacidad de Producción de las Verticales, Horario de trabajo y Programa de Producción, además del Personal por máquina	Determinación OEE por máquina Anexo No. 9	ago-12			
	Necesidad de Máquina Vertical para el corte de esquinas y pellejos	Cotizar otra máquina vertical para ayudar con el corte de las dos existentes		oct-12			
Errores Dimensionales en las espumas	Corte no adecuado olvido de especificaciones	Capacitación en Recetas, Elaborar receta Gráfica (Gerencia Visual)	Receta Gráfica Láminas de Espuma de Poliuretano Anexo No. 11	oct-12			
	Descalibración de Máquina Vertical	Revisar al inicio del turno las dimensiones de corte de la máquina. Revisar el Mantenimiento Preventivo de la máquina	Chek List Máquina de Corte Inicio de Turno Anexo No. 14	oct-12			

Fuente: Reunión Análisis de Causa y Mejoras Poliuretanos Satisfacción Entrega de Producto a Tapicería Muebles

Elaborado por: Merci León- Dorian Salazar

- **Mejora del Indicador de Producción y productividad**

El indicador de producción y productividad de bloques, laminados y láminas de espuma de poliuretano, dependen de la demanda y venta de colchones, que se explicó en el capítulo anterior Análisis.

Actualmente la productividad de la sección se mide con la relación entre la cantidad de bloques de espuma de poliuretano producida con el número de personas que trabajan en la sección. Pero esta productividad no nos indica la eficiencia del proceso productivo por lo que se presentará la propuesta de medición del siguiente indicador de productividad.

Para la medición del indicador de Productividad y Posterior Mejora, se implementará un indicador OEE, que mide La eficiencia (Rendimiento) del equipo, la disponibilidad, es decir cuanto tiempo estuvo operativa la máquina y la calidad es decir los productos defectuosos obtenidos al inicio del turno. EL producto en porcentaje de la Eficiencia, Disponibilidad y Calidad se conoce como OEE (Eficiencia General de los Equipos) y cuyo valor mide la eficiencia del proceso.

A continuación se describe la metodología más a detalle con un ejemplo y el formato que se incorporará al proceso para medir que tan eficiente es el mismo:

INDICADOR OEE = DISPONIBILIDAD X RENDIMIENTO X CALIDAD

La disponibilidad: es el cociente entre el tiempo productivo y el tiempo disponible, para un periodo determinado.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo Productivo (arranque equipo, averías, esperas, ... etc)}}{\text{Tiempo Disponible}}$$

El rendimiento: es el cociente entre la producción real y la capacidad productiva para un periodo de producción determinado

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Producción Real (microparadas del proceso, velocidad reducida, ... etc)}}{\text{Capacidad Productiva}}$$

Calidad: Medido como el cociente entre la producción Buena y la producción real

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Producción Buena (Defectuosos, Retrabajos, Reprocesos, ... etc)}}{\text{Producción Real}}$$

El OEE nos permite Identificar, cuantificar y actuar para minimizar pérdidas productivas

A continuación se presenta un ejemplo de cálculo del OEE en la elaboración de bloques de espuma de poliuretano:

Tabla No. 74 Cálculo del OEE en la elaboración de Espuma de Poliuretano.

EJEMPLO DE OEE BLOQUES DE ESPUMA DE POLIURETANO		
Planificación (Turno 8 horas)	Tiempo Disponible: 8 horas Velocidad estándar: 20 bloques/hora Capacidad Productiva: 160 Bloques/turno	100%
Disponibilidad	Solo 6 horas productivas de 8 horas disponibles, debido a paradas: tiempo de arranque, , averías, esperas, etc Producción potencial: 120 Bloques/turno	75%
Rendimiento	Fabricados una media de 17 bloques / hora, debido a microparadas, velocidad de máquina reducida, cambio de producto, averías, esperas, etc Piezas Reales Fabricadas: 102 Bloques/turno	85%
Calidad	Del total de bloques fabricados, 2 son defectuosos, es decir los bloques conformes fabricados son: Bloques conformes fabricados: 100 Bloques/turno	98%
OEE	Disponibilidad (75%)X Rendimiento (85%)Xcalidad (98%) Se han producido 100 bloques conformes frente a una capacidad productiva de 160 bloques/turno	63%

Fuente: Lean Manufacturing paso a paso Luis Socconini. 2008-Mexico
Elaborado por: Merci León – Dorian Salazar.

Se elaboró un formato para medir este indicador OEE (Eficiencia general de los Equipos) en el proceso de elaboración de espuma de poliuretano y que se presenta en el Anexo No. 9 (Determinación de la eficiencia por máquina. Metodología OEE). El mismo que servirá para el seguimiento de la productividad, eficiencia y calidad del proceso y como mecanismo de mejora en caso de que algún valor porcentual de la Disponibilidad, Eficiencia o Calidad este bajo.

- **Mejora del Indicador de producto no conforme**

En cuanto al mejoramiento en el proceso de espuma de poliuretano para la eliminación de producto no conforme se analizó en el capítulo anterior el diagrama de Pareto gráfico No. 83 en dónde las principales causas de producto defectuoso fueron: Dosificación de Aditivos, y Problemas en la compuerta del reactor que son las causas principales y que su solución va a mejorar notoriamente el proceso.

El análisis de causa de cada uno de los factores determinantes para la producción de producto no conforme se analizaron en los diagramas de Ishikawa No. 84, 85 para la primera causas Dosificación de Aditivos y el gráfico de Ishikawa No. 86 Por problemas de la puerta del reactor.

A continuación en la tabla 73 se describen las acciones correctivas a seguir para eliminar los productos no conformes por adición de aditivos:

Tabla No. 75 Acciones correctivas disminución de producto no conforme por dosificación de aditivos

ACCIONES CORRECTIVAS/PREVENTIVAS DEFECTOS BLOQUES DE ESPUMA DE POLIURETANO DOSIFICACIÓN DE ADITIVOS							
EFFECTOS	CAUSAS	ACCIONES CORRECTIVAS	FORMATO / ANEXO	FECHA DE CUMPLIMIENTO	Avance	Costo (usd)	RESPONSABLE
Confusión en la medición dosificación de agua	Pesaje Manual. Metodología de Pesaje Volumétrico	Cambiar el método volumétrico a un sistema por pesos, colocando una balanza para el pesaje de los aditivos químicos.		jul-12	100%	6,000.00	Equipo Six Sigma
Cantidad Equivocada de Agua		Proyecto de Dosificadora Automática de Aditivos (Cotización)	Propuesta de Diseño Automatización de Dosificación de Aditivos de Espuma nexo No.6	mar-13	30%		
No se coloca la cantidad adecuada de octoato de Estaño	Falta de Capacitación	Capacitar al Personal en temas de metrología de volumen y pesos para disminución de errores de formulación		jul-12	100%		
Falta de Concentración del Formulador							
Error del Formulador							
Probetas en Mal Estado						Aditivos son corrosivos dañan la visualización de las probetas	
Se deja el Octoato de Estaño por más de 3 minutos	Operador no concentrado	Capacitación con el Personal en temas de Formulación y la función de los distintos materiales (químicos aditivos) para elaborar espuma		jul-12	100%		
Pérdida de Actividad Octoato	Se deja el Octoato de Estaño por más de 3 minutos			jul-12			
Variación de cantidad de octoato por Temperatura Ambiental	No se precalienta el octoato de estaño a temperatura ambiente	Elaborar una curva temperatura vs Octoato para que sirva de guía de colocación de aditivo. Precalentar el octoato en el horno de calentamiento disponible a temperatura ambiente	Curva Temperatura Vs Octoato de Estaño Anexo No.16	jul-12			

Fuente: Reunión Análisis de Causa y Mejoras Producto No Conforme
Elaborado por: Merci León- Dorian Salazar

A continuación en la tabla 76 se describen las acciones correctivas a seguir para eliminar los productos no conformes por la segunda causa principal que es problemas de apertura en la puerta del reactor (batidora de espuma), las acciones correctivas se realizan a partir del diagrama de Ishikawa 4.20.

Tabla No. 76 Acciones Correctivas Disminución de Producto no Conforme por Problemas en puerta del reactor

ACCIONES CORRECTIVAS/PREVENTIVAS DEFECTOS BLOQUES DE ESPUMA DE POLIURETANO APERTURA PUERTA DEL REACTOR							
EFFECTOS	CAUSAS	ACCIONES CORRECTIVAS	FORMATO / ANEXO	FECHA DE CUMPLIMIENTO	Avance	Costo (usd)	RESPONSABLE
Problemas Apertura Puerta Reactor	Comunicación Formulador y Operador Apertura de Puerta	Revisión de la comunicación entre formuladores y operadores que manejan los coches es el adecuado, (Mejorar la Comunicación), Capacitación al Personal en temas de Formulación)		jul-12	100%		Equipo Six Sigma
No se opera sincronizadamente la puerta del reactor	Falta de concentración del Personal que maneja los moldes						
Compuerta de Moldes en mal estado	Problemas eléctricos, el agitador no agita o no abre la compuerta para el desmolde de la espuma	Colocar un regulador de voltaje para evitar la suspensión brusca de la energía eléctrica		Oct-2012		30.00	
	Falta lubricación compuerta de reactor sucia	Revisión y Mejoramiento de la compuerta del reactor para elaborar espuma , programación de Lubricación y limpieza. Elaborar un chek list antes de iniciar el proceso de formulación,	Check List Compuerta Reactor Anexo. 17	jul-12	100%		
Temperatura Ambiente alta provoca que el químico se derrame en el reactor	Aditivos Aumenta la Velocidad de Reacción de espuma	Elaborar una Curva de temperatura vs cantidad de aditivos para evitar derrames o problemas por la temperatura	Curva Temperatura vs Octoato de Estaño Anexo No. 16				

Fuente: Reunión Análisis de Causa y Mejoras Producto No Conforme
Elaborado por: Merci León- Dorian Salazar

- **Mejora del Indicador Laminados Cilíndricos Tipo C**

En referencia a la calidad de laminados tipo C, se tomaron acciones correctivas para bajar este indicador del 5% a un 3 % en promedio mensual, se partió del análisis de causa o diagrama de Ishikawa No. 4.22.

Tabla No. 77 Acciones Correctivas Disminución de bloques Cilíndricos Laminados de Espuma Tipo C

ACCIONES CORRECTIVAS DISMINUCIÓN DE BLOQUES CILINDROS LAMINADOS TIPO C								
EFFECTOS	CAUSAS	ACCIONES CORRECTIVAS	FORMATO / ANEXO	FECHA DE CUMPLIMIENTO	Avance	Costo (usd)	RESPONSABLE	
Error Formulación Agua	Pesaje Manual Metodología de Pesaje Volumetrico	Cambiar el método de dosificación por volumen a dosificación por peso, con el objetivo de disminuir errores de formulación. Comprar una balanza para el pesaje de aditivos.		Jul-12	100%		Equipo Six Sigma	
Error en la Adición del Aditivo Octoato de Estaño		Automatizar el Proceso de Adición de Aditivos con un controlador de inyección por volumen (Sistemas de bombas de Pistón)	Anexo No. 6 Diseño Automatización de Dosificación de Aditivos	mar-13	30%			
Altura de laminados no cumple especificaciones		Revisión y Ajuste de las Fórmulas de Laminados	Fórmulas Patrón Altura Laminados Anexo No.5		Jul-2012	100%		
		Elaboración e implementación para el control de las alturas de laminados con cartas de control	Anexo No. 18 Gráfica de Control Altura de Laminados					
Colocación de Plástico no adecuada deforma al bloque de espuma	Falta de Capacitación en el método de colocar plástico	Capacitación del Personal de la correcta colocación del plástico, concienciación de los problemas que produce		Jul-2012	100%			
		Mejoramiento de la metodología de colocación del plástico, reducción de fisuras en el bloque cilíndrico						
Exceso de Vaselina en el molde de bloques cilíndricos producen fisuras	Método Manual de colocación produce desperdicio y daña bloque de espuma	Mejoramiento de la metodología de colocación y consumo de vaselina líquida , menos roturas del bloque en las paredes		ago-12	100%			
Error de Calificación Grado de Calidad de Laminado A,B,C	Falta de Capacitación	Capacitación de Manual de Defectos de bloques cilíndricos laminados, colocación de la máquina laminadora el patrón defectos visual						
Operación no Adecuada de Máquina Dosificadora	Falta de Chel List de Operación	Capacitación correcta manipulación de la máquina dosificadora, calibración de la máquina cada 3 meses, elaboración de chek list de funcionamiento	Anexo No. 19 Check List Utilización y Calibración Máquina Dosificadora de Químicos					
Rotura de Laminado por manipulación con montacargas	Capacitación a Laminadores de correcta manipulación de producto de poliuretano	Capacitación a Laminadores de correcta manipulación de producto de poliuretano						
Descalibración de Máquina Piller provoca errores en el espesor	No se afila la cuchilla	Incorporar un Chek list de la máquina laminadora antes al inicio del turno	Anexo No. 14 Chek List Máquina de Corte Inicio de Turno					
Variación de Temperatura ambiental modifica la altura del bloque	No se cuenta con una cámara de calentamiento del molde y aditivos	Elaboración de una curva temperatura vs altura de bloques y cantidad de aditivos para la altura respectiva , además de colocar los aditivos a utilizarse en la camara de calentamiento de TDI	Curva Temperatura vs Altura, Temperatura vs Octoato Anexo No. 20, Anexo No. 21					

Fuente: Reunión Análisis de Causa y Mejoras Producto No Conforme Laminados Tipo C

Elaborado por: Merci León- Dorian Salazar

- **Mejora del Indicador Desperdicio de Espuma de Poliuretano**

En el proceso de elaboración de espuma de Poliuretano el indicador de desperdicio se mide diariamente y en el diagrama de Pareto gráfico No. 89 nos indica que en los proceso de laminado de bloques de espuma, forros y corte 2 es donde más se produce y representan los procesos a mejorar para disminuir el desperdicio. A partir de esa información se realizó un diagrama ishikawa gráfica No. 91 con las principales causas del incremento del desperdicio y cuyas acciones correctivas se explican en la tabla No. 78 a continuación:

Tabla No. 78 Acciones Correctivas Disminución de Desperdicio de Espuma de Poliuretano

ACCIONES CORRECTIVAS DISMINUCIÓN DESPERDICIO DE ESPUMA							
EFFECTOS	CAUSAS	ACCIONES CORRECTIVAS	FORMATO / ANEXO	FECHA DE CUMPLIMIENTO	Avance	Costo (usd)	RESPONSABLE
Incremento de Bloques de Espuma No conforme	Dosificación Manual de Aditivos, Metodología Volumétrica	Cambiar el método de dosificación por volumen a dosificación por peso, con el objetivo de disminuir errores de formulación. Comprar una balanza para el pesaje de aditivos.		Jul-12	100%		
		Concientización con el personal de la problemática					
Altura de Bloques fuera de especificación		Definir las especificaciones ideales conjunto con el proceso de forros y que se ajusten al proceso normal de forros y a la vez permitan reducir el desperdicio proveniente de esta área que corresponde al 27% del desperdicio global de la sección Análisis estadístico de las alturas de los laminados comparado con las especificaciones internas . Diseño de Experimentos para obtener la combinación ideal de químicos en la formulación para llegar a la altura	Documento de Diseño de Experimentos	Sep-2012	100%		
Cambio constante de Proveedores no permite estandarización de fórmulas	Mejores Precios , Necesidades urgentes evitar desabastecimiento	Se realizará (si se tiene los químicos oportunamente) una prueba de cada tipo de bloque de espuma antes de realizar un lote en serie. Verificar validar los resultados	Por bloque	Jul-2012	100%		
		Elaborar una metodología de control de producto que ingresan a bodega de materia prima, revisión de fichas técnicas y aprobación de resultados, utilización de sistema tipo semáforo para identificar el estado de inspección o utilización de los químicos.	Anexo No. 22 Formato Estado de Validación de Químicos antes de su utilización				
Deterioro Paredes y Tapas de moldes	No existe la limpieza y mantenimiento preventivo adecuado	Revisión de cajones rectangulares y cilindricos para determinar su estado y programar la frecuencia de mantenimiento preventivo y correctivo					
No se corta adecuadamente las espumas incrementan el desperdicio	No existe la metodología Gráfica de corte	Elaboración y Difusión de la recetas de corte a los operadores con las especificaciones de corte de espuma	Anexo No. 11 Receta Gráfica Láminas de Espuma de				Equipo Six Sigma
		Concientizar con el operador la manera mas adecuada y correcta de corte de bloques en láminas de espuma optimizando el desperdicio	Anexo No. 23 Metodología de Corte de Bloques de Espuma Gráfica para evitar Desperdicio				
Limpieza inadecuada de las tapas y cajones	Falta de Capacitación	Capacitar y Concientizar con los operadores de la limpieza adecuada del cajón, y que se limpie programadamente cada 3 a 4 bloques realizados o cuando se observe que se necesita limpieza y que no vaya a producir una espuma o bloque no conforme		ago-12	100%		
Colocación inadecuada del plástico (rompe la espuma)		Concientizar con los operadores de la colocación adecuada del plástico en los moldes, y se cambie el plástico programadamente y tambien dependiendo el estado del mismo					
Colocación de exceso de vaselina como desmoldante	Colocación manual de vaselina	Colocar una pistola de aire para adicionar la vaselina uniformemente.				50.00	
		Concientizar al personal de la colocación adecuada de la vaselina sin excesos y que no se encuentre vaselina dentro o alrededor de los bloques de espuma .					
Se descalibra la Máquina Verical de Corte	No se verifica la máquina antes de usar	Revisión antes de utilizar la máquina de corte por parte del operador , si se encuentra descalibrada comunicar inmediatamente para la calibración con el proceso de mantenimiento	Anexo No. 14 Chek List Máquina de Corte Inicio de Turno				
Variación de Temperatura afecta el comportamiento de los aditivos	No se mantienen a temperatura ambiente los aditivos antes de usar	Elaborar una curva Temperatura vs cantidad de Aditivos y Difundir al personal su utilización	Anexo No. 16 Curva Temperatura Ambiental vs Octoato de Estafio				

Fuente: Reunión Análisis de Causa y Mejoras Desperdicio de Espuma
Elaborado por: Merci León- Dorian Salazar

- **Mejora del Indicador Inventarios**

En el indicador de inventarios se realizó un análisis de la cantidad ideal de cada producto de acuerdo a la demanda (mes por mes) de los valores históricos del año 2011 hasta la presente fecha, que se documenta en el Anexo No. 12 y El Anexo No. 13 de los productos de espuma de poliuretano: bloques de espuma de poliuretano, y láminas rectangulares para tapicería. Con esta información se llevara un control para que no exista una sobreproducción y se tenga un stock ideal con la cantidad de producto necesario sin que se inflen los costos de inventario.

- **Mejora de la Calidad Six Sigma del Proceso**

Con respecto al análisis six sigma del proceso de elaboración de bloques de espuma, una reducción de producto defectuoso y laminados tipo C mejorarían notoriamente la calidad sigma del proceso. Las mejoras pueden observarse en la tabla No. 75 y 76 Acciones correctivas para la disminución de producto no conforme por adición de aditivos y por la puerta del reactor que generan producto no conforme.

Y para mejorar la calidad sigma del proceso de laminados cilíndricos tipo C, las acciones correctivas se documentan en la tabla No. 77 Acciones correctivas para la Disminución en la calidad de laminados tipo C.

Controlando y mejorando las causas que generan estos productos no conformes la calidad six sigma aumentara.

- **Mejora en la Capacidad del Proceso**

En el capítulo anterior en referencia a la capacidad del proceso se realizó un análisis de las distintas variables de salida del proceso de elaboración de espuma de poliuretano, se midieron los índices para determinar su capacidad y se realizaron un análisis de causa efecto de las distintas variables entre las cuales tenemos: Altura de Laminados, Dureza, índice de Isocianato, compresión y densidad.

Para cada una de estas variables se realizó un análisis de causa efecto de su variación en el proceso, con esta información se presenta las acciones correctivas para controlar y mejorar el proceso productivo y las cuales se detallan a continuación:

- **Altura de los laminados**

La variación de la altura se explicó en el capítulo anterior mediante un diagrama de causa efecto Gráfico No. 95 Diagrama de Ishikawa Variación de la altura de laminados, en dónde se analizó los principales factores que inciden en la variación del proceso. A continuación en la tabla No. 79 se detallan las acciones correctivas y oportunidades de mejora a seguir para disminuir la variación del proceso.

Tabla No. 79 Acciones Correctivas Disminución de Variación de la Altura de Laminados

Acciones Correctivas Variación Especificación Altura de Cilindros Laminados							
EFFECTOS	CAUSAS	ACCIONES CORRECTIVAS	FORMATO / ANEXO	FECHA DE CUMPLIMIENTO	Avance	Costo (usd)	RESPONSABLE
Dosificación errónea del aditivo Agua modifica la altura de los bloques	Pesaje manual y metodología volumétrica dosificación de aditivos	Cambio de la metodología de dosificación por volumen a la metodología de variación por masa. Comprar una balanza para pesar los aditivos		Jul-12	100%		Equipo Six Sigma
Dosificación errónea del aditivo Octoato modifica la altura de los bloques		Propuesta de Dosificadora Automática de Aditivos	Anexo No. 6 Propuesta de Diseño Automatización de Dosificación de Aditivos de Espuma	Mar-13			
Diferentes Proveedores de Químicos	Por Desabastecimiento de Producto se utiliza químicos de proveedores no calificados	Implementar metodología de validación del estado de los diferentes productos químicos (con codificación tipo semáforo)	Anexo No. 22 Formato Estado de Validación de Químicos antes de su	Sep-2012	100%		
		Realizar pruebas Piloto antes de lanzarse a la producción de un lote		Jul-2012			
Moldes Fríos Producen Bloques Pequeños	No existe sistema de calentamiento de bloques	Realizar primero bloques de menor altura para calentar químicamente al molde por la reacción altamente exotérmica que existe en la espuma		Jul-2012	100%		
		Elaborar Curva de Temperatura vs Altura de Laminados para la trazabilidad del sistema	Anexo No. 20 Gráfica Temperatura ambiental vs Altura de Laminados Cilíndricos				
Límites o especificaciones no adecuados al proceso (variabilidad)	No existe un análisis estadística para determinación de los límites	Revisión de Especificaciones en conjunto con el proceso de forros determinando la altura ideal por máquina acolchadora de tela (diseño de experimentos)	Diseño de Experimentos				
		Análisis estadístico para determinar la altura promedio y desviación estándar, además del cálculo del índice de la capacidad del proceso					
Error en la medición del operador	Falta de Capacitación	Control en la medición de laminados por parte del operador, revisión o auditoría con un número de muestra significativo de la producción diaria					
Máquina Dosificadora de Espuma no calibrada	La frecuencia de calibración no adecuada (cada 6 meses)	Calibración de la máquina dosificadora de químicos con una frecuencia trimestral (actualmente se calibra cada 6 meses), verificación de los pesajes antes de iniciar la formulación	Anexo No. 19 Check List Utilización y Calibración Máquina Dosificadora de Químicos	ago-12	100%	50.00	
Variación de Temperatura Ambiental afecta el comportamiento de los aditivos químicos y tamaño	No existe un estudio DOE para la dosificación ideal de aditivos y estudio de condiciones de temperatura	Elaborar Curva de Temperatura vs Altura de Laminados para la trazabilidad y mejora del proceso	Anexo No. 20 Gráfica Temperatura ambiental vs Altura de Laminados				

Fuente: Reunión Análisis de Causa y Mejoras Variables de Espuma

Elaborado por: Merci León- Dorian Salazar

Los resultados se explicarán en el siguiente capítulo y se determinará si las acciones correctivas y mejoras establecidas fueron eficaces, además se realizará un análisis de diseño de experimentos de la altura de bloques cilíndricos blancos.

- **Mejora de la Variable Físicas en el proceso de elaboración de Espuma de Poliuretano**

Las variables físicas de la espuma de Poliuretano determinan la calidad y a continuación se presenta las acciones correctivas a implementarse para disminuir la variación y obtener espumas dentro de norma o especificaciones internas.

Tabla No. 80 Acciones Correctivas Disminución de la Variabilidad de las variables físicas de las espumas de Poliuretano

Acciones Correctivas Variables Físicas Espuma de Poliuretano (Dureza , Índice de TDI, Compresión, Densidad)							
EFFECTOS	CAUSAS	ACCIONES CORRECTIVAS	FORMATO / ANEXO	FECHA DE CUMPLIMIENTO	Avance	Costo (usd)	RESPONSABLE
Dosificación errónea del Polioli Convencional y Copolimérico Modifica las variables físicas de la espuma (dureza, índice de TDI, Compresión, Densidad)	Máquina de Formulación no calibrada	Calibración de la máquina dosificadora con una frecuencia trimestral, check list de comprobación de pesos antes de empezar a formular	Anexo No. 19 Check List Utilización y Calibración Máquina Dosificadora de Químicos	jul-12	100%		Equipo Six Sigma
Dosificación errónea del isocianato de tolueno modifica las propiedades físicas de la espuma							
Índices de isocianato Fuera de la especificación requerida (105-130)	Fórmulas no ajustadas al índice ideal	Revisión del Índice de TDI de todas las fórmulas y colocar dentro de la especificación (105-125)	Anexo No. 24 Ajuste de Fórmulas colocando el índice de TDI entre 105-125	sep-12	100%		
Aumento del índice de Isocianato	Índices de Isocianato fuera de 125 para evitar que existan fisuras en el bloque						
Dosificación errónea del Agua modifica valores de propiedades físicas de la espuma	Pesaje manual y metodología volumétrica dosificación de aditivos	Cambio de la metodología de dosificación por volumen a la metodología de variación por masa. Comprar una balanza para pesar los aditivos		jul-12	100%		
Exceso de Cloruro de Metileno reduce la densidad, y dureza de la espuma	Pesaje manual y metodología volumétrica dosificación de aditivos						
Rango de Índices de TDI muy amplio 109-135	No existe un análisis de costo por índice de TDI elevados	Realizar un análisis de los costos que representan tener el índice de TDI fuera de especificación (>130) y ajustar las formulaciones	Anexo No. 24 Ajuste de Fórmulas colocando el índice de TDI entre 105-125	sep-12	100%		
Máquina Dosificadora de Espuma no calibrada	La frecuencia de calibración no adecuada (cada 6 meses)	Calibración de la máquina dosificadora con una frecuencia trimestral, check list de comprobación de pesos antes de empezar a formular	Anexo No. 19 Check List Utilización y Calibración Máquina Dosificadora de Químicos	jul-12	100%		
Proveedores no calificados producen variabilidad en la característica de la espuma	Por Desabastecimiento de Producto se utiliza químicos de proveedores no calificados	Implementar metodología de validación del estado de los diferentes productos químicos (con codificación tipo semáforo)	Anexo No. 22 Formato Estado de Validación de Químicos antes de su utilización	ago-201	100%		
		Realizar pruebas Piloto antes de lanzarse a la producción de un lote		jul-12	100%		
		Comprar los químicos a proveedores que se encuentren calificados y validados en el sistema de gestión de calidad					

Fuente: Reunión Análisis de Causa y Mejoras Variables de Espuma
Elaborado por: Merci León- Dorian Salazar

El índice de Isocianato (índice de TDI) es una variable que tiene una relación directa con la dureza de la espuma, mientras más alto es el índice, la espuma de poliuretano tendrá una mayor dureza. En el capítulo anterior se explican las causas de que afectan al índice de TDI y su variación, a continuación se presentan las posibles soluciones para disminuir la variabilidad con respecto a esta importante variable en el proceso de elaboración de espuma de Poliuretano.

La variable de compresión permanente es importante para conocer la durabilidad de una espuma, mientras más bajo sean los valores de compresión permanente la espuma tendrá una mayor durabilidad, esta variable tiene relación con el índice de isocianato, densidad de la espuma y dureza.

La variable densidad de la espuma de Poliuretano es la más importante para determinar la calidad de la espuma, una espuma con mayor densidad cuesta más pero tiene mayor cantidad de materia prima o químicos y va a tener mayor duración, siempre y cuando las demás variables estén dentro de especificación.

5.2 DISEÑO DE EXPERIMENTOS FACTORIALES EN EL PROCESO

En este punto se analizará mediante la metodología de diseño de experimentos las pruebas piloto de calidad de las espumas con su variable de salida altura de laminados, con el objetivo de generar datos que al ser analizados estadísticamente proporcionen las evidencias objetivas y respondan a las interrogantes sobre la calidad del producto y establecer la altura que más se ajuste a las necesidades del proceso.

5.2.1 Planeación y Diseño

a) Definición del problema / objetivo

En el proceso de Elaboración de Espuma de Poliuretano, se elaboran 4 tipos diferentes de espumas cilíndricas cuyas densidades son: Bloque Cilíndrico Amarillo 13 kg/m³, Bloque Cilíndrico Blanco 19 kg/m³, Bloque Cilíndrico Celeste 22 kg/m³, y Bloque Cilíndrico Gris 27 Kg/m³, con un sistema de formulación semiautomático (dosificación con sistemas de pesaje mediante celdas de carga de los químicos: Polioli Convencional, Polioli Copolimérico, y Isocianato de Tolueno).

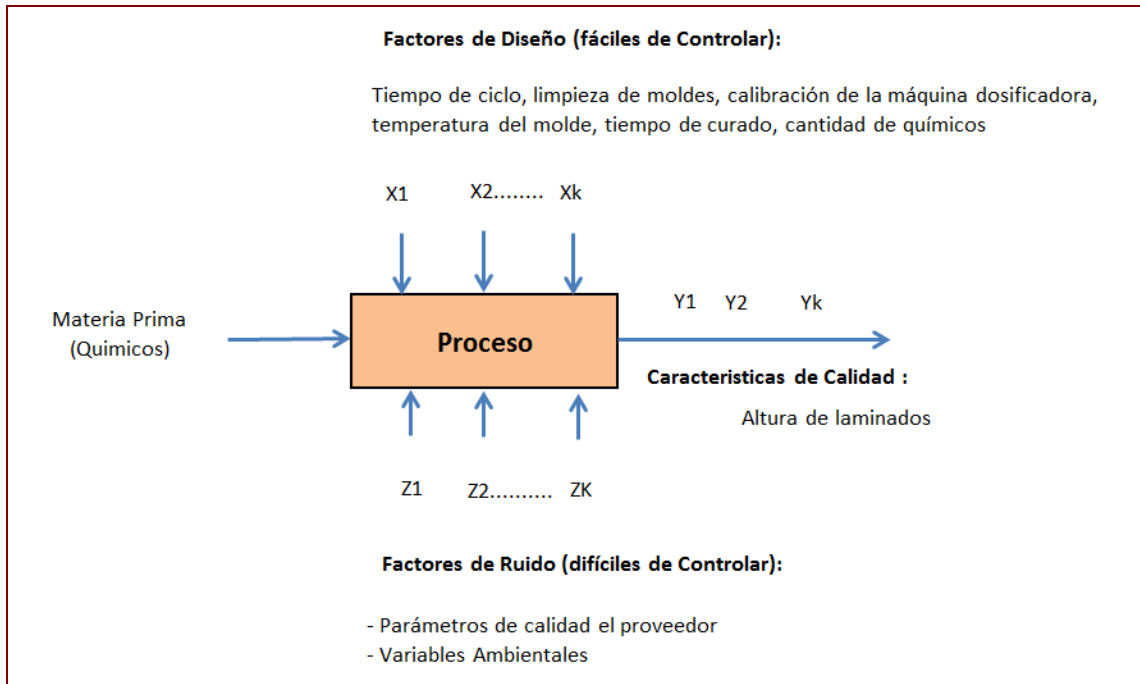
La espuma de poliuretano tiene una fórmula estequiométrica individual de acuerdo a las propiedades que se deseen obtener. La altura del laminado es una variable de salida importante en el proceso la misma que se ve influenciada por varios factores y que se analizarán en este capítulo.

Los bloques cilíndricos representan el 60% de la producción de espuma en el proceso de Poliuretano, de estos bloques el 62% es la espuma cilíndrica blanca, el 20% representa la espuma cilíndrica celeste, el 15 % representan los bloques cilíndricos amarillos y el 3 % representa los bloques cilíndricos gris.

Para el análisis mediante el diseño de experimentos se aplicará al bloque cilíndrico blanco por ser el que más se produce en el proceso de elaboración de espuma de poliuretano (40%).

b) Esquema del estudio

Gráfico No. 106 Factores y Variables en la Altura de Laminados



Fuente: Diseño de Experimento: Altura de Laminados
Elaborado por: Merci León- Dorian Salazar

c) Determinación de factores a investigarse

Se determinaron los factores a partir del diagrama de causa efecto para la variación de la altura de los laminados (gráfico 95, Capítulo 4 Análisis) y el conocimiento en el proceso, se consideran las X principales que valen la pena investigar y son:

- X_1 Temperatura del molde (15 °C, 22 ° C)
- X_2 Cantidad de Agua (2.45 kg, 2,46 kg)
- X_3 Cantidad de Octoato de Estaño (130 ml, 135 ml)

A cada X se le agregan dos niveles alternativos que corresponden a valores alternativos que se pueden tomar y que determinaran cuál de estas X son vitales.

d) Variables de respuesta que serán medidas

La variable de respuesta o salida a medir será la altura de laminado medida en cm

e) Selección de diseño experimental

Se ha seleccionado para este proceso el diseño 2^k debido a que se tienen 3 factores con dos niveles cada uno, ya que este diseño permite analizar el efecto individual y de interacción de los factores determinando que factores son más importantes y el tratamiento más óptimo.

f) Planeación y organización del trabajo experimental

Responsables: El experimento estará dirigido por el jefe de Espuma de Poliuretano. Un operador será el encargado de la formulación. El asistente del proceso se encargará de la medición de la temperatura del molde.

Materiales:

- Polirol Convencional
- Polirol Copolimérico
- TDI
- Aminas
- Silicona
- Octoato de Estaño
- Agua

Máquinas:

- Dosificadora de Espuma (computadora, PLC, tanques con celdas de cargas para el pesaje)
- Equipo medidor ambiental
- Pirómetro (Medidor de temperatura láser)
- Flexómetro
- Probetas volumétricas
- Balanzas

Instrucciones:

- Se efectuarán dos corridas por cada tratamiento
- En la mañana a las 9H00 se realizarán las pruebas correspondientes a los tratamientos de temperatura 15 grados, mientras que los tratamientos de temperatura 22 grados se realizarán a las 14H00.
- El orden para efectuar las pruebas será el siguiente:

Tabla No. 81 Aleatorización de pruebas

Agua	Temperatura Molde	Octoato de Estaño	Orden Aleatorio	
2,45	15	130	6	12
2,46	15	130	16	8
2,45	22	130	3	1
2,46	22	130	13	2
2,45	15	135	11	14
2,46	15	135	10	4
2,45	22	135	5	9
2,46	22	135	7	15

Fuente: Experimento realizado

Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

En la tabla No. 81 se explica el orden a realizar de las 16 pruebas y su respectiva combinación. Es importante en esta etapa anotar todas las observaciones en cuanto al comportamiento del producto como se observa en la tabla No. 82.

Para la recolección de datos se utilizará la siguiente tabla:

Tabla No. 82 Formato para Recolección de resultados

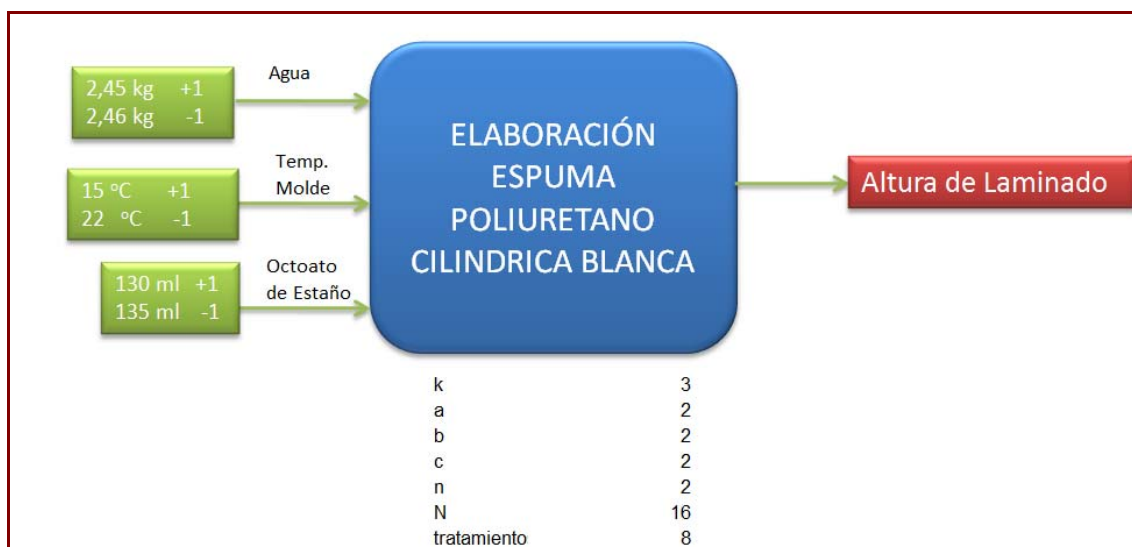
Agua	Temperatura Molde	Octoato de Estaño	Altura Laminados (cm)	
			Corrida 1	Corrida 2
2,45	15	130		
2,46	15	130		
2,45	22	130		
2,46	22	130		
2,45	15	135		
2,46	15	135		
2,45	22	135		
2,46	22	135		

Fuente: Experimento realizado

Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

g) Realización del experimento

Gráfico No. 107 Factores y Variables en la Altura de Laminados



Fuente: Diseño de Experimento Altura de Laminados
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

En este diagrama (gráfico No. 107) se explica las variables de entrada que son: Cantidad de Agua, Temperatura del molde y Cantidad de Octoato de estaño y como afecta a la variable de salida que es la altura de los laminados y que se mide en cm y cuyos resultados se expresan en la tabla No. 83.

Tabla No. 83 Recolección de resultados

Datos Obtenidos:

Agua (kg)	Temperatura Molde °C	Octoato de Estaño (ml)	A	B	C	Altura Laminados (cm)		Media (cm)	Totales	Yates
2,45	15	130	-1	-1	-1	203,4	202,7	203,05	406,10	(1)
2,46	15	130	1	-1	-1	204,8	205,3	205,05	410,10	a
2,45	22	130	-1	1	-1	205,8	206,2	206,00	412,00	b
2,46	22	130	1	1	-1	208,3	207,6	207,95	415,90	ab
2,45	15	135	-1	-1	1	201,3	201,9	201,60	403,20	c
2,46	15	135	1	-1	1	203,4	202,8	203,10	406,20	ac
2,45	22	135	-1	1	1	203,1	203,4	203,25	406,50	bc
2,46	22	135	1	1	1	204,3	203,9	204,10	408,20	abc

Fuente: Experimento realizado en Proceso de Elaboración de Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

5.2.2 Análisis e Interpretación

En la tabla No. 84 se muestran los resultados del experimento de todas las combinaciones posibles y se visualiza mediante el valor de probabilidad cuál es el valor significativo del experimento. Mientras que en la tabla No. 85 se desarrolla el Anova respectivo.

a) Análisis detallado de los resultados experimentales

Tabla No. 84 Análisis de los Resultados Experimentales

F.V.	Contrastes	Efectos	S.C.	G.L.	C.M.	Fo	Probabilidad		
A		12,60	1,58	9,92	1	9,9225	47,43	0,00012617	Significativo
B		17,00	2,12	18,06	1	18,0625	86,34	0,00001465	Significativo
C		-20,00	-2,50	25,00	1	25	119,5	0,00000435	Significativo
AB		-1,40	-0,17	0,12	1	0,1225	0,59	0,46611159	No significativo
AC		-3,20	-0,40	0,64	1	0,64	3,06	0,11839817	No significativo
BC		5,75	0,72	2,07	1	2,06640625	9,88	0,01374535	Significativo
ABC		-1,20	-0,15	0,09	1	0,09	0,43	0,53029262	No significativo
Error				1,67	8	0,209199219			
Total				57,577	15				

Fuente: Experimento realizado en Proceso de Elaboración de Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

Tabla No. 85 Anova Simplificado

Anova Simplificado

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	Fo	Probabilidad	
A		9,92	1	9,9225	47,43	0,00012617
B		18,06	1	18,062	86,34	0,00001465
C		25,00	1	25	119,5	0,00000435
BC		2,07	1,00	2,07	9,88	0,01374534648
Error		2,53	9,00	0,85		
Total		57,58	15,00			

Fuente: Experimento realizado en Proceso de Elaboración de Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

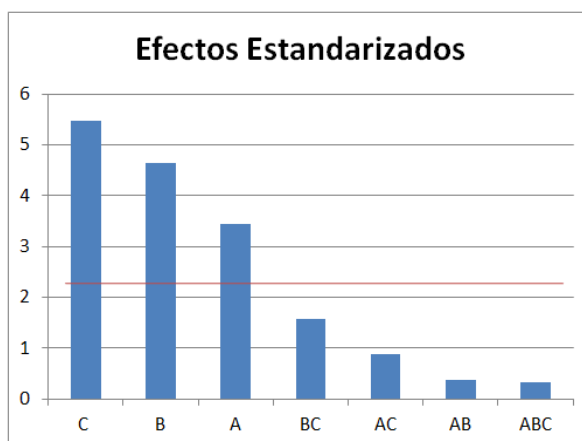
A continuación se muestra un análisis de Pareto, para verificar el comportamiento de los distintos efectos estandarizados A, B, C y BC.

Gráfico No. 108 Análisis de Pareto

Factor	Contrastes	Efectos	Efecto estand.	Factor	Valor Abs.	Distribucion T de Student
A	12,60	1,575	3,443503502	A	3,4435035	limite= 2,30600414
B	17	2,125	4,645996788	B	4,64599679	
C	-20	-2,5	-5,465878574	C	5,46587857	
AB	-1,40	-0,175	-0,3826115	AB	0,3826115	
AC	-3,2	-0,4	-0,874540572	AC	0,87454057	
BC	5,75	0,71875	1,57144009	BC	1,57144009	
ABC	-1,2	-0,15	-0,327952714	ABC	0,32795271	

Error estand. 0,46

Factor	Valor Abs.
C	5,46587857
B	4,64599679
A	3,4435035
BC	1,57144009
AC	0,87454057
AB	0,3826115
ABC	0,32795271

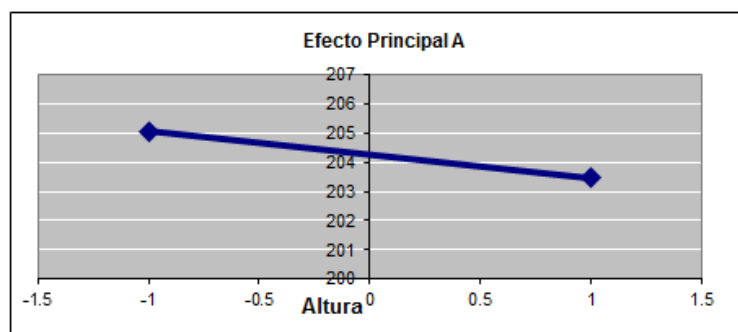


Fuente: Experimento realizado en Proceso de Elaboración de Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

En el gráfico 109 a continuación, se observa que el agua tiene un efecto inverso, ya que a menor cantidad de agua la altura sube.

Gráfico No. 109 Efecto del Agua sobre la altura de los laminados

Efecto A	
A	Medias
-1	205.05
1	203.475

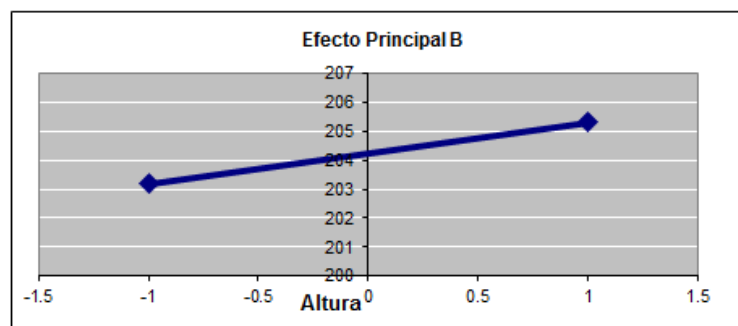


Fuente: Experimento realizado en Proceso de Elaboración de Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

En el gráfico 110 se observa que la temperatura tiene un efecto directo sobre la altura de los laminados, ya que a menor temperatura la altura es menor.

Gráfico No. 110 Efecto de la temperatura sobre la altura de los laminados

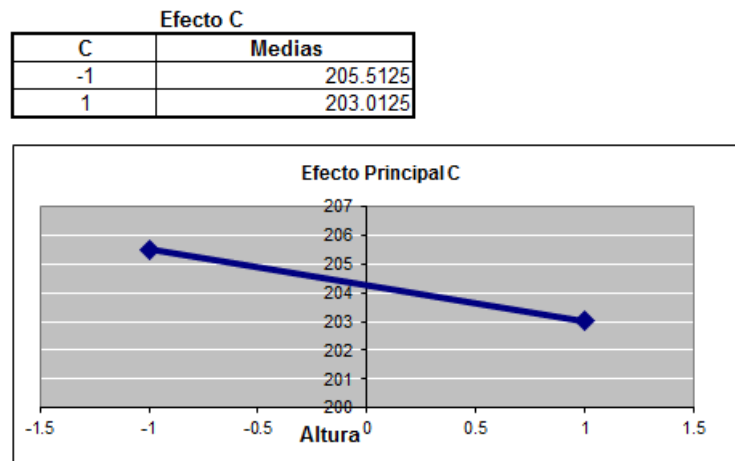
Efecto B	
B	Medias
-1	203.2
1	205.325



Fuente: Experimento realizado en Proceso de Elaboración de Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

En el gráfico 111 se observa que el octoato de estaño tiene un efecto inverso sobre la altura de los laminados, ya que a menor cantidad de octoato, la altura es mayor.

Gráfico No. 111 Efecto del Octoato de estaño sobre la altura de los laminados



Fuente: Experimento realizado en Proceso de Elaboración de Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Mercí León-Dorian Salazar

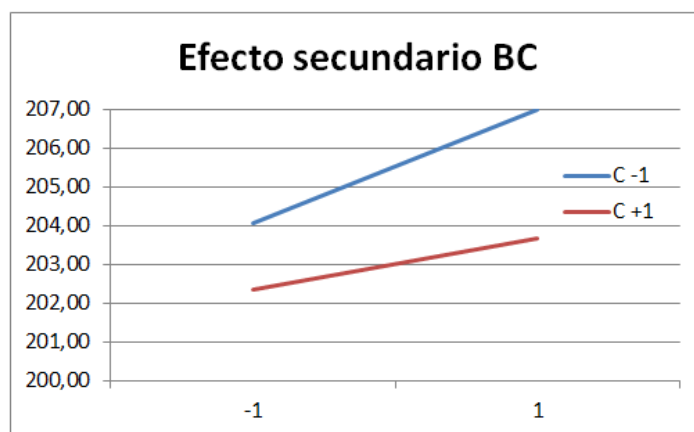
En el gráfico 112 se observa el efecto de la interacción (temperatura, octoato de estaño) sobre la altura de los laminados.

Gráfico No. 112 Efecto de Interacción BC (temperatura - octoato de estaño) en la altura de los laminados.

Efecto Secundario: BC

B	C	Medias
-1	-1	204,05
1	-1	206,98

B	C	Medias
-1	1	202,35
1	1	203,68



Fuente: Experimento realizado en Proceso de Elaboración de Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Mercí León-Dorian Salazar

Mejor tratamiento: El tratamiento óptimo es A-1, B+1, C-1, que es con el cual se obtiene una altura mayor, y se encuentra dentro de las especificaciones del producto, condición que se toma que es la buscada en la variable de salida.

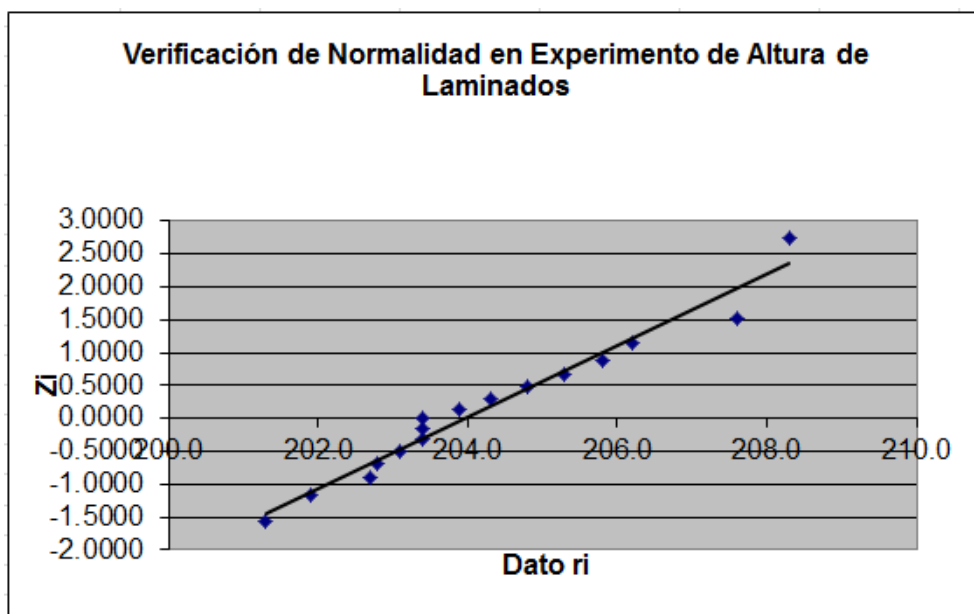
Con este tratamiento se realizaron diez bloques obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla No. 86 Resultados de altura de espuma aplicando el mejor tratamiento identificado

Agua (kg)	Temperatura Molde °C	Octoato de Estaño (ml)	A	B	C	Altura Laminados (cm)										Media (cm)
2,45	22	130	-1	1	-1	205,8	206,2	204,8	205,3	207,6	204,45	205,9	206,1	206,95	207,1	206,02

Fuente: Experimento realizado en Proceso de Elaboración de Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

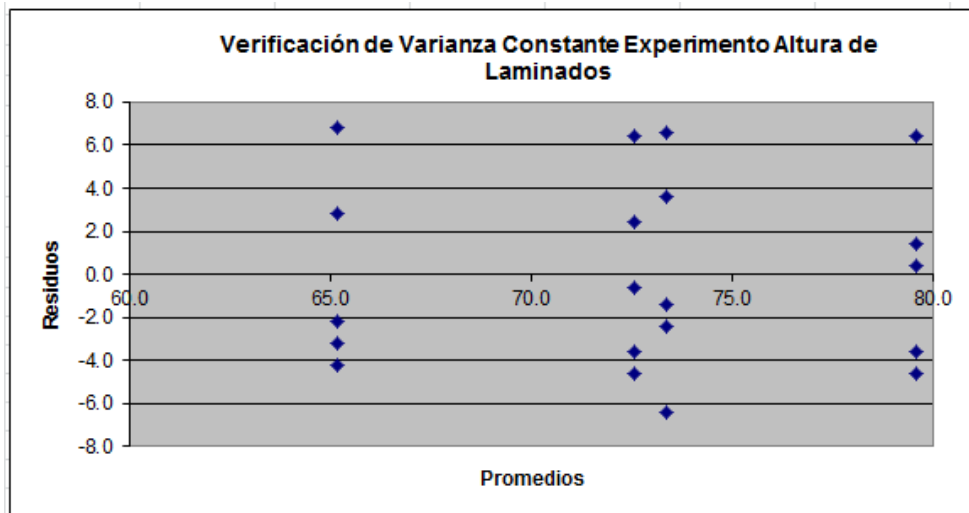
Gráfico No. 113 Verificación de la Normalidad:



Fuente: Experimento realizado en Proceso de Elaboración de Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

En el gráfico 113 se puede observar que se cumple el supuesto de normalidad.

Gráfico No. 114 Verificación de la Varianza Constante



Fuente: Experimento realizado en Proceso de Elaboración de Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

En el gráfico 114 se puede observar que se cumple el supuesto de varianza constante para este experimento.

5.2.3 Conclusiones Finales

a) Medidas a tomar para estandarizar el proceso:

- Diseñar una tabla de control de la temperatura y cantidad de Octoato de estaño y Agua, además de la medición de altura para controlar el proceso por bloque.
- Capacitar al personal en temas de metrología para el pesaje adecuado de los químicos.
- Diseño de una máquina dosificadora de aditivos para una dosificación automática y evitar errores humanos.
- Realizar primero bloques de altura 1.60, para la producción de tapas acolchadas para productos de bebé, esto facilitará que el molde se caliente y permita tener una temperatura ambiental requerida para alcanzar la temperatura ideal para la producción de los laminados de espuma blanca.

b) Resumen de los principales resultados desde el punto de vista técnico:

- Con este diseño de experimentos se ha logrado tener una altura ideal para el nuevo diseño de productos que se requiere en el proceso de la línea de tapas acolchadas.

- Mantener la altura dentro de especificación LI: 204 cm, LS: 208 cm.
- Con esta fórmula se mantienen las propiedades físicas de la espuma, como: dureza, densidad, compresión e índice de TDI.
- Se realizó una nueva medición de la capacidad de proceso de lámina blanca cuyos resultados se muestran en el capítulo 6.

6 FASE DE CONTROL

En este capítulo se verificará si las acciones correctivas implementadas en el segundo semestre del año aplicando la metodología de mejoramiento Six Sigma fueron efectivas y eficaces, se analizarán los resultados con los beneficios económicos, tecnológicos y ambientales obtenidos, se evaluará el impacto del mejoramiento y se implementaran gráficas de control para que el seguimiento y control de los procesos, así como la estandarización de la metodología de mejoramiento Six sigma.

6.1 CÁLCULO DE SIGMA DEL PROCESO

Para el cálculo de la calidad Six Sigma se midió en el proceso de elaboración de bloques de espuma de poliuretano y en el proceso de elaboración de bloques cilíndricos laminados.

6.1.1 Cálculo de Sigma del proceso elaboración de bloques de Espuma de Poliuretano

En el Proceso de Elaboración de bloques de Espuma de Poliuretano se midió la cantidad de producto no conforme y se calculó el Sigma del Proceso en el periodo de Enero a Junio 2012. Luego en el segundo semestre se aplica la Metodología Six Sigma (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) se define los indicadores del proceso, se mide los datos del primer semestre, se analizan las causas raíces del incumplimiento de resultados, se ejecutan las acciones correctivas para el mejoramiento del proceso y finalmente en esta etapa se presentan los resultados obtenidos.

En la tabla No. 87 a continuación se presentan los resultados obtenidos en la medición de la calidad Six Sigma en el proceso de elaboración de bloques de Espuma de Poliuretano del Periodo Julio a Octubre 2012.

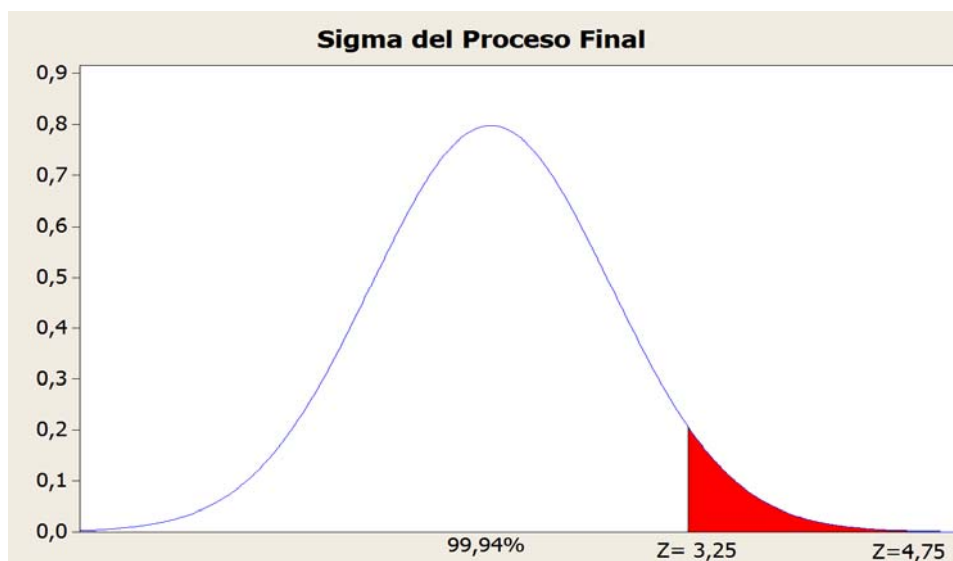
Tabla No. 87 Calidad Seis Sigma del Proceso de Elaboración de Bloques de Espuma de Poliuretano

CALIDAD SEIS SIGMA 2012						
MES	PRODUCCIÓN BLOQUES ESPUMA			CALIDAD		Meta Max (%)
	B.Cilindricos (und)	B. Rectangulares (und)	Total (und)	BLOQUES NO CONFORMES (und)	Defectos (%)	
JULIO	1171	1118	2289	1	0,044%	0.10
AGOSTO	1305	1367	2672	4	0,150%	0.10
SEPTIEMBRE	1217	1252	2469	0	0,000%	0.10
OCTUBRE	1586	1556	3142	1	0,032%	0.10
			10572	6	0,057%	

Unidades producidas =	10572	Bloque de Espuma Poliuretano	Producción
Oportunidad de Error =	9		Causas de Defectos
Defectos =	6	Bloques Defectuosos /año	
DPU =	0,00057	Defecto por unidad	DPU=d/U
DPO=	6,30597E-05	Defectos por oportunidad	DPO=d/(U*O)
DPMO=	63,060	Defectos po millon de Oportunidades	DPMO= DPO*1000000
Rendimiento del Proceso =	0,999433	Y=e^-DPU (2.7183)^-0.00101	
Oportunidad Unidad Libre defectos =	99,9433%	DISTR.NORM.ESTAND.INV(0.998989)	
Nivel de Sigma de Largo Plazo=	3,25	Zc=Zy+1.5 Desplazamiento 1.5 sigmas	
Nivel de Sigma de Proceso Bloques de ESPUMA=	4,75		

Fuente: Informe Gerencial/ERP-SAP
 Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

Gráfico No. 115 Tendencia de la calidad Seis Sigma

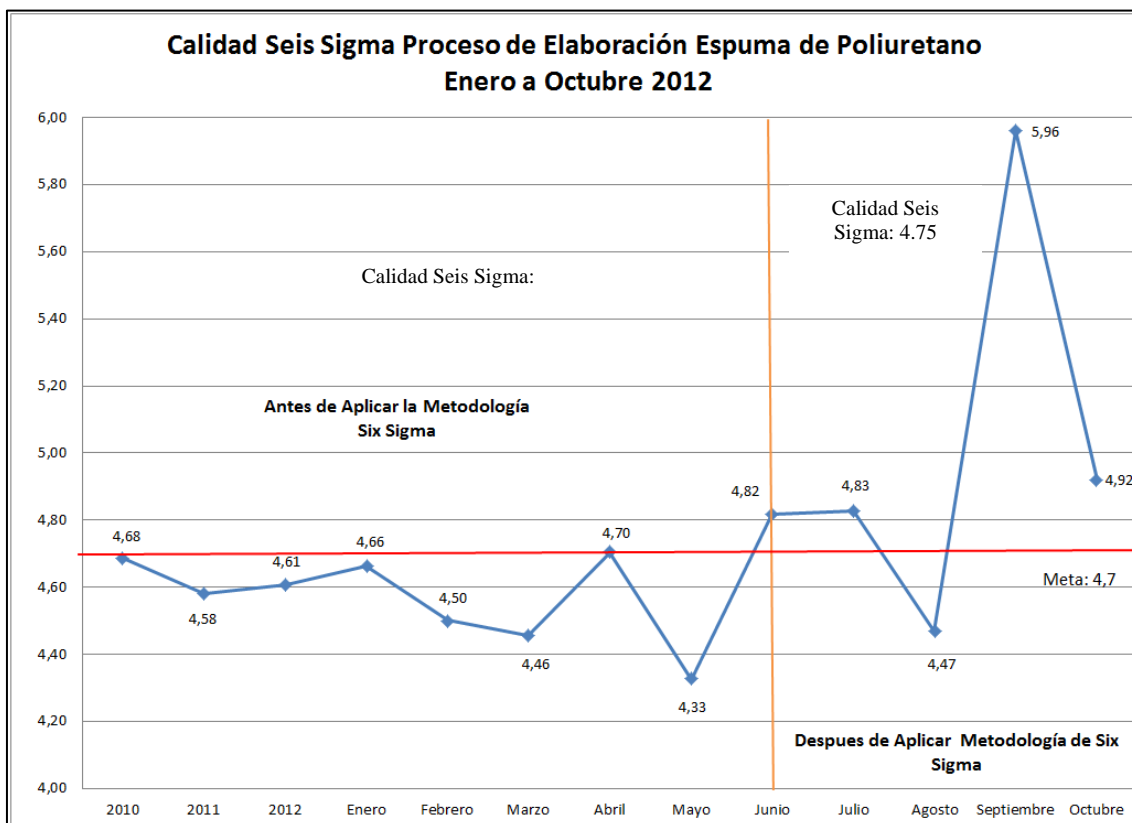


Fuente: Cálculo de Sigma del Proceso
 Elaborado por: Merci León – Dorian Salazar

Como se observa en la tabla No. 87 se tiene una calidad Six Sigma del proceso de 4.75, al inicio del proyecto en el periodo Enero a Junio se midió la calidad Six Sigma con un 4.53 (ver Tabla No. 14) es decir en el primer semestre con esta calidad Six Sigma se tenían 134 defectos por millón de oportunidades (DPMO), mientras que en el segundo semestre aplicando la metodología Six Sigma se tiene un DPMO de 63.06 es decir una reducción del 47%.

En el gráfico No. 116 a continuación, se observa la tendencia de calidad Six Sigma antes y después de aplicar la metodología Six Sigma:

Gráfico No. 116 Tendencia de la calidad Seis Sigma



Fuente: Informe Gerencial/ERP-SAP

Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

Se observa el mejoramiento a partir del mes de Junio dónde comienza a implementarse I

6.1.2 Cálculo de Sigma del Proceso

En el mes de Agosto la calidad Six Sigma es de 4.47 por los 4 bloques defectuosos obtenidos. Cabe anotar que en este mes se utilizó químicos de un proveedor no calificado (Coreano) por falta de abastecimiento de los proveedores convencionales calificados y aprobados. En los meses posteriores de Septiembre y Octubre se observa un mejoramiento sustancial en especial en el mes de Septiembre dónde se alcanza una calidad Six Sigma de 5.96 con cero defectos obtenidos.

El mejoramiento de la calidad Six Sigma se debe a las acciones correctivas implementadas para la reducción de productos no conformes, en especial el cambio del sistema de dosificación volumétrica por dosificación por peso, es decir por volumen utilizando probetas a la dosificación utilizando una balanza que fue adquirida para el pesaje de los aditivos, con esto se redujo el porcentaje de producto no conforme que se explicará en el punto de evaluación del impacto obtenido con el proyecto.

6.1.3 Cálculo de Sigma del Proceso elaboración de bloques Cilíndricos de Espuma de Poliuretano

Con referencia a la calidad Six Sigma del proceso de elaboración de bloques cilíndricos igual que el caso anterior (calidad Six Sigma del proceso de elaboración de bloques de espuma) se determinó la calidad sigma del periodo Enero a Junio con un valor de 3.14 (ver tabla No. 18), la calidad sigma es baja por efectos para la mejora del proceso se considera los laminados tipo C (laminados con defectos superficiales pequeños que se utiliza para las bandas de colchones de la línea económica) como producto defectuoso y cuya mejora consiste en reducir el porcentaje de cilindros laminados tipo C al 3%.

En la medición de la calidad Six Sigma luego de implementar la metodología de mejoramiento en el segundo semestre se subió la calidad a 3.58, es decir se bajó los defectos de 5.817 a 2.110 es decir un 63.72%, esta reducción se debe a las acciones correctivas implementadas para el mejoramiento del proceso productivo.

En la tabla No. 88 se muestra el cálculo de la calidad Six Sigma del proceso de elaboración de bloques cilíndricos del periodo de Julio a Octubre 2012 y se muestra a continuación:

Tabla No. 88 Calidad Seis Sigma del Proceso de Elaboración de Bloques de Espuma Cilíndricos

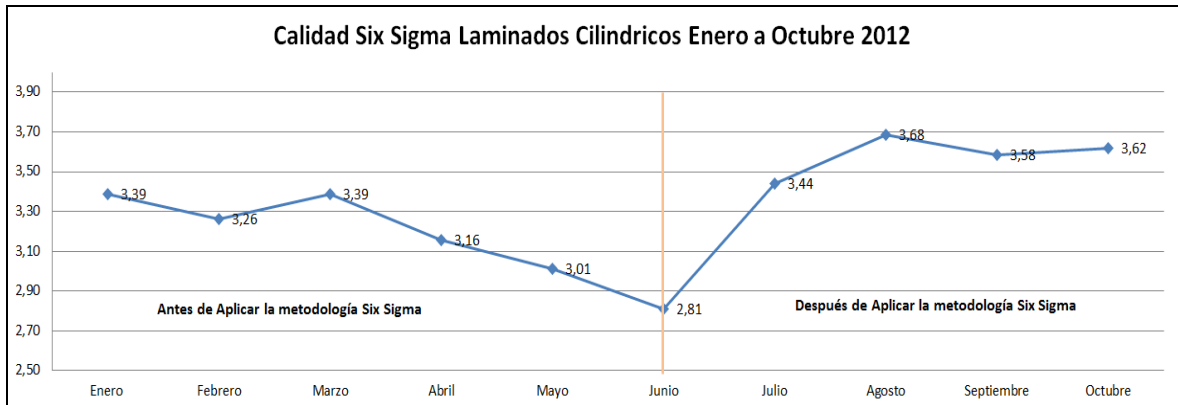
MES	PRODUCCIÓN BLOQUES ESPUMA				CALIDAD		
	Laminados Grado de Calidad A (und)	Laminados Grado de Calidad B (und)	laminados Grado de Calidad C (und)	Total (und)	BLOQUES NO CONFORMES Laminados Tipo C (und)	Defectos (%)	Meta Max (%)
JULIO	1044	1123	59	2226	59	2,7%	3%
AGOSTO	1155	1348	37	2540	37	1,5%	3%
SEPTIEMBRE	1190	1308	48	2546	48	1,9%	3%
OCTUBRE	1540	1471	53	3064	53	1,7%	3%
				10376	197	1,9%	

Unidades producidas =	10376	Bloque de Espuma Poliuretano	Producción
Oportunidad de Error =	9		Causas de Defectos
Defectos =	197	Bloques Defectuosos /año	
DPU =	0,01899	Defecto por unidad	DPU=d/U
DPO=	0,002109569	Defectos por oportunidad	DPO=d/(U°O)
DPMO=	2110	Defectos po millon de Oportunidades	DPMO= DPO*1000000
Rendimiento del Proceso =	0,981193	Y=e ^{-DPU} (2.7183) ^{-0.00101}	
Oportunidad Unidad Libre defectos =	98,1193%	DISTR.NORM.ESTAND.INV(0.998989)	
Nivel de Sigma de Largo Plazo=	2,08	Zc=Zy+1.5	Desplazamiento 1.5 sigmas
Nivel de Sigma de Proceso Bloques de ESPUMA=	3,58		

Fuente: Informe Gerencial/ERP-SAP

Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

La tendencia de laminados tipo C se muestra en la gráfico No. 117 a continuación, dónde se observa el mejoramiento por las acciones correctivas implementadas.

Gráfico No. 117 Tendencia de la calidad Seis Sigma Bloques Cilíndricos

Fuente: Informe Gerencial/ERP-SAP

Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

Como se observa en la gráfico No. 117, la calidad Six Sigma mejora sustancialmente desde el mes de Julio en dónde se aplicaron las mejoras en el proceso. Se evidencia que estas fueron eficaces y que tenemos una proyección a seguir mejorando el resto del año.

En la evaluación del impacto del proyecto se indicará el porcentaje de producto cilíndrico tipo C y como éste ha ido reduciéndose en el transcurso del año. Adicionalmente, en el punto evaluación de costo beneficio se indicarán los ahorros obtenidos al implementar la metodología de mejoramiento y las herramientas estadísticas utilizadas para alcanzar los objetivos establecidos.

6.1.4 Calculo de la Capacidad del Proceso luego de Implementar la metodología Six Sigma

Se tomaron acciones correctivas necesarias para mantener la altura de los laminados de espuma dentro de especificación, se ajustó la cantidad de agua en la formulación para reducir la altura de los laminados, pero sin afectar las características de densidad, dureza, compresión e índice de isocianato en la espuma.

A continuación se presentan las alturas correspondientes para cada uno de los laminados y sus respectivos cálculos de los índices de capacidad.

Tabla No. 89 Cálculo Capacidad de Proceso Altura Laminados Luego de Aplicar la Metodología Six Sigma

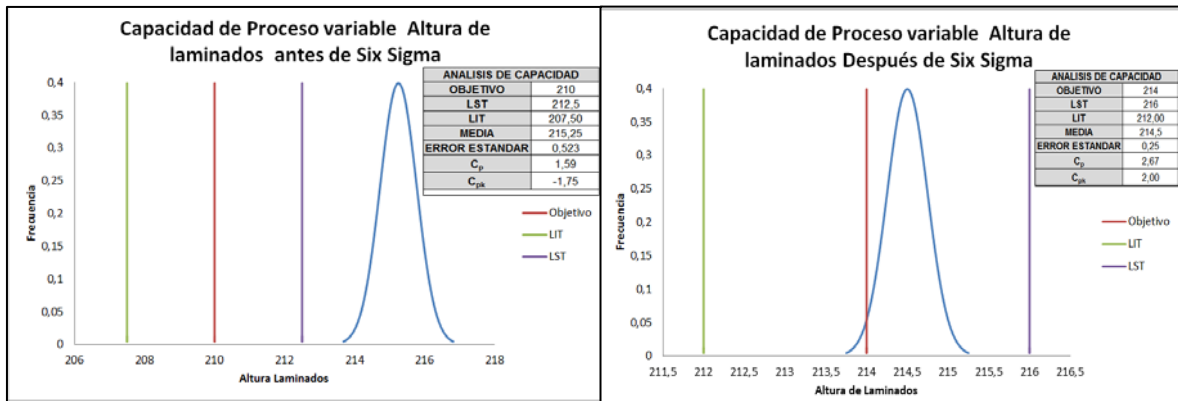
Calculo de Capacidad de Proceso Variable Altura de Laminados (cm) Luego de Implementar Metodología Six Sigma																	
CODIGO SAP	Tipo de Laminado	Julio (cm)	Agosto (cm)	Septiembre (cm)	Octubre (cm)	Promedio (cm)	Desviación Estandar	El (cm)	ES (cm)	N (Target)	Cp	Cr	Cpi	Cps	Cpk	K	Cpm
30000306	LAMINA CILINDRICA D 15 AMARILLO 210X1	214,2	214,4	214,5	214,8	214,5	0,250	212	216	214,0	2,67	0,38	3,30	2,03	2,03	23,75	1,24
30000311	LAMINA CILINDRICA D 19 BLANCO 200X1	207,1	207,04	207,9	207,7	207,4	0,430	204	208	207,0	1,55	0,65	2,66	0,44	0,44	21,75	1,09
30000314	LAMINA CILINDRICA D 22 CELESTE 206X1	208,5	208,3	209,1	208,8	208,7	0,350	205	209	207,0	1,90	0,52	3,50	0,31	0,31	83,75	0,39
30000317	LAMINA CILINDRICA D 27 GRIS 215X1	217,6	217,9	218,3	217,4	217,8	0,392	215	219	217,0	1,70	0,59	2,38	1,02	1,02	40,00	0,75

Fuente: GSE- Máquina Piller

Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

Como se observa en la tabla No. 89, se modificaron los límites de control (EI, ES, N), ahora los mismos se ajustan al proceso, el índice Cp está sobre 1,33 y es adecuada, estos cambios en los límites de control superior e inferior se ajustaron por las características el nuevo diseño de acolchado que tienen las tapas en el proceso de forros y que necesita que la espuma tenga un tamaño mayor para acolchar las tapas y la espuma. Se cambió la especificación de la altura de los laminados ajustándose al proceso productivo.

Gráfico No. 118 Capacidad de Proceso Lámina Cilíndrica Amarilla Luego de Metodología Six Sigma



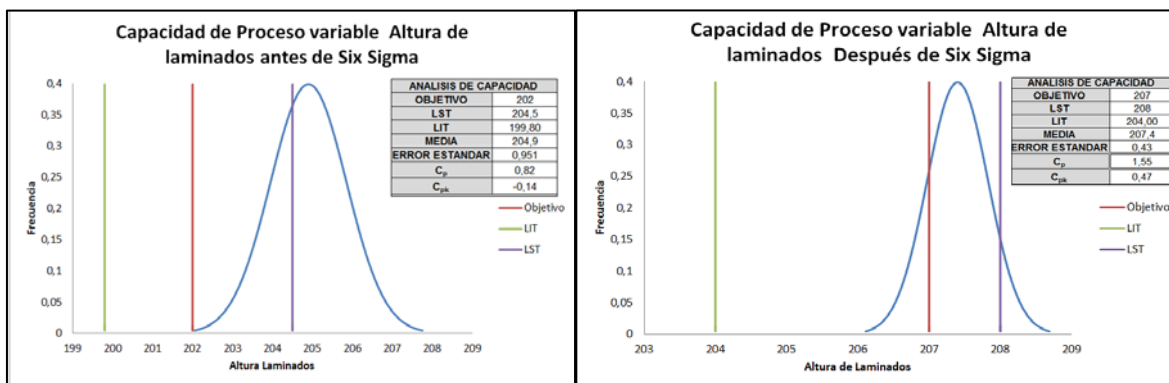
Fuente: GSE- Máquina Piller
Elaborado por: Merci León – Dorian Salazar

Tabla No. 90 Conclusión Capacidad de Proceso Lámina Cilíndrica Amarilla Luego de Metodología Six Sigma

Estadístico	Comentarios	Conclusión
<p>Cp= 2.67 Cr= 0.38 Cpk= 2.03 Cpm= 1.24 K= 23.75%</p>	<p>La capacidad del proceso es adecuada ya que el valor se encuentra sobre 1,33. (Mejoro el proceso de 1.59 a 2.67). La amplitud de variación del proceso Cr cubre el 38% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso es buena ya que tanto Cpk y Cpm es mayor a 1, sus valores deberían ser mayor a 1,30.</p> <p>El proceso esta descentrado en un 23.75% a la derecha de un valor de 214 cm</p>	<p>Se realizaron los ajustes y cambios necesarios y el valor de altura esta entre 214cm +/- 2.0 cm</p>

Fuente: ERP-SAP / Informe Gerencial Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

Gráfico No. 119 Capacidad de Proceso Lámina Cilíndrica Blanca Luego de Metodología Six Sigma



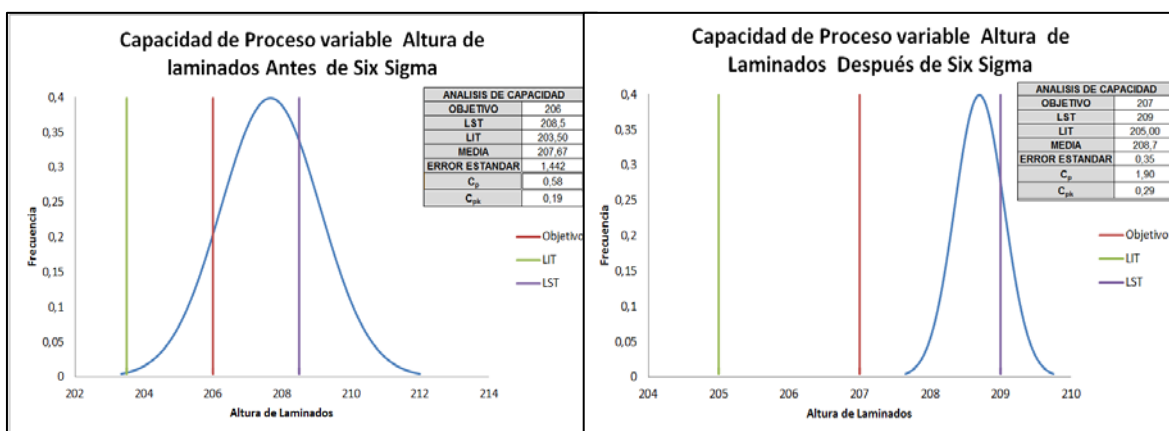
Fuente: GSE- Máquina Piller
Elaborado por: Merci León – Dorian Salazar

Tabla No. 91 Conclusión Capacidad de Proceso Lámina Cilíndrica Blanca Luego de Metodología Six Sigma

Estadístico	Comentarios	Conclusión
<p>Cp= 1.55 Cr= 0.65 Cpk= 0.44 Cpm= 1.09 K= 21.75%</p>	<p>La capacidad del proceso es adecuada ya que el valor se encuentra sobre 1,33. (Mejoro el proceso de 0.82 a 1.55). La amplitud de variación del proceso Cr cubre el 65% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso es mala ya que tanto Cpk y Cpm es menor a 1, sus valores deberían ser mayor a 1,30.</p> <p>El proceso esta descentrado en un 21.75% a la derecha de un valor de 207 cm</p>	<p>Se realizaron los ajustes y cambios necesarios y el valor de altura esta entre 206 cm +/- 2.0 cm</p>

Fuente: ERP-SAP / Informe Gerencial Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

Gráfico No. 120 Capacidad de Proceso Lámina Cilíndrica Celeste Luego de Metodología Six Sigma



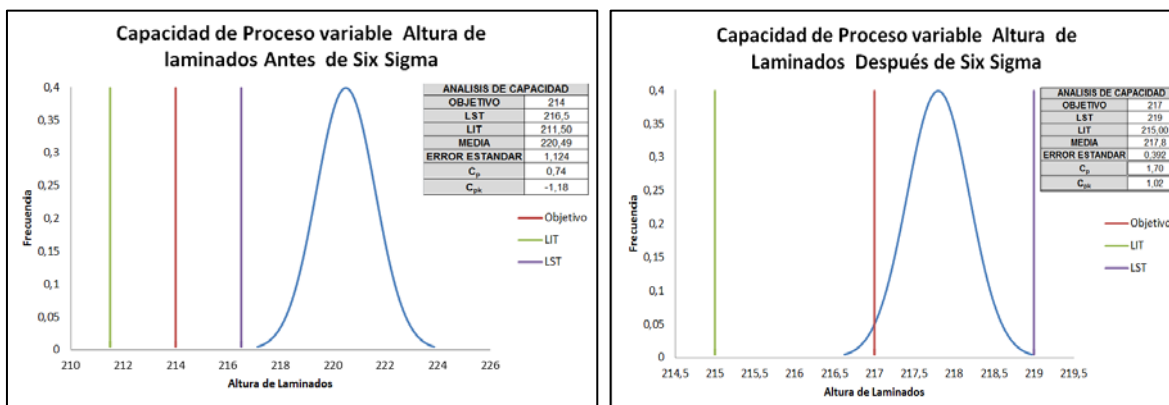
Fuente: ERP-SAP / Informe Gerencial Poliuretano
Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

Tabla No. 92 Conclusión Capacidad de Proceso Lámina Cilíndrica Celeste Luego de Metodología Six Sigma

Estadístico	Comentarios	Conclusión
<p>Cp= 1.90 Cr= 0.58 Cpk= 0.31 Cpm= 0.39 K= 83.75%</p>	<p>La capacidad del proceso es adecuada ya que el valor se encuentra sobre 1,33. (Mejóro el proceso de 0.58 a 1.90). La amplitud de variación del proceso Cr cubre el 58% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso es mala ya que tanto Cpk y Cpm es menor a 1, sus valores deberían ser mayor a 1.30.</p> <p>El proceso esta descentrado en un 83.75% a la derecha de un valor de 207 cm</p>	<p>Se realizaron los ajustes y cambios necesarios y el valor de altura esta entre 207 cm +/- 2.0 cm</p>

Fuente: ERP-SAP / Informe Gerencial Poliuretano
 Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

Gráfico No. 121 Capacidad de Proceso Lámina Cilíndrica Gris Luego de Metodología Six



Fuente: GSE- Máquina Piller
 Elaborado por: Merci León – Dorian Salazar

Tabla No. 93 Conclusión Capacidad de Proceso Lámina Cilíndrica Gris Luego de Metodología Six

Estadístico	Comentarios	Conclusión
<p>Cp= 1.70 Cr= 0.59 Cpk= 1.02 Cpm= 0.75 K= 40%</p>	<p>La capacidad del proceso es adecuada ya que el valor se encuentra sobre 1,33. (Mejóro el proceso de 0.74 a 1.70). La amplitud de variación del proceso Cr cubre el 59% de la amplitud de la banda de las especificaciones. La capacidad real del proceso es mala ya que tanto Cpk y Cpm es menor a 1, sus valores deberían ser mayor a 1.30.</p> <p>El proceso esta descentrado en un 40% a la derecha de un valor de 217cm</p>	<p>Se realizaron los ajustes y cambios necesarios y el valor de altura esta entre 217 cm +/- 2.0 cm</p>

Fuente: ERP-SAP / Informe Gerencial Poliuretano
 Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

6.2 ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO

Se evaluaron las mejoras del proceso productivo de elaboración de espuma de poliuretano, las acciones correctivas y las oportunidades de mejora, las mismas que se destacan en la tabla No. 88 y que indican los controles que se deben llevar a cabo referentes a estandarizar el proceso para mantener y monitorear las mejoras mediante indicadores de gestión o gerencia visual como se expresa más adelante en la gráfica de control que se van a utilizar.

6.2.1 Mejoras Importantes Implementadas para la Mejora del Proceso

- **Cambio de Sistema de Dosificación Volumétrico a Masa**

El cambio de un sistema de pesaje de un sistema volumétrico en dónde se dosifica con probetas graduadas que permitía errores por distracción del operador o no medir la cantidad real a un sistema de medición de pesos. Se compró una balanza para el pesaje de los aditivos y evitar el error por dosificación de los mismos.

Beneficios: Disminuir el error humano al dosificar por peso, disminución de producto no conforme y ahorro económico.

Dificultades: Calibración Trimestral de la balanza, verificación de las densidades de los químicos si se cambia de proveedor, Se capacitó al personal en temas de metrología de masa.

- **Propuesta Dosificadora Automática de Aditivos (Anexo No. 6)**

Se propone la implementación de una dosificadora automática de aditivos con un sistema de inyección por bombas de pistón de los distintos aditivos (amina, silicona, octoato de estaño, agua y cloruro de metileno), con el objetivo de eliminar el error humano por dosificación manual. Este sistema agitaría en un reactor los aditivos y adicionaría al reactor de TDI y Polioles automatizándose el proceso totalmente. Con este sistema las características de las espumas mejorarían disminuyendo la variabilidad en las propiedades físicas de la espuma (Altura de Laminados, Dureza, Compresión Permanente y Densidad)

Beneficios: Disminuir el error humano al dosificar por bombas de pistón logrando exactitud en la mezcla de aditivos, disminución de producto no conforme y ahorro económico, estandarización de las propiedades físicas de espuma.

Dificultades: Máquina requiere un personal operativo con mayores habilidades destrezas, el costo elevado (50000 usd) del sistema de formulación por aditivos, el mantenimiento preventivo y correctivo de la máquina, así como el costo de los repuestos.

- **Contador Automático de Láminas de Espuma y Notificación al ERP**

Implementación de un contador automático de láminas de espuma (ver Anexo No. 7), anteriormente el operador contaba las láminas por bloque, cada bloque de espuma tiene en promedio de 50 a 55 láminas, diariamente se cortan entre 5000-5500 láminas por lo que el error humano es alto. Igualmente las láminas después deben ser notificadas en el sistema ERP-SAP, por lo que existían muchas posibilidades de equivocación.

La mejora realizada consiste en el conteo automático de las láminas mientras las mismas se siguen contando en el carrusel y al terminar el corte se identifica el lote mediante una etiqueta que se imprime que contiene datos como: fecha elaborado el bloque, el nombre del operador, la fecha de corte y el nombre, código SAP y cantidad de la lámina de espuma. Al momento de imprimir la etiqueta se notifica automáticamente en el sistema reduciendo el tiempo del asistente de corte en el ingreso manual de dicha información.

Beneficios: Disminuir el error humano en el conteo de láminas(Sistema Poka Yoke), impresión de etiqueta con la trazabilidad de las láminas, notificación automática con el ERP-SAP y registro de la producción generada por día, hora, mes.

Dificultades: Se realizó capacitación de los operadores, Máquina requiere un personal operativo con mayores habilidades destrezas, la inversión del proyecto (7500 usd), necesita siempre comunicación vía WIFI (Redes inalámbricas).

- **Propuesta medición Productividad OEE (Anexo No. 9)**

Implementar la medición OEE (Eficiencia General de los Equipos), esta metodología mide la Eficiencia, Disponibilidad y Calidad en todos los procesos de producción dándonos información real del estado del proceso por turnos.

Beneficios: En un solo indicador OEE nos da la información completa del proceso, tiempos muertos de máquina, paros no programados, disponibilidad y calidad.

Dificultades: Se realizó capacitación del manejo, interpretación y medición del indicador

- **Recetas de Láminas de Espuma (Gerencia Visual) (Anexo No. 11)**

Se implementó un formato con la receta gráfica de las espumas que van en los colchones, con las dimensiones y la posición dentro del colchón. Con esto mejoró la capacidad de retención del operador y disminución de los errores de entrega. Se incorporó en una cartelera por una comunicación visual.

Beneficios: Disminución de errores de entrega de láminas a ensamblado, al cambiar de operador siempre va a tener la receta en forma gráfica por si existe alguna duda del tipo de espuma por tipo de colchón.

Dificultades: Se realizó capacitación del manejo, interpretación del formato visual.

- **Metodología del Estado de Validación de los Químicos (Anexo No. 22)**

Se implementó un formato con la trazabilidad de los químicos que ingresan a bodega de materia prima, luego de la revisión técnica de las especificaciones, y la validación de un lote del mismo se aprueba (sistema tipo semáforo: verde aprobado, amarillo en espera y rojo se rechaza). Toda esta cadena va a estar en el google drive para que exista una mejor comunicación entre bodega y producción.

Beneficios: Evitar utilizar productos de proveedores no calificados que produzcan no conformes, seguimiento y medición del producto en todo el proceso.

Dificultades: Las fichas técnicas muchas veces no llegan con los productos. Capacitación de la metodología y el uso del formato para el seguimiento del estado de validación de los químicos al personal de bodega de materia prima y al de producción.

La tabla No. 94 indican los nuevos formatos para mantener una gerencia visual con información que nos permita tomar acciones correctivas inmediatas cuando no se alcancen los resultados planificados.

Tabla No. 94 Estandarización del Proceso Elaboración de Espuma de Poliuretano

ESTANDARIZACIÓN PROCESO ELABORACIÓN DE ESPUMA DE POLIURETANO

	Indicador a Mejorar	Unidades	Objetivo	Acciones a Implementarse	Indicador	Código Tabla	Frecuencia	Responsable
	Producción	und	Incremento 5% respecto al 2011	Implementar la metodología OEE (Eficiencia General De los Equipos), para obtener la Eficiencia, Disponibilidad y Calidad del Proceso productivo, con este indicador calculamos producción y Productividad	Formato OEE por proceso	Anexo No. 9	Diaria	Jefe de Poliuretanos
	Productividad	und/h						
	Desperdicio de Espuma	kg	< 11,75 %	Medición de Desperdicio de espuma diario mediante gráfica de control	Formato Gráfico de Control	Anexo No. 26	Diaria	
	Bloques de Espuma No Conforme	% , calidad sigma	< 0,10 % , 4,7 sigma	Cálculo del sigma del proceso mensual, adicional a la gráfica de % de Producto no conforme mensual	Formato de Medición Seis Sigma, Gráfica de control % producto no conforme	Tabla No. 4.5 y Gráfico 4.24 , Gráfico 3.4	Diaria	
	Laminados Tipo C	% , calidad sigma	≤3 % , 3,5 sigma	Gráfica de Control de % Laminados Tipo C, y Cálculo del sigma del proceso mensual	Gráfica de control % bloques cilindricos tipo C, Formato de Medición Seis Sigma	Gráfico No. 3.4.3, Tabla No. 4.6 y Gráfico No. 4.25	Diaria	
Variables de Salida del Proceso	Altura de Laminados	cm (especificación)	De acuerdo al tipo de espuma cilíndrica	Gráfica de Control de la Altura de Laminados por tipo	Formato Gráfico de Control Especificación Altura de Laminados	Gráfico No.6.3	Diaria	Jefe de Poliuretanos
	Densidad (kg/m3)	kg/m3	Depende del tipo de espuma Valor nominal +/- 1 kg/m3	Tabla de Control de la densidad por bloque mensual	Formato de Medición	Anexo No, 18	Mensual, Cada Nueva Formulación	
	Compresión (%)	%	Depende del tipo de espuma va desde 5% al 20% de compresión	Estandarizar el indice de TDI dentro de 105-125 por cada tipo de fórmula, verificar los parámetros de Densidad, compresión y dureza	Formato de Medición Indice de TDI en el que se incluya el último valor de: Densidad, Compresión, y Dureza de acuerdo a los diferentes tipos de espuma	Anexo No. 24	Mensual, Cada Nueva Formulación	
	Dureza	N	Depende del tipo de espuma				Mensual, Cada Nueva Formulación	
	Indice De TDI		Depende del tipo de espuma desde 105-125				Mensual, Cada Nueva Formulación	

Fuente: ERP-SAP / Informe Gerencial Poliuretano
 Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

6.2.2 Gráficas de Control

En la mejora del proceso de elaboración de espuma de Poliuretano, se implementará una gerencia visual en dónde se apliquen gráficas de control en las variables que no se lleva actualmente un control diario como son: el desperdicio de espuma de Poliuretano, la variable altura de los laminados y la calidad de laminados de espuma.

- **Gráfica de control desperdicio de Espuma**

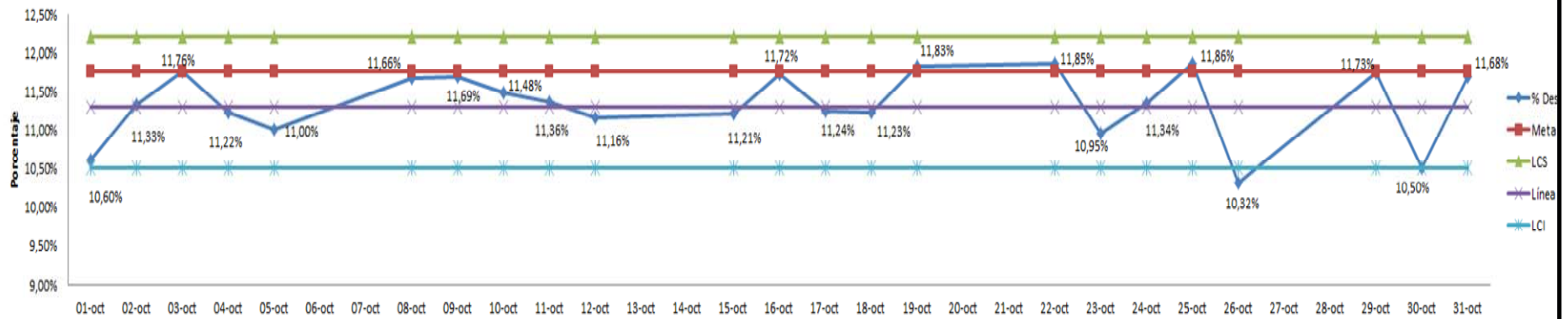
El desperdicio de espuma es una variable crítica del proceso productivo ya que su control representa ahorros importantes de ahí que es necesario un monitoreo diario.

En el gráfico No. 122 se muestra un ejemplo de control diario del desperdicio que se implementara para publicar diariamente en la cartelera de espuma para llevar un control del proceso en referencia al desperdicio de espuma.

Gráfico No. 122 Control Diario del Desperdicio de Espuma.- Ejemplo de formato a utilizarse

CONTROL DEL DESPERDICIO ESPUMA DE POLIURETANO 2012																							
FECHA /DÍA	01-oct	02-oct	03-oct	04-oct	05-oct	08-oct	09-oct	10-oct	11-oct	12-oct	15-oct	16-oct	17-oct	18-oct	19-oct	22-oct	23-oct	24-oct	25-oct	26-oct	29-oct	30-oct	31-oct
	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Lun	Mar	Mié	Jue	Vie	Lun	Mar	Mié
DESPERDICIO PROVENIENTE DE	kg																						
CORTE 1	280,00	342	348	316	255	295	200	311	296	230	217	268	234	268	245	245	288	195	350	228	250	270	234
CORTE 2	306,00	323,5	463	401	336	383	278	372	408,5	313	317	237	250	216	268	330	378	268	382	310	356	245	250
LAMINADO	373,00	546	377	426	503	464	506	377	550	409	372	496	412	455	345	500	466	510	368	405	385	520	412
FORROS	400,00	500	520	500	500	510	420	475	450	420	450	500	480	450	390	498	500	430	450	420	445	490	480
ENSAMBLADO			50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	0	0
MUEBLES																							
GUAYAQUIL																							
TOTAL DESPERDICIO kg	1.359,00	1.711,50	1.758,00	1.643,00	1.594,00	1.652,00	1.404,00	1.535,00	1.704,50	1.372,00	1.356,00	1.501,00	1.376,00	1.389,00	1.248,00	1.573,00	1.632,00	1.403,00	1.550,00	1.363,00	1.436,00	1.525,00	1.376,00
ESPUMA PRODUCIDA kg	12821,0	15102,9	14954,7	14648,2	14484,5	14166,1	12009,0	13369,5	15000,7	12292,4	12093,4	12812,3	12238,4	12371,7	10550,0	13270,0	14900,0	12370,0	13070,0	13209,0	12238,4	14520,0	11778,0
CILINDRICOS	8014,9	8484,1	8941,3	8729	7882,9	8001,6	5244,3	8420,4	8102,8	6895,9	7553,7	5401,3	6272	6002,1	6200	8320	8050	6920	8250	7520	6272	8100	6258
RECTANGULARES	4806,1	6618,8	6013,4	5919,2	6601,6	6164,5	6764,7	4949,1	6897,9	5396,5	4539,7	7411	5966,4	6369,6	4350	4950	6850	5450	4820	5689	5966,4	6420	5520
% Desperdicio Kg/día	10,60%	11,33%	11,76%	11,22%	11,00%	11,66%	11,69%	11,48%	11,36%	11,16%	11,21%	11,72%	11,24%	11,23%	11,83%	11,85%	10,95%	11,34%	11,86%	10,32%	11,73%	10,50%	11,68%
Objetivo < 11,75 %	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%
LCS=	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%
Limite Central=	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%
LCI=	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%

Control Diario de Porcentaje de Desperdicio de Espuma



$\bar{p} = \frac{\text{Total de Defectuosos}}{\text{Total de Inspeccionados}}$	$\bar{p} = 0,1132579$	$LCS = \bar{p} + 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$	LCS= 0,1215238	12,2%
$\bar{n} = \frac{\text{Total Inspeccionados}}{\text{Total de Subgrupos}}$	$\bar{n} = 13229,139$	Limite Central= \bar{p}	$\bar{p} = 0,1132579$	11,3%
		$LCI = \bar{p} - 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$	LCI= 0,104992	10,5%

Fuente: Informe Gerencial Espuma Poliuretano
 Elaborado por: Merci León –Dorian Salazar

El gráfico No. 122 se llevará para el control de diario del desperdicio como el ejemplo que se muestra, el desperdicio proveniente de cada proceso en kg y la cantidad de espuma producida en kg, la relación entre el desperdicio generado y la cantidad de espuma generada nos dará el desperdicio diario del proceso, el mismo que será monitoreado en el diagrama que será llenado día a día.

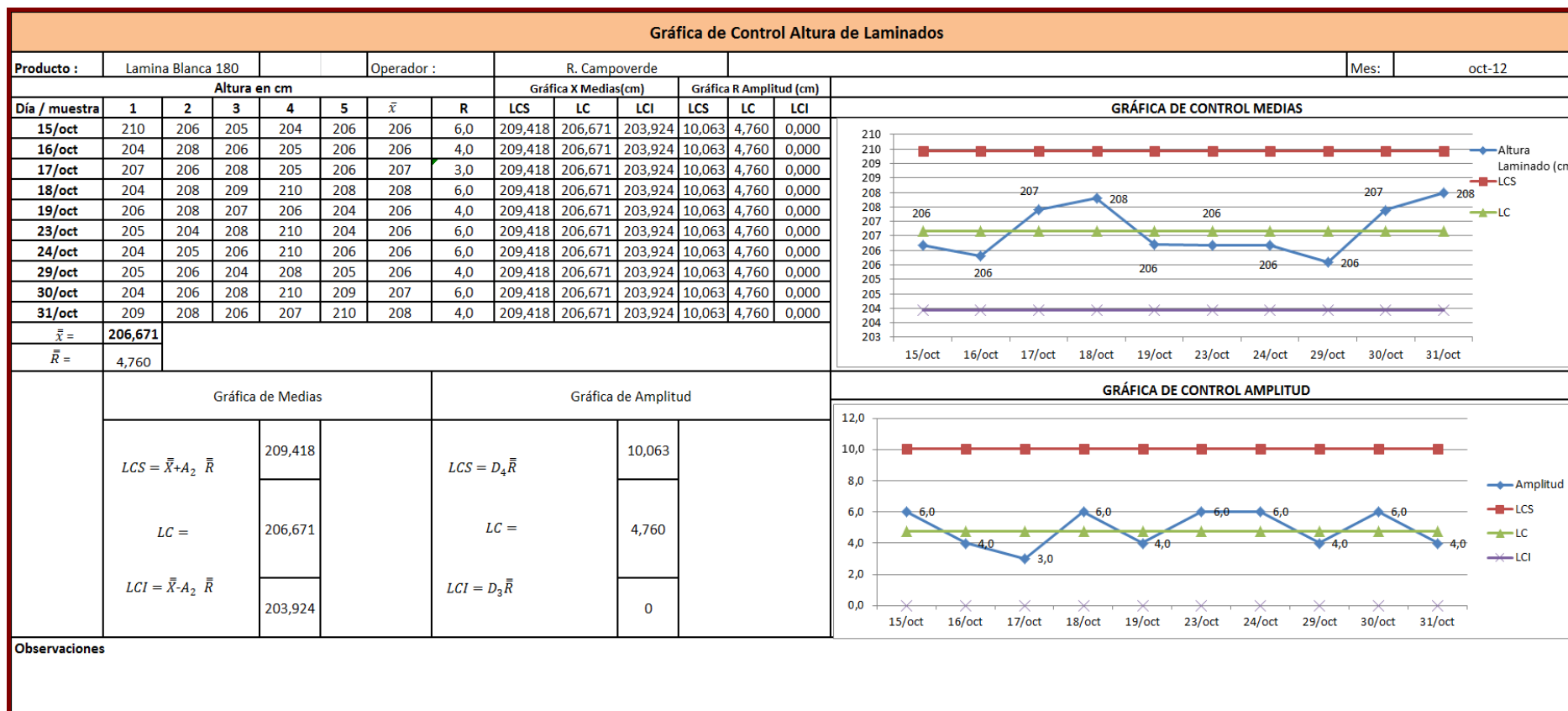
Esta información será importante para tomar acciones inmediatas para la reducción del desperdicio y no esperar a fin de mes para observar los resultados.

- **Gráfica de Altura de Laminados de Espuma**

La variable altura de laminados es importante para el control y la disminución de desperdicio, ya que si se entrega al proceso de forros una espuma que supere la tolerancia superior se generará mayor cantidad de desperdicio, de ahí que es importante su medición diaria para para tomar acciones correctivas oportunas que mantengan dentro de especificación el bloque de espuma cilíndrica.

En el gráfico No. 123 se muestra un ejemplo del formato para controlar la altura de los laminados diariamente:

Gráfico No. 123 Control Diario de Altura de Laminados



Fuente: GSE-Controlador Máquina Piller
 Elaborado por: Merci León –Dorian Salazar

En la gráfico No. 123 se llevará el control de la altura de los diferentes laminados, en forma diaria, con esto se tendrá una información visual con los límites de control superior o inferior (especificaciones), información importante para el ajuste en la formulación de espuma de poliuretano si amerita.

- **Gráfica de Tipo de Calidad de Laminados**

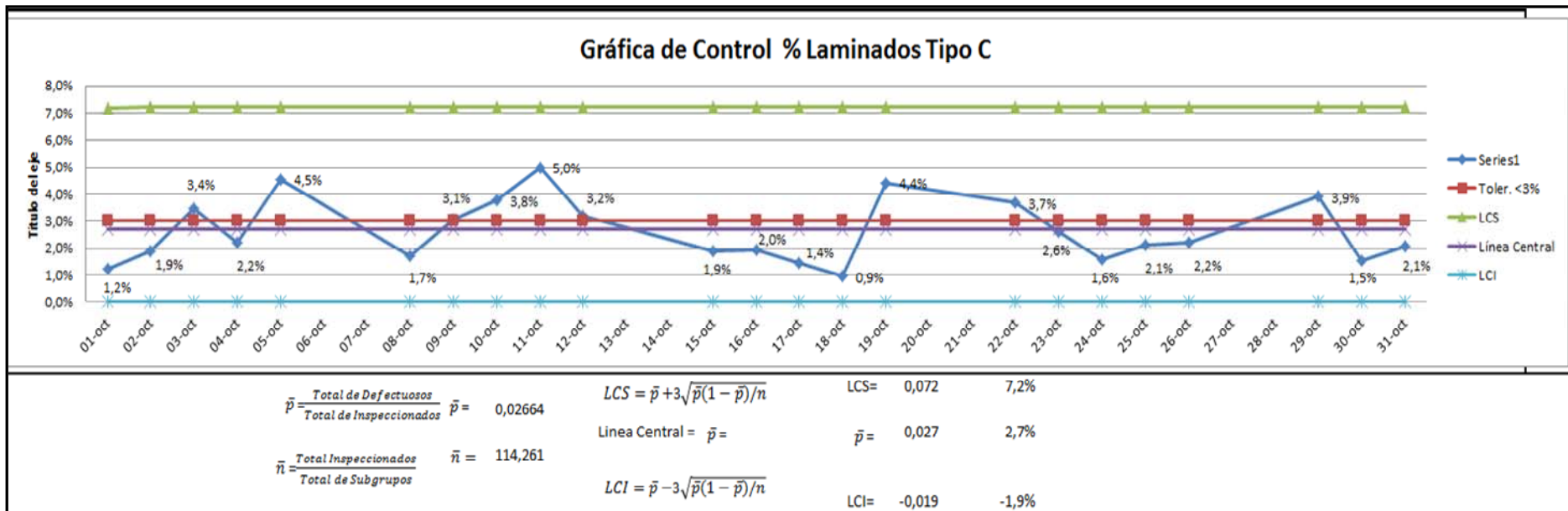
Esta gráfica del tipo de calidad de laminado nos va a ayudar a controlar gráficamente el tipo de calidad de laminados A, B y C y su porcentaje de calidad, como recordaremos el porcentaje que nos trazamos como objetivo al inicio del proyecto six sigma fue de máximo 3% de bloques tipo C.

Es importante mantener el control diario de este indicador para tomar acciones correctivas inmediatas en el proceso de formulación de espuma, el control y la reducción del porcentaje de bloques tipo C nos ayudara a disminuir considerablemente los desperdicios de espuma generado por producto defectuoso y un ahorro importante por esta reducción.

En el gráfico No. 124 a continuación se muestra el formato de control del porcentaje de laminado cilíndrico tipo C.

Gráfico No. 124 Control Laminados Cilíndricos Tipo C

GRAFICA CONTROL DE CALIDAD PORCENTAJE DE LAMINADOS TIPO C																										
TIPO DE LAMINADO	GRADO DE CALIDAD	FECHA DE CONTROL																								Total
		01-oct	02-oct	03-oct	04-oct	05-oct	08-oct	09-oct	10-oct	11-oct	12-oct	15-oct	16-oct	17-oct	18-oct	19-oct	22-oct	23-oct	24-oct	25-oct	26-oct	29-oct	30-oct	31-oct	Total	
LAMINA CILINDRICA D 15 AMARILLO (und)	A	10	13	13	10	10	10	13	12	6	9	10	15	16	13	15	7	11	13	13	14	7	15	13	268	
	B	10	14	13	11	13	10	16	13	11	10	13	17	14	6	17	6	10	13	13	14	12	12	10	278	
	C	0	1	2	1	3	2	1	1	1	1	1		0	1	2	1	1	2	2	2	3	1	1	30	
LAMINA CILINDRICA D 19 BLANCO (und)	A	25	30	36	31	42	37	30	35	40	35	31	26	47	31	40	35	32	38	45	45	41	45	27	824	
	B	26	35	34	32	45	37	28	36	44	25	30	26	45	31	38	40	30	38	50	44	39	36	28	817	
	C	1	1	2	1	1	0	2	1	4	2	1	2	2		2	2	2		1	1	2	1	1	32	
LAMINA CILINDRICA D 22 CELESTE 202 (und)	A	6	4	6		4		4		6	2	6	3	4	4	6	5	2	7	4	4	9	6	7	99	
	B	4	4	6		4		4		7	4	6	3	4	4	6	5	2	7	3	3	9	6	6	97	
	C									1						2									3	
LAMINA CILINDRICA D 22 CELESTE 212 (und)	A		2			3	8		4		3	4	4	3	6	4	3	9	2	4	4	2	3	1	69	
	B		2			3	8		2		3	4	4	3	6	4	2	9	2	4	4	2	3	1	66	
	C					2			2								1								5	
LAMINA CILINDRICA D 27 GRIS (und)	A			2	2	1	2						1	2			2	6	4	2		1	1	1	27	
	B			2	2	1	2						1	2								1	1	1	13	
	C																								0	
TOTAL LAMINADOS (und)		82	106	116	90	132	116	98	106	120	94	106	102	138	106	136	109	114	126	141	135	128	130	97	2628	
% de Calificación		Muestra= 23																				Total Laminados C		70		
Tipo A		50%	46%	49%	48%	45%	49%	48%	48%	43%	52%	48%	48%	51%	53%	48%	48%	53%	51%	48%	50%	47%	54%	51%		
Tipo B		49%	52%	47%	50%	50%	49%	49%	48%	52%	45%	50%	50%	48%	46%	48%	49%	45%	48%	50%	48%	49%	45%	47%		
Tipo C		1,2%	1,9%	3,4%	2,2%	4,5%	1,7%	3,1%	3,8%	5,0%	3,2%	1,9%	2,0%	1,4%	0,9%	4,4%	3,7%	2,6%	1,6%	2,1%	2,2%	3,9%	1,5%	2,1%		
Objetivo < 3%		3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%		
	LCS	7,2%	7,2%	7,2%	7,2%	7,2%	7,2%	7,2%	7,2%	7,2%	7,2%	7,2%	7,2%	7,2%	7,2%	7,2%	7,2%	7,2%	7,2%	7,2%	7,2%	7,2%	7,2%	7,2%		
	Linea Centra	2,70%	2,70%	2,70%	2,70%	2,70%	2,70%	2,70%	2,70%	2,70%	2,70%	2,70%	2,70%	2,70%	2,70%	2,70%	2,70%	2,70%	2,70%	2,70%	2,70%	2,70%	2,70%	2,70%		
	LCI	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	



Fuente: GSE-Controlador Máquina Piller
 Elaborado por: Merci León –Dorian Salazar

6.3 EVALUACIÓN DEL IMPACTO

En este punto se analizará el mejoramiento del proceso de Elaboración de Espuma de Poliuretano antes de utilizar la metodología Six Sigma (Enero a Junio 2012) y los resultados o el impacto obtenido luego de aplicar Six Sigma (Julio a Diciembre).

Los aspectos a analizar serán:

- Producción y Productividad de Bloques de Espuma y Laminados Cilíndricos
 - Disminución del producto no conforme
 - Disminución de Bloques Cilíndricos Laminados Tipo C
 - La reducción del desperdicio de espuma obtenido
 - Optimización de las formulaciones de espuma Índice de TDI (reducción del índice)
- **Evaluación del Impacto Producción y Productividad de Bloques Cilíndricos**

En la tabla No. 95 se muestra la producción y Productividad del año 2012 en los meses de Enero a Octubre 2012:

Tabla No. 95 Producción y Productividad año 2012

Análisis Productividad Espuma 2012															
PRODUCCIÓN															
Indicador de desempeño	Unidad	Promedio mensual													
		Meta	2010	2011	2012	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Producción mensual rectangulares	und.	1440	1521	1500	1285	1380	835	1634	1400	1221	1034	1171	1367	1252	1556
Producción mensual cilindros	und.	1350	1238	1301	1266	1179	647	1575	1546	1321	1169	1118	1305	1217	1586
Producción mensual de Bloques de Espuma	und.	2790	2759	2801	2551	2559	1482	3209	2946	2542	2203	2289	2672	2469	3142
Producción mensual laminados	und.	2790	2456	2607	2568	2356	1406	3388	3110	2687	2354	2226	2540	2546	3064
PRODUCTIVIDAD															
		Meta	2010	2011	2012	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre
Personal	#	20	20	19,75	20	19	19	19	20	20	20	20	20	20	20
Horas Extras (total área)	%	15	13,75	14,5	11,2	14	2	18	23	12	8	5	10	7	13
Productividad mensual espuma	unid/h	140	138	142	129,5	135	78	169	147	127	110	114	134	123	157
Productividad mensual laminados	unid/h	130	123	132	130,2	124	74	178	156	134	118	111	127	127	153

Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano

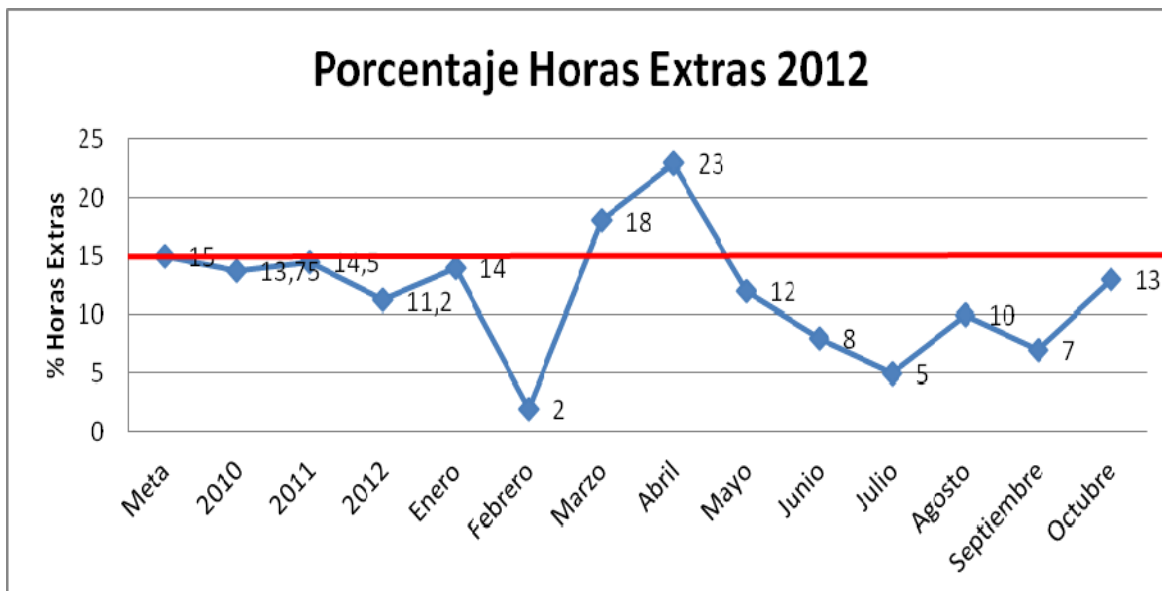
Elaborado por: Merci León –Dorian Salazar

Se observa en la tabla No. 95 que la Producción promedio de bloques de espuma de Poliuretano cilíndricos y rectangulares de Enero a Octubre del 2012 es de 2551 und, es decir el 2.4% más que la producción promedio de bloques de espuma del periodo Enero a Junio 2012 que fue de 2490 und.

La producción promedio de Laminados cilíndricos de espuma de Poliuretano en el periodo de Enero a Junio fue de 2550 und y en el periodo Enero a Octubre 2012 es de 2568 und es decir un incremento del 0.7 %.

En relación de horas extras se presenta en la gráfico No. 125 se observa el porcentaje promedio de horas extras del periodo Enero a Junio es del 12.83 % y del periodo Julio a Octubre es del 8.75% es decir una reducción porcentual del 32% en horas extras.

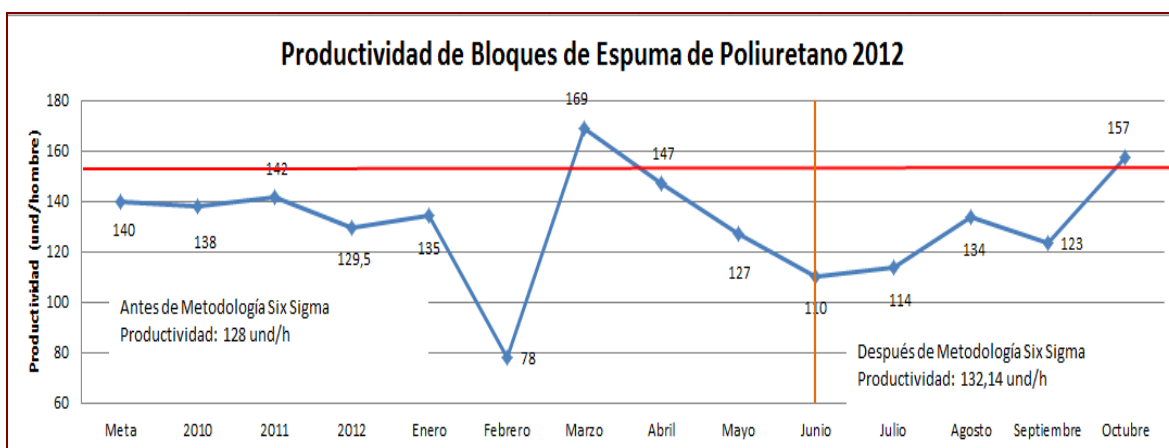
Gráfico No. 125 Porcentaje de Hora Extras 2012



Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León –Dorian Salazar

En el gráfico No. 126, a continuación se muestra la productividad de bloques de espuma de poliuretano antes y después de implementar la metodología six sigma

Gráfico No. 126 Productividad de Bloques de Espuma de Poliuretano 2012

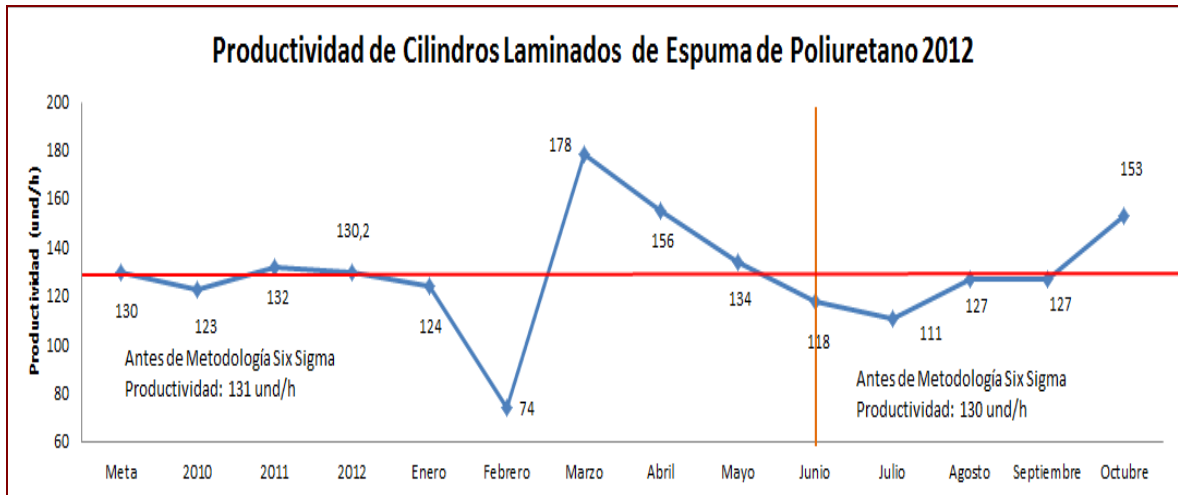


Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León –Dorian Salazar

En la gráfico No. 126 se observa el aumento de productividad de 3.5 % del periodo de Enero a Junio antes de aplicar la metodología seis sigma con 127.7 und/h a 132.14 und/h del periodo Julio a Octubre 2012 luego de aplicar la metodología six sigma.

En cuanto a los laminados cilíndricos de espuma de poliuretano se expresa su mejoramiento y se observa valores superiores a la meta en relación a la productividad y cuya tendencia se expresa en el gráfico No. 127 a continuación:

Gráfico No. 127 Productividad de laminados Cilíndricos de Espuma de Poliuretano 2012



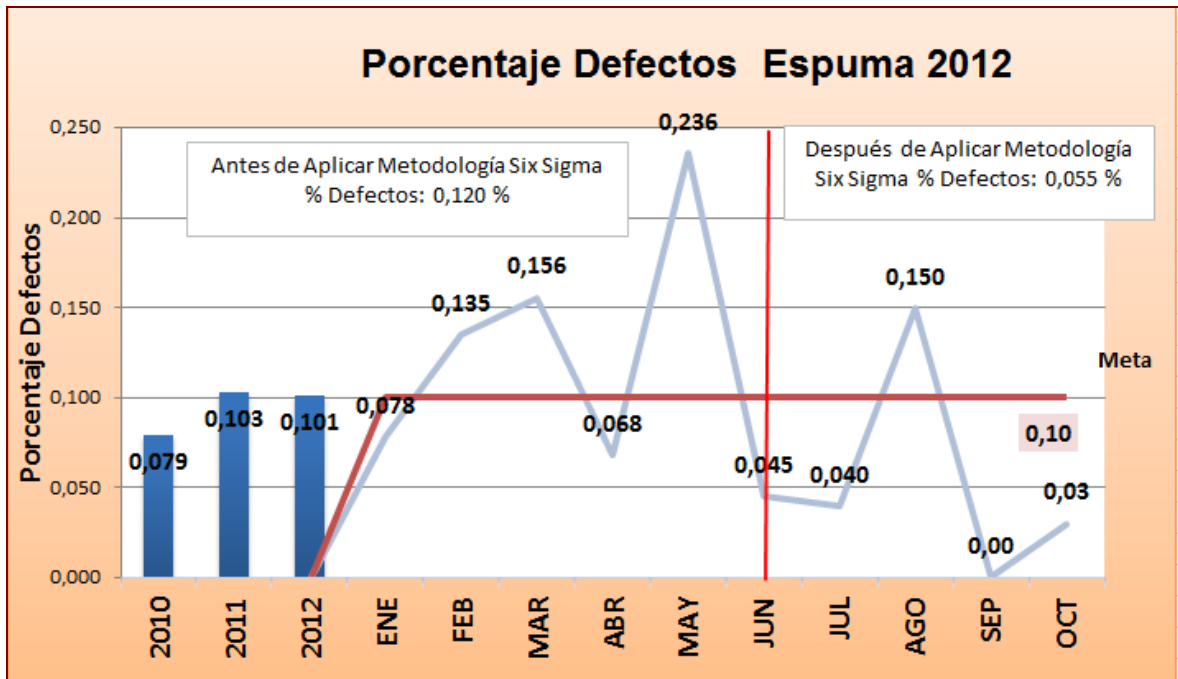
Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León –Dorian Salazar

La Productividad de cilindros laminados se encuentra dentro de la meta en promedio del año 2012 con un valor de 130 und/h y en el segundo semestre se muestra que este valor se ha mantenido en los objetivos, según la tendencia de producción en lo que resta del año se incrementara este valor.

- **Evaluación del Impacto de reducción del producto no conforme de Espuma de Poliuretano**

En el gráfico No. 128 se muestra el porcentaje de producto no conforme antes de implementar la metodología Six Sigma y luego de implementarla observándose evidencia de mejoramiento del proceso productivo al implementar las acciones correctivas de la metodología.

Gráfico No. 128 Defectos de Espuma de Poliuretano 2012



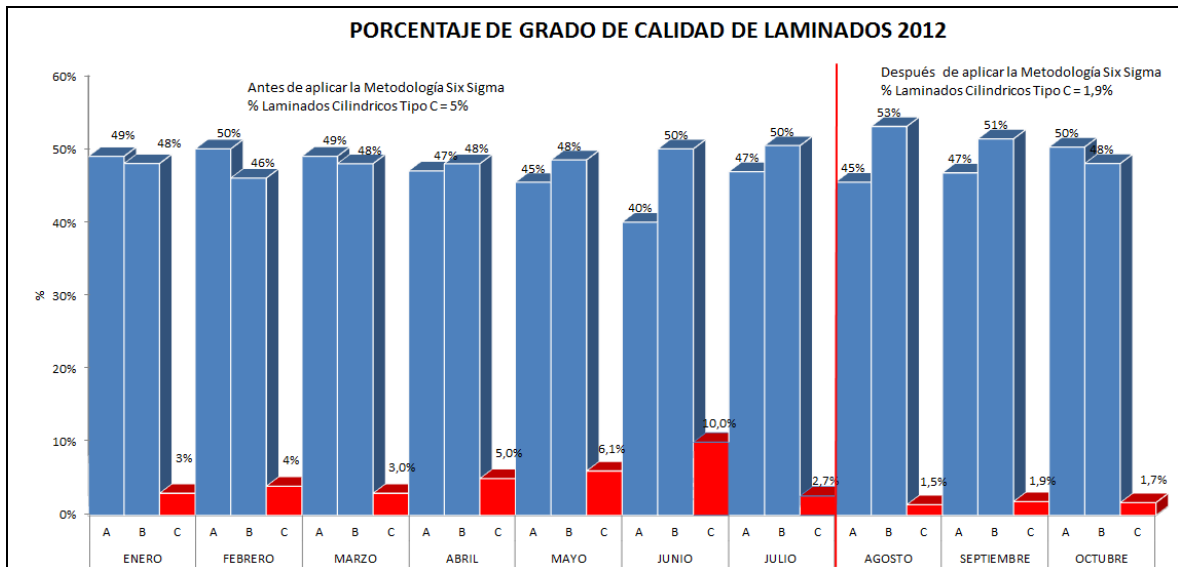
Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León –Dorian Salazar

En el gráfico No. 128 se observa claramente la reducción del producto no conforme de 0.120 % de Enero a Junio al 0.055% del periodo Julio a Agosto 2012, es decir una reducción del 54%, y en el promedio del año el indicador de producto defectuoso es del 0.094 % es decir se cumple con el objetivo de mantener por debajo de 0.10%.

- **Evaluación del Impacto de reducción del porcentaje de laminado cilíndrico Tipo C Espuma de Poliuretano**

Luego de aplicar la metodología Six Sigma al mejoramiento en el proceso de reducción de bloques tipo C, cuyo objetivo trazado es reducir a menos del 3 % la cantidad de bloques se obtienen los siguientes resultados que se muestran en el gráfico No. 129 a continuación:

Gráfico No. 129 Porcentaje de Calidad de Laminados Tipo C



Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León –Dorian Salazar

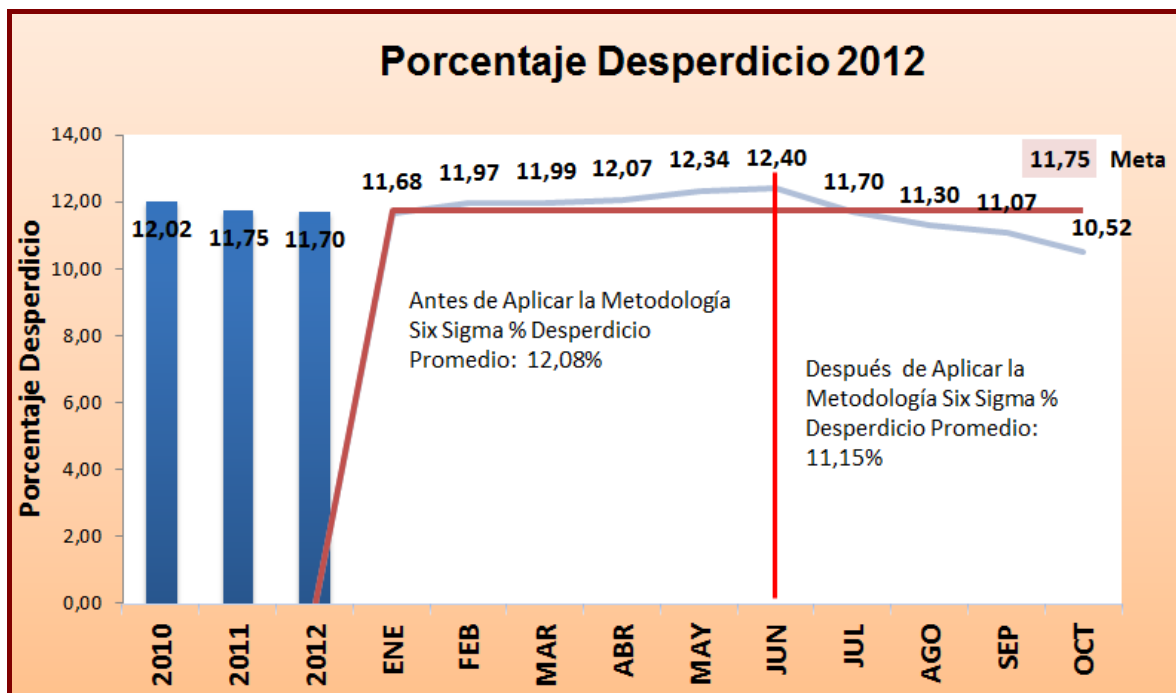
En el primer semestre del año antes de aplicar la metodología Six Sigma se obtiene un porcentaje de laminados cilíndricos tipo C del 5.18%, al aplicar la metodología a partir de julio se aprecia una disminución sustancial a 2.7 % y en el periodo de Julio a Octubre se obtiene un 1.93 %. Es decir una mejora del 62.74% lo que veremos más adelante representan ahorros importantes en el proceso de Espuma de Poliuretano.

En el todo el año se tiene una porcentaje de producto laminado tipo C del 3.88 % es decir una mejora del 25 % global.

- **Impacto sobre la reducción del desperdicio de espuma obtenido**

El indicador de desperdicio de espuma de Poliuretano está relacionado con las diferentes variables como son: la altura de los laminados, la cantidad de bloques tipo C y la cantidad de defectuosos, en el gráfico No. 130 a continuación se muestra la tendencia del desperdicio antes de implementar Six Sigma y luego de aplicar la metodología de mejora continua.

Gráfico No. 130 Disminución del Desperdicio de Espuma de Poliuretano



Fuente: Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León –Dorian Salazar

El desperdicio de espuma tuvo una reducción importante como se muestra en el gráfico No. 130 del 12,08% al 11,15% un 8% y en lo que va del año estamos con el 11,70% por debajo del indicador que es 11,75%.

En la evaluación de impactos económicos se determinara la cantidad de ahorros generados para el proceso al aplicar la metodología.

- **Optimización de las formulaciones de espuma Índice de TDI (reducción del índice)**

El índice de Isocianato o Índice de TDI es un valor que nos sirve de referencia para la dureza de la espuma y las características que tendrá la espuma. En el anexo No. 24 se determina el índice de TDI de las espumas utilizadas en la elaboración de colchones en Chaide y Chaide y la optimización propuesta de las formulaciones diseñando formulas cuyo índice oscilen en el rango de 105 a 125.

Cabe destacar que al modificar el índice de TDI se modifica toda la formulación para mantener las características de calidad de la espuma y los beneficios tanto económicos y ambientales se explicaran más adelante.

6.3.1 Evaluación de Beneficios Económicos, Técnicos y Ambientales Obtenidos

Aquí se analizarán los beneficios económicos, técnicos y ambientales luego de implementar la metodología Six Sigma y el impacto generado en la reducción de costos.

- **Beneficios al Disminuir el producto no conforme**

Beneficios Económicos

A continuación presentamos los costos del producto no conforme Generados en el año 2012 con las diferentes causas de producto no conforme:

Tabla No. 96 Costos de Producto no Conforme 2012

Costo de Producto No conforme 2012					
Mes	Tipo de Bloque	Causa Defecto	Cantidad (und)	Costo Unitario (USD/bloque)	Costo Total (USD)
Enero	RECT. VISCOELASTICO 135X190	Dosificación de Aditivos	1	447,28	447,28
	CILINDRO BLANCO 180X202	Dosificación de Aditivos	1	318,92	318,92
Febrero	RECT. VISCOELASTICO 160X200	Dosificación de Aditivos	1	447,28	447,28
Marzo	CILINDRO BLANCO 180X200	Error Dosificación TDI	1	318,92	318,92
	CILINDRO CELESTE 180X206	Problemas compuerta de reactor	1	385,37	385,37
	RECTANGULAR GRIS 270X190	Error Dosificación TDI	1	466,53	466,53
	RECTANGULAR VERDE LIMON 131X186	Error de operación dosificadora	1	319,51	319,51
	RECTANGULAR VERDE LIMON 131X186	Problemas compuerta de reactor	1	319,51	319,51
Abril	CILINDRO BLANCO 180X200	Error Dosificación TDI	1	318,92	318,92
	RECTANGULAR CELESTE 123X178	Dosificación de Aditivos	1	321,74	321,74
Mayo	RECTANGULAR VERDE LIMON 131X186	Problemas compuerta de reactor	1	319,51	319,51
	CILINDRO BLANCO 180X202	Dosificación de Aditivos	1	318,92	318,92
	CILINDRO BLANCO 180X202	Dosificación de Aditivos	1	318,92	318,92
	CILINDRO AMARILLO 180X202	Dosificación de Aditivos	2	310,25	620,5
Junio	CILINDRO BLANCO 180X200	Dosificación de Aditivos	1	318,92	318,92
	CILINDRO BLANCO 180X200	Problemas compuerta de reactor	1	318,92	318,92
Julio	RECTANGULAR CELESTE 135X190	Error de operación dosificadora	1	368,44	368,44
Agosto	Cilindro Blanco 180X200	Error desmolde del bloque	1	318,92	318,92
	RECTANGULAR GRIS 318x190	Problemas de Energía Eléctrica	1	518,52	518,52
	RECTANGULAR ROJO 123X178	Problemas de Energía Eléctrica	1	230,41	230,41
	CILINDRO CELESTE 180X202	Problemas de Energía Eléctrica	1	385,37	385,37
Septiembre			0	0	0
Octubre	RECT. VISCOELASTICO 135X190	Prueba con otro tipo de silicona	1	447,28	447,28
Noviembre					0
Diciembre					0
Total PNC (und)			23	Costo Total (USD)	8148,61
		Causa Defecto	Cantidad (und)	%	
		Dosificación de Aditivos	9	39%	
		Problemas compuerta de reactor	4	17%	
		Error Dosificación TDI	3	13%	
		Problemas de Energía Eléctrica	3	13%	
		Error de operación dosificadora	2	9%	
		Error desmolde del bloque	1	4%	
		Prueba con otro tipo de silicona	1		

Fuente: ERP –SAP, Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León –Dorian Salazar

En la tabla No. 96 se observa los costos por bloques no conformes del año 2012 que se ascienden a 8148,6 usd, los bloques no conformes por dosificación de aditivos de Enero a Junio fueron 9 bloques que representan 2802,23 usd, los bloques defectuosos por Problemas compuerta del reactor 4 bloques que representan 1343.31 usd y la dosificación de TDI con 3 bloques defectuosos representan 1104,37 usd.

Al realizar el mejoramiento six sigma se analizaron las causas principales factores de no conformes como: dosificación de aditivos, problemas puerta del reactor y dosificación de TDI, estos 3 representan un costo por no conforme de 5250 usd.

En los meses de Julio a Octubre se observa que se eliminaron las causas de dosificación de aditivos al cambiar el sistema de dosificación volumétrico a pesaje con balanza. En estos meses existen otros factores que provocaron los bloques no conformes como Problemas eléctricos, en el mes de Agosto tuvimos problemas de corte eléctrico repentino por lo que se dañaron 3 bloques y permitió un incremento en la calidad sigma del proceso y la cantidad de no conformes del mes.

En resumen con la metodología six sigma se disminuye notoriamente la cantidad de producto no conforme por las acciones correctivas tomadas y en la tabla No. 97 a continuación se muestra el beneficio económico anual.

Tabla No. 97 Beneficio Económico Reducción de Producto no Conforme

Nombre del Indicador	Beneficios Económicos	
	Antes de la metodología Six Sigma	Después de la metodología Six Sigma
	Enero a Junio	Julio a Octubre
Producto no Conforme (usd)	5569,42	2268,94
Meses	6	4
Defectos Promedio (usd/mes)	928,2	567,2
Ahorro Proyectado Mensual (usd/mes)	361,0	
Ahorro Proyectado Anual (usd/año)	4332,02	

Fuente: ERP –SAP, Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León –Dorian Salazar

Beneficios Tecnológicos

Se cambió la metodología de dosificación anterior que era volumétrica (medición de aditivos en probeta) a un sistema por masa (utilización de balanza para pesar los aditivos). También se presenta un proyecto de Dosificación Automática de aditivos que se indica en el anexo No. 6. Con este proyecto se pretende que una dosificación automática de los químicos y aditivos utilizados para realizar espuma, permitiendo la reducción de errores humanos y de esta forma disminuyendo la cantidad de productos no conformes.

Beneficios Ambientales

Para el cálculo ambiental se realiza la tabla No. 98 con el tipo de producto no conforme, su peso, y la cantidad de químicos utilizados para evaluar el impacto ambiental que han generado este producto no conforme y con el proyecto seis sigma se hubiera evitado.

Tabla No. 98 Beneficio Ambiental Reducción de Producto no Conforme 2012

CONSUMO DE QUÍMICOS EN LOS PRODUCTOS NO CONFORMES 2012					
Mes	Tipo de Bloque	Cantidad (und)	Cantidad de TDI	Cantidad de Polioli Convencional	Cantidad de Polioli Copolimérico
			(kg)	(kg)	(kg)
Enero	RECT. VISCOELASTICO 135X190	1	23	71	7
	CILINDRO BLANCO 180X202	1	32,9	50	14,3
Febrero	RECT. VISCOELASTICO 160X200	1	23	71	7
Marzo	CILINDRO BLANCO 180X200	1	32,9	50	14,3
	CILINDRO CELESTE 180X206	1	34,2	70,6	5,3
	RECTANGULAR GRIS 270X190	1	44	78	14
	RECTANGULAR VERDE LIMON 131X186	1	23,75	58	11
	RECTANGULAR VERDE LIMON 131X186	1	23,75	58	11
Abril	CILINDRO BLANCO 180X200	1	32,9	50	14,3
	RECTANGULAR CELESTE 123X178	1	22,5	23,5	40
Mayo	RECTANGULAR VERDE LIMON 131X186	1	23,75	58	11
	CILINDRO BLANCO 180X202	1	32,9	50	14,3
	CILINDRO BLANCO 180X202	1	32,9	50	14,3
	CILINDRO AMARILLO 180X202	2	62	94	26
	CILINDRO BLANCO 180X202	1	32,9	50	14,3
Junio	CILINDRO BLANCO 180X200	1	32,9	50	14,3
Julio	RECTANGULAR CELESTE 135X190	1	22,5	26,5	52
Agosto	Cilindro Blanco 180X200	1	32,9	50	14,3
	RECTANGULAR GRIS 318x190	1	50,9	90	16,5
	RECTANGULAR ROJO 123X178	1	21	36,7	8,8
	CILINDRO CELESTE 180X202	1	34,2	70,6	5,3
Septiembre		0	0	0	0
Octubre	RECT. VISCOELASTICO 135X190	1	23	71	7
TOTAL		23	694,75	1276,9	336,3

Fuente: ERP –SAP, Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León –Dorian Salazar

Se obtiene un desperdicio de químicos en el periodo Enero a Octubre 2012 de 694.8 kg de TDI, 1276.9 kg de Polioli Convencional y 336.3 kg de Polioli Copolimérico. Al compararlo con la cantidad de químicos por producto no conforme del mismo periodo de Enero a Octubre 2011 que se presenta en la tabla a continuación se observa el beneficio ambiental obtenido en menor cantidad de kg de químicos por el producto no conforme:

Tabla No. 99 Beneficio Ambiental Reducción de Producto no Conforme 2011

CONSUMO DE QUÍMICOS EN LOS PRODUCTOS NO CONFORMES 2011					
Mes	Tipo de Bloque	Cantidad (und)	Cantidad de	Cantidad de Poliul	Cantidad de Poliul
			TDI	Convencional	Copolimerico
			(kg)	(kg)	(kg)
Enero	CILINDRO CELESTE 180X206	1	34,2	70,6	5,3
	RECTANGULAR GRIS 270X190	1	44	78	14
Febrero	CILINDRO BLANCO DE 180X200	1	32,9	50	14,3
	RECTANGULAR BLANCO 270X190	1	33	36,3	11,5
Marzo	RECTANGULAR GRIS 270X190	1	44	78	14
	RECTANGULAR BLANCO 270X190	1	33	36,3	11,5
Abril	CILINDRO CELESTE 180X212	1	34,2	70,6	5,3
	CILINDRO BLANCO 160X180	1	26	39,5	11
Mayo	CILINDRO BLANCO 180X200	5	164,5	250	71,5
	CILINDRO CELESTE 180X202	2	68,4	70,6	10,6
Junio	RECTANGULAR VERDE LIMON 200X200	1	34,75	170	14
Julio	RECTANGULAR ROJO 123X178	1	21	36,7	8,8
	RECTANGULAR VERDE LIMON 160X200	1	27,5	67	13
	RECTANGULAR LILA 270X190	1	44,5	50	20
	CILINDRO BLANCO 180X202	1	32,9	50	14,3
Agosto	RECTANGULAR ROJO 270X190	1	33	36,3	11,5
	CILINDRO BLANCO 180X202	1	32,9	50	14,3
	CILINDRO AMARILLO 180X212	1	31	47	13
Septiembre	RECTANGULAR ROJO 123X178	1	21	36,7	8,8
	RECTANGULAR VERDE LIMON 156X196	1	27,5	67	13
	RECTANGULAR VERDE LIMON 160X200	1	27,5	67	13
	RECTANGULAR VERDE LIMON 156x196	1	27,5	67	13
Octubre	RECTANGULAR BLANCO 270X190	1	33	36,3	11,5
Noviembre	CILINDRO BLANCO 180X212	1	32,9	50	14,3
	CILINDRO AMARILLO 180X212	1	31	47	13
	RECTANGULAR AMARILLO 270X190	1	41	40	12
Diciembre	CILINDRO GRIS 215X180	1	40,5	106	9,5
	RECTANGULAR GRIS 318X190	1	50,9	90	16,5
	RECTANGULAR VERDE LIMON 131X186	1	23,75	58	11
TOTAL		28	907,2	1602,7	342,9

Fuente: ERP –SAP, Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León –Dorian Salazar

El beneficio ambiental obtenido comparando los periodos Enero - Octubre 2011 y Enero – Octubre 2012 es de: 212.45 Kg menos de TDI, 325.6 Kg menos de Poliul Convencional y 6.6 kg menos de Poliul Copolimerico, este es el ahorro económico y ambiental que se obtuvo comparando los dos periodos.

- **Beneficios obtenidos al Disminuir los Bloques Cilíndricos Laminados Tipo C**

Beneficios Económicos

En la tabla No. 100 a continuación se identifica los diferentes laminados defectuosos o tipo C, los mismos que se utilizan en colchones de la línea económica, además se presentan los costos de cada uno de estos bloques en el periodo de Enero a Octubre 2012.

Tabla No. 100 Costos Bloques Cilíndricos Laminados Tipo C 2012

Costos de Bloques cilíndricos laminados Tipo C 2012				
Mes	Laminados Tipo C	Costo usd/lamina	und defectuosas	Costo Total (usd)
ENERO	LAMINA CILINDRICA D 19 BLANCO 200X1	311,53	37	11526,61
	LAMINA CILINDRICA D 22 CELESTE 206X0	388,57	21	8159,97
	LAMINA CILINDRICA D 15 AMARILLO 210X1	304,6	12	3655,2
	LAMINA CILINDRICA D 27 GRIS 215X1	523,56	1	523,56
FEBRERO	LAMINA CILINDRICA D 19 BLANCO 200X1	311,53	29	9034,37
	LAMINA CILINDRICA D 22 CELESTE 206X0	388,57	16	6217,12
	LAMINA CILINDRICA D 15 AMARILLO 210X1	304,6	10	3046
	LAMINA CILINDRICA D 27 GRIS 215X1	523,56	1	523,56
MARZO	LAMINA CILINDRICA D 19 BLANCO 200X1	311,53	53	16511,09
	LAMINA CILINDRICA D 22 CELESTE 206X0	388,57	30	11657,1
	LAMINA CILINDRICA D 15 AMARILLO 210X1	304,6	17	5178,2
	LAMINA CILINDRICA D 27 GRIS 215X1	523,56	2	1047,12
ABRIL	LAMINA CILINDRICA D 19 BLANCO 200X1	311,53	81	25233,93
	LAMINA CILINDRICA D 22 CELESTE 206X0	388,57	45	17485,65
	LAMINA CILINDRICA D 15 AMARILLO 210X1	304,6	27	8224,2
	LAMINA CILINDRICA D 27 GRIS 215X1	523,56	3	1570,68
MAYO	LAMINA CILINDRICA D 19 BLANCO 200X1	311,53	86	26791,58
	LAMINA CILINDRICA D 22 CELESTE 206X0	388,57	50	19428,5
	LAMINA CILINDRICA D 15 AMARILLO 210X1	304,6	21	6396,6
	LAMINA CILINDRICA D 27 GRIS 215X1	523,56	4	2094,24
JUNIO	LAMINA CILINDRICA D 19 BLANCO 200X1	311,53	122	38006,66
	LAMINA CILINDRICA D 22 CELESTE 206X0	388,57	68	26422,76
	LAMINA CILINDRICA D 15 AMARILLO 210X1	304,6	40	12184
	LAMINA CILINDRICA D 27 GRIS 215X1	523,56	5	2617,8
JULIO	LAMINA CILINDRICA D 19 BLANCO 200X1	311,53	31	9657,43
	LAMINA CILINDRICA D 22 CELESTE 206X0	388,57	17	6605,69
	LAMINA CILINDRICA D 15 AMARILLO 210X1	304,6	10	3046
	LAMINA CILINDRICA D 27 GRIS 215X1	523,56	1	523,56
AGOSTO	LAMINA CILINDRICA D 19 BLANCO 200X1	311,53	19	5919,07
	LAMINA CILINDRICA D 22 CELESTE 206X0	388,57	11	4274,27
	LAMINA CILINDRICA D 15 AMARILLO 210X1	304,6	6	1827,6
	LAMINA CILINDRICA D 27 GRIS 215X1	523,56	1	523,56
SEPTIEMBRE	LAMINA CILINDRICA D 19 BLANCO 200X1	311,53	25	7788,25
	LAMINA CILINDRICA D 22 CELESTE 206X0	388,57	14	5439,98
	LAMINA CILINDRICA D 15 AMARILLO 210X1	304,6	8	2436,8
	LAMINA CILINDRICA D 27 GRIS 215X1	523,56	1	523,56
OCTUBRE	LAMINA CILINDRICA D 19 BLANCO 200X1	311,53	28	8722,84
	LAMINA CILINDRICA D 22 CELESTE 206X0	388,57	15	5828,55
	LAMINA CILINDRICA D 15 AMARILLO 210X1	304,6	9	2741,4
	LAMINA CILINDRICA D 27 GRIS 215X1	523,56	1	523,56
Total (usd) =				329918,62

Fuente: ERP –SAP, Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León –Dorian Salazar

En la tabla No. 101 se realiza un análisis del costo por producto tipo C generado de Enero a Junio antes de implementar el proyecto six sigma y el análisis del costo generado de Julio a Octubre, después de aplicar la metodología six sigma y realizar las mejoras al proceso respectivo.

Tabla No. 101 Beneficios Económicos al reducir los Cilíndricos Laminados Tipo C 2012

Nombre del Indicador	Beneficios Económicos	
	Antes de la metodología Six Sigma	Después de la metodología Six Sigma
	Enero a Junio	Julio a Octubre
Laminados Tipo C	781	432
Costos Laminado Tipo C	263536,5	66382,12
Bloques Promedio Tipo C (und/mes)	130	108
Costo Promedio mensual Laminado Tipo C (und/mes)	43923	16596
Ahorro Proyectado Mensual (usd/mes)	27327	
Ahorro Proyectado Anual (usd/año)	327926,64	

Fuente: ERP –SAP, Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León –Dorian Salazar

Como se observa en la tabla No. 101 existe una mejora económica importante y un beneficio proyectado anual de 327.926,64 usd.

Beneficios Tecnológicos

Se cambió la metodología de dosificación de aditivos, además se implementaron controles en la limpieza de los moldes de los bloques cilíndricos, se lleva registros de control de temperatura ambiental vs cantidad de aditivos, se cambiaron las formulaciones de los bloques de espuma cilíndricos, mejorando notoriamente la calidad de los laminados como se observó anteriormente.

Beneficios Ambientales

En cuanto a la mejora ambiental, esta se mide en la reducción de la cantidad de químicos utilizados al disminuir los bloques tipo C y en la tabla a continuación se mide este indicador.

El promedio de los bloques o laminados tipo C en el periodo Enero a Junio fueron de 130 unidades, y en el periodo de Julio a Octubre aplicando la metodología Six Sigma el promedio mensual se redujo a 108 un 17%

En la tabla No. 102 a continuación se indican el ahorro en químicos que se obtiene por la reducción en la cantidad de bloques cilíndricos laminados tipo C,

Tabla No. 102 Beneficios Ambientales al reducir los Cilíndricos Laminados Tipo C 2012

Nombre del Indicador	Beneficios Ambientales										
	Antes de la metodología Six Sigma							Después de la metodología Six Sigma			
	Enero a Junio							Julio a Octubre			
Bloques Promedio Tipo C (und/mes)	130							108			
Bloques Promedio Tipo C (und/mes)	781	FORMULAS			Cantidad de Químicos promedio mensual Utilizados (kg/mes)			Cantidad de Químicos promedio mensual Utilizados (kg/mes)			
		TDI	Poliol	P.Copol.							
	Und	(kg)	(kg)	(kg)	TDI	Poliol	P.Copol.	Und	TDI	Poliol	P.Copol.
LAMINA CILINDRICA D 19 BLANCO 200X1	406	31	48,5	13	2097,7	3281,8	879,7	225	1743,8	2728,1	731,3
LAMINA CILINDRICA D 22 CELESTE 206X0.8	226	34,2	70,6	5,3	1288,2	2659,3	199,6	125	1068,8	2206,3	165,6
LAMINA CILINDRICA D 15 AMARILLO 210X1	133	31	47	13	687,2	1041,8	288,2	73	565,8	857,8	237,3
LAMINA CILINDRICA D 27 GRIS 215X1	16	40,5	106	9,5	108,0	282,7	25,3	9	91,1	238,5	21,4
Ahorro de TDI (kg)								711,7			
Ahorro de Polioli Convencional (kg)								5540			
Ahorro de Polioli Copolimérico (kg)								237			

Fuente: ERP –SAP, Informe Gerencial Espuma de Poliuretano

Elaborado por: Merci León –Dorian Salazar

Como se observa en la tabla No. 102 existen mejoras ambientales significativas que nos ayudan a ser más eficientes en el proceso y reducir el impacto ambiental propio del proceso de elaboración de bloques de espuma de Poliuretano.

- **Beneficios obtenidos al reducir el desperdicio de Espuma de Poliuretano**

La reducción del desperdicio de espuma de Poliuretano es fundamental en el proceso ya que este indicador nos indica la eficiencia de todo el proceso productivo, para la reducción del desperdicio se tomaron acciones correctivas documentadas para la disminución de producto no conforme, reducción de los laminados tipo C, y la reducción de desperdicio o actividades en el proceso de elaboración de espuma de poliuretano y en el proceso de corte.

La disminución del desperdicio de espuma tiene impacto y beneficios importantes en el ahorro de costos en Chaide y Chaide, además de los beneficios económicos que se detallan a continuación:

Beneficios Económicos

El costo de desperdicio de espuma por kg está actualmente en 2 usd / kg, la tendencia de comportamiento del desperdicio es a la baja, en dónde se observó claramente que las acciones implementadas que se indicaron en capítulos anteriores fueron efectivas. En la tabla No. 103 se muestra el comportamiento del desperdicio durante el año y su variación en costos.

Tabla No. 103 Costo de Desperdicio de Espuma de Poliuretano 2012

COSTO DESPERDICIO DE ESPUMA AÑO 2012												
MES:	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	PROMEDIO	Total
Kg. De espuma producida:	263903	152522,80	335910,40	303228,90	264502,40	227331,20	237431,00	278419,50	254858,10	326670,30	264477,76	2644777,6
Kg de espuma Procesada	266790	160072,00	322279,00	302925,00	270183,00	229907,00	233873,00	272828,00	263452,20	316577,70	263888,69	2638886,9
kg. De desperdicio Generado:	31158	19164,00	38648,00	36574,00	33346,00	28510,00	27371,00	30829,00	29155,00	33315,00	30807,00	308070
% de desperdicio	11,68	11,97	11,99	12,07	12,34	12,40	11,70	11,30	11,07	10,52	11,86	11,68
Costo de Desperdicio	2,00										usd/kg	
Costo por Desperdicio (usd/mes)	62316	38328	77296	73148	66692	57020	54742	61658	58310	66630	61614	

Fuente: ERP –SAP, Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León –Dorian Salazar

En la tabla No. 103 se muestra el desperdicio generado en el año 2012, observamos que por las acciones correctivas implantadas el porcentaje de desperdicio ha ido disminuyendo así como su valor en dólares, en la tabla No. 104 a continuación se analiza los resultados económicos antes de implementar utilizar la metodología six sigma como herramienta de mejoramiento y después de utilizarla a partir del mes de Julio.

Tabla No. 104 Beneficios Económicos Desperdicio de Poliuretano

Nombre del Indicador	Beneficios Económicos	
	Antes de la Metodología Six Sigma	Después de la Metodología Six Sigma
	Enero a Junio	Julio a Octubre
Porcentaje Desperdicio (%)	12,08	11,15
Costo promedio del Desperdicio (usd/mes)	62466,67	60335
Ahorro Promedio Mensual (usd/mes)	2131,67	
Ahorro Proyectado Anual (usd/año)	25580,04	

Fuente: ERP –SAP, Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León –Dorian Salazar

Además del ahorro en el desperdicio de espuma se optimizó el consumo de plástico y vaselina que sirven de desmoldante, (retirar los bloques de espuma una vez terminado el proceso productivo) como se puede observar en la tabla a continuación:

Tabla No. 105 Consumo de Plástico por kg de Espuma Procesada

Nombre del Indicador (Consumo de Plástico de Alta Densidad)	Beneficios Económicos	
	Antes de la Metodología Six Sigma	Después de la Metodología Six Sigma
	Enero a Junio	Julio a Octubre
Kg de Espuma Procesada (kg)	266790	271682
Kg de Plástico Utilizado (kg)	7238,6	4141,1
Kg Plástico consumido / kg de espuma procesada	2,71%	1,52%
kg plástico consumido mensual (kg/mes)	1206,4	1035,3
Ahorro Promedio Mensual (kg)	171,2	
Costo kg de Plástico de Alta densidad (usd/kg)	2,4	
Ahorro Promedio Mensual (usd)	402,2	
Ahorro Proyectado Anual (usd/año)	4826,7	

Fuente: ERP –SAP, Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León –Dorian Salazar

Se observa en la tabla No. 105 un ahorro económico por consumo de plástico de 4827 usd/año, este plástico también genera un beneficio ambiental de 2,71% de kg de plástico consumido a 1.52% kg de plástico vs kg de espuma producida que corresponde a 171 kg de plástico al mes.

En cuanto al consumo de vaselina sólida y líquida existe un ahorro de consumo importante de 1.53% en el periodo Enero a Junio a 1.39 en el periodo de Julio a Octubre, este beneficio es económico y ambiental, ya que tanto el plástico y la vaselina utilizada como desmoldante sus residuos se envían a un gestor ambiental.

En la tabla No. 106 se muestra el ahorro económico y ambiental en el consumo de vaselina:

Tabla No. 106 Consumo de Vaselina por kg de Espuma Procesada

Nombre del Indicador (Consumo de Vaselina)	Beneficios Económicos	
	Antes de la Metodología Six Sigma	Después de la Metodología Six Sigma
	Enero a Junio	Julio a Octubre
Kg de Espuma Procesada (kg)	266790	271682
Kg de vaselina Utilizado (kg)	4080,56	3786
Kg Vaselina consumida / kg de espuma procesada	1,53%	1,39%
Ahorro Promedio Mensual (kg)	294,6	
Costo kg de vaselina (usd/kg)	2,6	
Ahorro Promedio Mensual (usd)	774,7	
Ahorro Proyectado Anual (usd/año)	9296,3	

Fuente: ERP –SAP, Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León –Dorian Salazar

Beneficios Tecnológicos:

Se implementaron acciones correctivas en la limpieza de moldes de formulación de espuma, arreglos de tapas de moldes (que sirven de guía), cambio de método de pesaje volumétrico a utilización de balanza para pesar, arreglo de moldes en dimensión para la reducción del desperdicio, cambio de formulación e índice de TDI de las formulaciones de los bloques cilíndricos, colocación adecuada de plástico en moldes y optimización en la utilización de vaselina en los moldes para la fabricación de espuma.

Beneficios Ambientales:

En la tabla No. 107 se muestra el beneficio ambiental obtenido al disminuir el desperdicio de espuma, prácticamente son 12790 kg de espuma al año, es decir con esto se optimizaría el consumo de químicos y el impacto ambiental propio del proceso.

Tabla No. 107 Consumo de Vaselina por kg de Espuma

Nombre del Indicador	Beneficios Ambiental	
	Antes de la Metodología Six Sigma	Después de la Metodología Six Sigma
	Enero a Junio	Julio a Octubre
Porcentaje Desperdicio (%)	12,08	11,15
kg desperdicio promedio mensual	31233,33	30167,5
Disminución desperdicio promedio mes (kg)	1065,83	
Disminución desperdicio promedio anual (kg)	12790,0	
Disminución de plástico Anual (kg)	2054,4	
Disminución de Vaselina Anual (kg)	3535,2	

Fuente: ERP –SAP, Informe Gerencial Espuma de Poliuretano
Elaborado por: Merci León –Dorian Salazar

- **Beneficios obtenidos al optimizar las formulaciones disminuyendo el índice de TDI**

Para esta actividad se modificaron los índices de TDI desde el mes de Septiembre reduciendo el mismo y mejorando las formulaciones controlando que el índice este en el intervalo de 105-130, esto se realizó con las formulaciones para los bloques de espuma de poliuretano cuyos valores de índices de TDI están sobre 130.

En la tabla No. 108 a continuación se observa el costo de cada uno de los bloques de espuma que tienen el índice sobre 130 y su costo individual antes de la aplicación de la metodología Six Sigma y luego cambiar las formulaciones para encontrar el índice ideal por formulación.

Tabla No. 108 Índice de TDI Fórmulas Bloques de Espuma Índice Sobre 130

INDICE DE TDI BLOQUES DE ESPUMA SOBRE 130 PERIODO ENERO A AGOSTO 2012																															
Materiales		DENSIDAD	POLYOL	TDI	SILICONA 2370	AMINA 33 LV	OCTOATO	METILENO	POLYOL COPOLIMÉRICO	SILICONA VISCOELÁSTICA 822RVS	AMINA VISCOELÁSTICA BDEA-TB	AGUA	ORTEGOL G	INDICE DE TDI	Σ POLI/LES	PPP POLIOL	PPP TDI	PPP SILICONA 2370	PPP AMINA 33 LV	PPP OCTOATO	PPP METILENO	PPP COPOLIMÉRICO	PPP SILICONA 822R	PPP AMINA BDEA	PPP AGUA	PPP ORTEGOL	No. Bloco Poliol	No. Bloco Copolimerico	Total No. Base	costo del bloque	
Costo de Químicos (usd/kg)		2,5	3	8,13	7,9	17,9	1,5	2,9	7,41	22,87	0,02	10,2																			
No. OH		56						28																							
BLOQUE ESPUMA	medida (cm)	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	usd	
BLOQUES CUADRADOS																															
BLOQUES CILINDRICOS																															
AMARILLO	270X190X110	15	40,00	41,00	0,00	0,070	0,090	0,800	12,0	0,575	0,00	2,50	0	1,41	52,00	77%	79%	0,00%	0,13%	0,17%	1,54%	23,08%	1,11%	0,00%	5,00%	0,00%	6,68%	1,00%	7,68%	265,4	
CELESTE	123x178x115	30	23,50	22,50	0,85	0,090	0,050	0,000	40,0	0,000	0,000	1,35	0	1,34	63,50	37%	35%	1,34%	0,14%	0,08%	0,00%	62,99%	0,00%	0,00%	2,13%	0,00%	3,21%	2,73%	5,95%	251,8	
CELESTE	135x190X110	30	23,50	26,50	0,96	0,103	0,050	0,000	52,0	0,000	0,00	1,52	0	1,40	75,50	31%	35%	1,27%	0,14%	0,07%	0,00%	68,87%	0,00%	0,00%	2,01%	0,00%	2,70%	2,99%	5,69%	299,9	
CELESTE	150x190X110	30	24,00	28,00	1,00	0,108	0,055	0,000	55,0	0,000	0,00	1,60	0	1,40	79,00	30%	35%	1,27%	0,14%	0,07%	0,00%	69,62%	0,00%	0,00%	2,03%	0,00%	2,64%	3,02%	5,66%	314,9	
VERDE	160X200X100	35	25,00	29,40	1,05	0,114	0,050	0,000	58,7	0,000	0,000	1,65	0	1,42	83,70	30%	35%	1,25%	0,14%	0,06%	0,00%	70,13%	0,00%	0,00%	1,97%	0,00%	2,59%	3,04%	5,64%	332,8	
BLANCO	270X190X111	13	33,00	36,30	0,00	0,075	0,105	1,200	11,5	0,000	0,000	2,54	0	1,30	44,50	74%	82%	0,00%	0,17%	0,24%	2,70%	25,84%	0,00%	0,00%	5,71%	0,00%	6,44%	1,12%	7,56%	229,0	
GRIS	270X190X106	22	78,00	44,00	1,00	0,070	0,118	0,000	14,0	0,000	0,030	2,80	0	1,28	92,00	85%	48%	1,09%	0,08%	0,13%	0,00%	15,22%	0,00%	0,03%	3,04%	0,00%	7,36%	0,66%	8,02%	379,1	

Fuente: Fórmulas de Espuma de Poliuretano Agosto 2012

Elaborado por: Dorian Salazar

Se realizaron ajustes a las formulaciones en los bloques de espuma disminuyendo el índice de TDI, optimizando las fórmulas de elaboración de Espuma de Poliuretano, además de mejorar la calidad del producto se bajaron los costos de fabricación, las fórmulas anteriores estaban con índices superiores a los recomendados por los proveedores de químicos 105-130, es importante mantener un índice entre 120 y 125 para mantener las características (densidad, dureza, compresión permanente) de calidad dentro de especificación. En la tabla No. 109 a continuación se indican los cambios al índice de TDI realizados desde el mes de Septiembre y la disminución de costos:

Tabla No. 109 Índice de TDI Fórmulas Bloques Rectangulares Luego de Six Sigma

INDICE DE TDI BLOQUES DE ESPUMA SOBRE 130 PERIODO SEPTIEMBRE OCTUBRE 2012																															
MATERIALES		DENSIDAD	POLYOL	TDI	SILICONA 2370	AMINA 33 LV	OCTOATO	METILENO	POLYOL COPOLIMÉRICO	SILICONA VISCOELÁSTICA 822RVS	AMINA VISCOELÁSTICA BDEA-TB	AGUA	ORTEGOL G	INDICE DE TDI	Σ POLI/LES	PPP POLIOL	PPP TDI	PPP SILICONA 2370	PPP AMINA 33 LV	PPP OCTOATO	PPP METILENO	PPP COPOLIMÉRICO	PPP SILICONA 822R	PPP AMINA BDEA	PPP AGUA	PPP ORTEGOL	No. Bloco Poliol	No. Bloco Copolimerico	Total No. Base	costo del bloque	
Costo de Químicos (usd/kg)		2,5	3	8,13	7,9	17,9	1,5	2,9	7,41	22,87	0,02	10,2																			
No. OH		56						28																							
BLOQUE ESPUMA	medida (cm)	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	usd	
BLOQUES CUADRADOS																															
BLOQUES CILINDRICOS																															
AMARILLO	270X190X110	15	41,00	36,00	0,00	0,070	0,090	0,800	14,0	0,575	0,00	2,55	0	1,25	55,00	75%	65%	0,00%	0,13%	0,16%	1,45%	25,45%	1,05%	0,00%	4,64%	0,00%	6,47%	1,10%	7,58%	258,8	
CELESTE	123x178x115	30	22,00	19,00	0,85	0,090	0,050	0,000	42,0	0,000	0,000	1,25	0	1,20	64,00	34%	30%	1,33%	0,14%	0,08%	0,00%	65,63%	0,00%	0,00%	1,95%	0,00%	2,98%	2,85%	5,83%	243,4	
CELESTE	135x190X110	30	22,50	23,00	0,96	0,103	0,050	0,000	54,0	0,000	0,00	1,50	0	1,22	76,50	29%	30%	1,25%	0,13%	0,07%	0,00%	70,59%	0,00%	0,00%	1,96%	0,00%	2,55%	3,06%	5,62%	292,8	
CELESTE	150x190X110	30	22,00	25,00	1,00	0,108	0,055	0,000	57,0	0,000	0,00	1,65	0	1,23	79,00	28%	32%	1,27%	0,14%	0,07%	0,00%	72,15%	0,00%	0,00%	2,09%	0,00%	2,42%	3,13%	5,55%	306,8	
VERDE	160X200X100	35	26,00	26,00	1,05	0,114	0,050	0,000	60,0	0,000	0,000	1,70	0	1,22	86,00	30%	30%	1,22%	0,13%	0,06%	0,00%	69,77%	0,00%	0,00%	1,98%	0,00%	2,62%	3,03%	5,65%	328,9	
BLANCO	270X190X111	13	33,00	32,00	0,00	0,075	0,105	1,200	13,0	0,000	0,000	2,50	0	1,16	46,00	72%	70%	0,00%	0,16%	0,23%	2,61%	28,26%	0,00%	0,00%	5,43%	0,00%	6,23%	1,23%	7,45%	220,6	
GRIS	270X190X106	22	77,00	40,00	1,00	0,070	0,118	0,000	16,0	0,000	0,030	2,75	0	1,18	93,00	83%	43%	1,08%	0,08%	0,13%	0,00%	17,20%	0,00%	0,03%	2,96%	0,00%	7,19%	0,75%	7,93%	370,5	

Fuente: Fórmulas de Espuma de Poliuretano Octubre 2012

Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

Beneficios Económicos:

Los beneficios económicos se presentan en la tabla No. 110 en dónde se muestra el análisis antes y después de implementado la metodología six sigma para el análisis del índice de TDI y los cambios en las formulaciones:

Tabla No. 110 Beneficio Económico Disminución Índice de TDI

Nombre del Indicador		Beneficios Económicos								
		Antes de la Metodología Six Sigma	Después de la Metodología Six Sigma				Ahorro Anual Proyectado			
		Enero a Agosto	Septiembre a Octubre				Enero a Octubre			
Fórmulas	Medidas (cm)	Costo (usd/bloque)	Costo (usd/bloque)	Ahorro (usd/bloque)	bloques producidos (und)	Ahorro Total (usd)	bloques producidos (und)	bloques Promedio (und/mes)	Ahorro Mensual (usd/mes)	Ahorro Anual (usd/año)
AMARILLO	270X190X110	265,4	258,82	6,59	127	837,057	583,0	56,3	371,0733	4453
CELESTE	123x178X115	251,8	243,42	8,36	92	788,844	470,0	47	392,779	4713
CELESTE	135x190X110	299,9	292,79	7,11	14	99,4756	75,0	7,5	53,2905	639
CELESTE	160x190X110	314,9	306,77	8,11	66	535,194	253,0	25,3	205,1577	2462
VERDE	160X200X100	332,8	328,91	3,86	8	30,848	18,0	1,8	6,9408	83
BLANCO	270X190X111	229,0	220,57	8,46	217	1836,4	1009,0	100,9	853,89652	10247
GRIS	270X190X106	379,1	370,52	8,60	745	6408	3068,0	306,8	2638,7868	31665
Total:						10516				54263

Fuente: ERP-SAP Informe Gerencial

Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

Existe un ahorro económico importante en los meses de Septiembre y Octubre 2012, se deben realizar un seguimiento del producto para seguir validado las formulaciones y luego estandarizar el proceso.

Beneficios Tecnológicos:

Los beneficios tecnológicos es la optimización de las formulaciones, se obtuvieron unas formulas más estables, disminuyendo la cantidad de defectos de bloques cilíndricos tipo C, espuma que cumplen con las características de calidad (dureza, densidad, compresión permanente)

Beneficios Ambientales:

Los beneficios Ambientales obtenidos por las acciones correctivas implementadas y el cambio de formulación para la optimización de fórmulas son la disminución de la cantidad de TDI, y Polioli Convencional dos químicos utilizados en la fabricación de espuma. En la tabla No. 111 a continuación se indica este beneficio en la reducción del impacto del proceso por la disminución de la utilización de estos químicos.

Tabla No. 111 Beneficio Ambiental Disminución Índice de TDI

Nombre del Indicador		Beneficios Ambientales						
		Antes de la Metodología Six Sigma		Después de la Metodología Six Sigma				
		Enero a Agosto		Septiembre a Octubre				
Fórmulas	Medidas (cm)	TDI (kg)	Poliol Convencional (kg)	TDI (kg)	Poliol Convencional (kg)	Bloques Producidos (und)	Disminución TDI (kg)	Disminución Poliol (kg)
AMARILLO	270X190X110	41,0	40,0	36,00	41,00	127	635	-127
CELESTE	123x178X115	22,5	23,5	19,00	22,00	92	322	138
CELESTE	135x190X110	26,5	23,5	23,00	22,50	14	49	14
CELESTE	150x190X110	28,0	24,0	25,00	22,00	66	198	132
VERDE	160X200X100	29,4	25,0	26,00	26,00	8	27,2	-8
BLANCO	270X190X111	36,3	33,0	32,00	33,00	217	933,1	0
GRIS	270X190X106	44,0	78,0	40,00	77,00	745	2980	745
Total:							1204	157

Fuente: ERP-SAP

Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

El beneficio ambiental obtenido en estos dos meses de prueba de formulación es la disminución de 12.5 Ton de TDI y 9.9 Ton de Polioli Convencional, se va a seguir realizando un seguimiento de esta información para estandarizar las formulaciones con un ahorro económico importante.

6.4 RESUMEN DE INDICADORES

En la tabla No. 112 se consolida los indicadores entregables del proyecto seis sigma y se compara antes y después de aplicar la metodología.

Tabla No. 112 Indicadores Entregables Consolidados del Proyecto Seis Sigma

Indicadores Entregables del Proyecto Seis Sigma					
Indicador	und	Meta	Antes de Six Sigma	Después de Six Sigma	Observaciones
			Enero a Junio	Julio a Octubre	
Calidad Seis Sigma					
Calidad Seis Sigma Bloques de Espuma	sigma	4,65	4,53	4,75	Valor sobre la meta en un 2,15%
Calidad Seis Sigma Bloques Cilindricos	sigma	3,5	3,15	3,58	Valor sobre la meta 2,85%
Satisfacción del Cliente					
Satisfacción Cliente Interno	%	90%		65%	Se empieza a medir en Septiembre 2012
Productividad					
Productividad bloques de Espuma	und/h	140	128	132	Bajo la meta 5,71%
Productividad Laminados de Espuma	und/h	130	131	130	Igual a la meta
Horas Extras	%	<15%	12,83%	9%	
Producto No Conforme					
Producto No Conforme Bloques de Espuma	%	0,10%	0,12%	0,06%	Bajo la meta 40%
Porcentaje Laminados Tipo C	%	< 5%	5,2%	1,90%	Bajo la meta 63%
Desperdicio					
Desperdicio de Espuma	%	< 11,75 %	12,08%	11,15%	Bajo la meta en un 5,1%

Fuente: Informe Gerencial Poliuretano

Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

Como se observa en la tabla No. 112 la metodología seis sigma como las herramientas de mejoramiento han sido efectivas y se observan los resultados de las mismas.

6.5 COSTO – BENEFICIO DEL PROYECTO SEIS SIGMA

A continuación en la tabla No. 113 se expresa el costo beneficio del proyecto seis sigma de cada uno de los indicadores entregables y la inversión realizada en equipos o actividades para el mejoramiento del proceso:

Tabla No. 113 Costo Beneficio Proyecto Seis Sigma

Costo Beneficio Proyecto Seis Sigma			
Beneficios		Inversión	
	USD/año		USD
Reducción Producto no Conforme			
Bloques de Espuma	4332	Compra de Balanza Dosificadora	6500
Laminados Tipo C	327926,64	Arreglo de Moldes (4 moldes)	1200
		Agitador y mejoramiento del reactor de formulación	5700
		Capacitación en Mejoramiento del Proceso	2000
		Dosificadora Automática de Aditivos de Espuma	50000
Disminución Desperdicio			
Desperdicio de Espuma	25580	Mejoramiento sistema de laminado (Perforado)	500
Disminución consumo plástico embalaje	4826,7	Capacitación en Mejoramiento del Proceso	300
Disminución consumo de Vaselina	9296	Capacitación en Mejoramiento del Proceso	200
Disminución del Índice de TDI (Cambio de Fórmulas)	54263	Ensayo de Dureza a EPN	1260
Productividad			
Identificación de Producto		Sistema de conteo de láminas y comunicación con el ERP-SAP	7500
Inversión (Costo Mejoramiento de Proceso de Espuma de Poliuretano) usd			75160
Ahorro Total del Proyecto Seis Sigma			426224,34
Tiempo de Recuperación de la Inversión			2,12 mes
			0,18 año

Fuente: ERP-SAP / Informe Gerencial Poliuretano

Elaborado por: Merci León-Dorian Salazar

Como se observa en la tabla No. 113 con este proyecto Six sigma existe un ahorro económico importante de 426.224,34 usd, una inversión de 75.160 usd, y el tiempo de recuperación de la inversión es de 0.2 años, prácticamente dos meses.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

Para el éxito del proyecto de mejora del Proceso de Elaboración de Espuma de Poliuretano utilizando la metodología Six Sigma es fundamental el respaldo y apoyo de la alta dirección sin esta apertura no se hubieran podido alcanzar los resultados obtenidos y los beneficios económicos alcanzados.

Al culminar el presente trabajo investigativo se presentan las siguientes conclusiones:

- En la fase de medición de datos se utilizaron algunas herramientas utilizadas por la metodología Six Sigma como histogramas para determinar la tendencia de los indicadores de producción, productividad, desperdicios y producto no conforme, la medición del sigma del proceso inicial del periodo de Enero a Junio fue de 4.53 y con un DPMO (Defectos por millón de oportunidades) de 134. Luego de aplicar la metodología de mejoramiento seis sigma la calidad Six Sigma se incrementa a 4.75 un 5 % más que el valor inicial y una reducción de Defectos por millón de oportunidades de 63.
- En la fase de Análisis se desarrolló la metodología y se midió la satisfacción del cliente interno en el mes de Septiembre 2012 de cada uno de los procesos clientes del proceso de elaboración de espuma de Poliuretano como son Proceso de Forros, Ensamblado, Planta Guayaquil y Muebles, los parámetros que se analizaron fueron Calidad (68%), Tiempo de Entrega (68%) y Servicio (58%), se estableció un objetivo inicial del 90% de satisfacción, se realizaron acciones correctivas y preventivas para mejorar este indicador que ya se están ejecutando como es el caso de la identificación y conteo automático de láminas mediante el desarrollo de la automatización de este proceso en el carrusel de Espuma. La frecuencia de medición del indicador de satisfacción del cliente se determinó una vez al año la próxima medición se realizará en el mes de Junio 2013.
- También en la etapa de análisis se utilizó el diagrama de Pareto para determinar la principal causa de productos defectuosos en el proceso de elaboración de bloques de espuma de Poliuretano que fueron 17 bloques no conformes, cuya causa principal es la adición de aditivos (amina, silicona, octoato de estaño y agua) que corresponden al 53%, seguido del 24% por problemas en la puerta del reactor, dosis menor de TDI 18%, y el 1 % que corresponden al químico caducado. Se realizó posteriormente un análisis de causa-efecto y

se tomaron acciones correctivas como fue el cambiar la metodología de dosificación volumétrica (por probetas) a la dosificación utilizando una balanza, al aplicar este cambio en el periodo de Julio a Octubre 2012 se elimina la causa de no conformes por dosificación errónea de aditivos, y los beneficios económicos obtenidos por año ascienden a 4332.02 usd.

Otro producto a analizar es la cantidad de laminados cilíndricos tipo C cuyo porcentaje en el periodo de Enero a Junio es del 5% con 781 unidades, se realizó un análisis de causa-efecto para determinar la causa principal de producción de productos defectuosos, que de igual forma es la dosificación errónea de aditivos que provoca problemas de fisura interna, huecos o altura fuera de especificación, se realizaron las acciones correctivas necesarias como el cambio de dosificación por peso en lugar de volumen, modificación de formulaciones (Diseño de Experimentos para la Altura de Laminados) y mejor.

7.2 RECOMENDACIONES

Para continuar mantener el mejoramiento del proceso de elaboración de espuma de Poliuretano se realizan las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda ubicar una cartelera en el área para comunicar visualmente los Indicadores del proceso productivo utilizando la Gerencia Visual como herramienta de comunicación gráfica, con el objetivo de mantener comunicación y dar un seguimiento a los indicadores claves del proceso y que el personal se familiarice con la metodología Six Sigma y las herramientas estadísticas.
- Para automatizar completamente el proceso de formulación de la espuma de poliuretano se presenta la propuesta de la dosificadora de aditivos de espuma mediante bombas de pistón de inyección para cada uno de los aditivos. Con esta innovación se podría eliminar los productos defectuosos por errores humanos y mejoría la productividad del proceso, además se eliminaría el contacto con los químicos peligrosos.
- Se necesita implementar una nueva forma de calcular la productividad por máquina en el proceso de elaboración de espuma de Poliuretano actualmente la productividad se calcula dividiendo la cantidad de producto producido para el número de personas. La propuesta es utilizar la herramienta OEE (Eficiencia General de los Equipos) que mide la Disponibilidad, Rendimiento y Calidad, con esta herramienta se puede llevar un mejor control de los paros por máquina, reducción de los tiempos muertos y una mejor comprensión de la capacidad real de cada máquina.

- Se recomienda además realizar el diseño de experimentos con los demás productos para realizar mejoras sustentadas estadísticamente y procesos estandarizados que nos ayuden a mantener un control del proceso.
- Aumentar las horas de capacitación técnica al personal con el manejo de equipos de mejoramiento autónomos con la utilización de las herramientas de calidad y la metodología Six Sigma.
- amiento de métodos de limpieza y colocación de plástico y vaselina. Al aplicar estas mejoras se reduce el porcentaje de productos defectuosos de 130 a 108 bloques tipo C/mes lo que nos deja un beneficio económico proyectado anual de 327926 USD.
- El desperdicio de espuma generado en el proceso de elaboración de espuma de poliuretano en el periodo de Enero a Junio es del 12.08 % la meta es llegar a un valor inferior a 11.75%, luego de aplicar las acciones correctivas para la disminución de bloques no conformes, disminución de altura de laminados, disminución de laminados tipo C y cambios y mejoras de las formulaciones aplicando las herramientas estadísticas y de calidad se obtiene una reducción del desperdicio a 11.15% un 8% que representa un beneficio económico de 25580 usd de ahorro.
- En la Fase de Mejora se realiza el Diseño de Experimentos de la variable altura de laminados en la lámina cilíndrica blanca cuyas variables de entrada son la cantidad de agua, la cantidad del catalizador octoato de estaño y la temperatura del molde. Luego de realizado el diseño de experimentos el tratamiento óptimo es A-1 (2.45 kg de agua), B+1 (22 °C temperatura del molde), C-1 (130 ml de octoato), que es con el cual se obtiene una altura menor, con una disminución del desperdicio y esta combinación de aditivos produce que el producto se encuentra dentro de las especificaciones (205.8 cm de altura).
- En resumen el proyecto Six sigma tiene una inversión de 75160 usd por la compra de balanza para cambio de sistema de dosificación por peso, Arreglo dimensional de moldes, mejoramiento del reactor de formulación, capacitación en el mejoramiento del proceso y diseño de dosificadora automática de aditivos. Luego de aplicar las acciones correctivas y mejoras en el proceso aplicando la metodología Six Sigma se tiene un ahorro de 426224.34 usd, un retorno de la inversión de 2.12 meses (0.18 años). Como se concluye la metodología six sigma con las herramientas estadísticas para el control y mejoramiento del proceso han sido efectivas y ya que se obtiene un ahorro económico importante y además del Beneficio ambiental obtenido por la disminución del consumo de químicos.

BIBLIOGRAFÍA

1. BUIST, J y GUDGEON. (1968). ***Advances in Polyurethane Technology***. New York: Maclaren and Sons Ltd.
2. DOLEY, D. (1971). ***The Development and Use of Polyurethane Products***. New York: McGraw Hill.
3. FEIGENEUM, V. (1986). ***Control total de calidad***. España: C.E.C.S.A, 2a. Edición.
4. GUTIÉRREZ, H. y DE LA VARA, R. (2003). ***Control Estadístico de la Calidad y Six Sigma***. México: McGraw Hill.
5. GUTIÉRREZ, H. y DE LA VARA, R. (2004). ***Análisis y Diseño de Experimentos***. México: McGraw Hill,.
6. KUME, H. (1992). ***Herramientas Estadísticas para el Mejoramiento de la Calidad***. Bogotá: Grupo Editorial Norma.
7. SCHLONS, H. (2002). ***Poliuretano flexivel uma visao técnica***. Degussa-Goldschmidt: Polyurethane Additives.
8. SOCCONINI, L. (2008). ***Lean Manufacturing paso a paso***. México: Editorial Norma.
9. TENNANT, G. (2001). ***SIX SIGMA Control estadístico del proceso y administración total de la calidad en manufactura y servicios***. México: Editorial Panorama.

ANEXOS

Anexo No. 1. Formato AMEF (Análisis de Causa y Fallos)

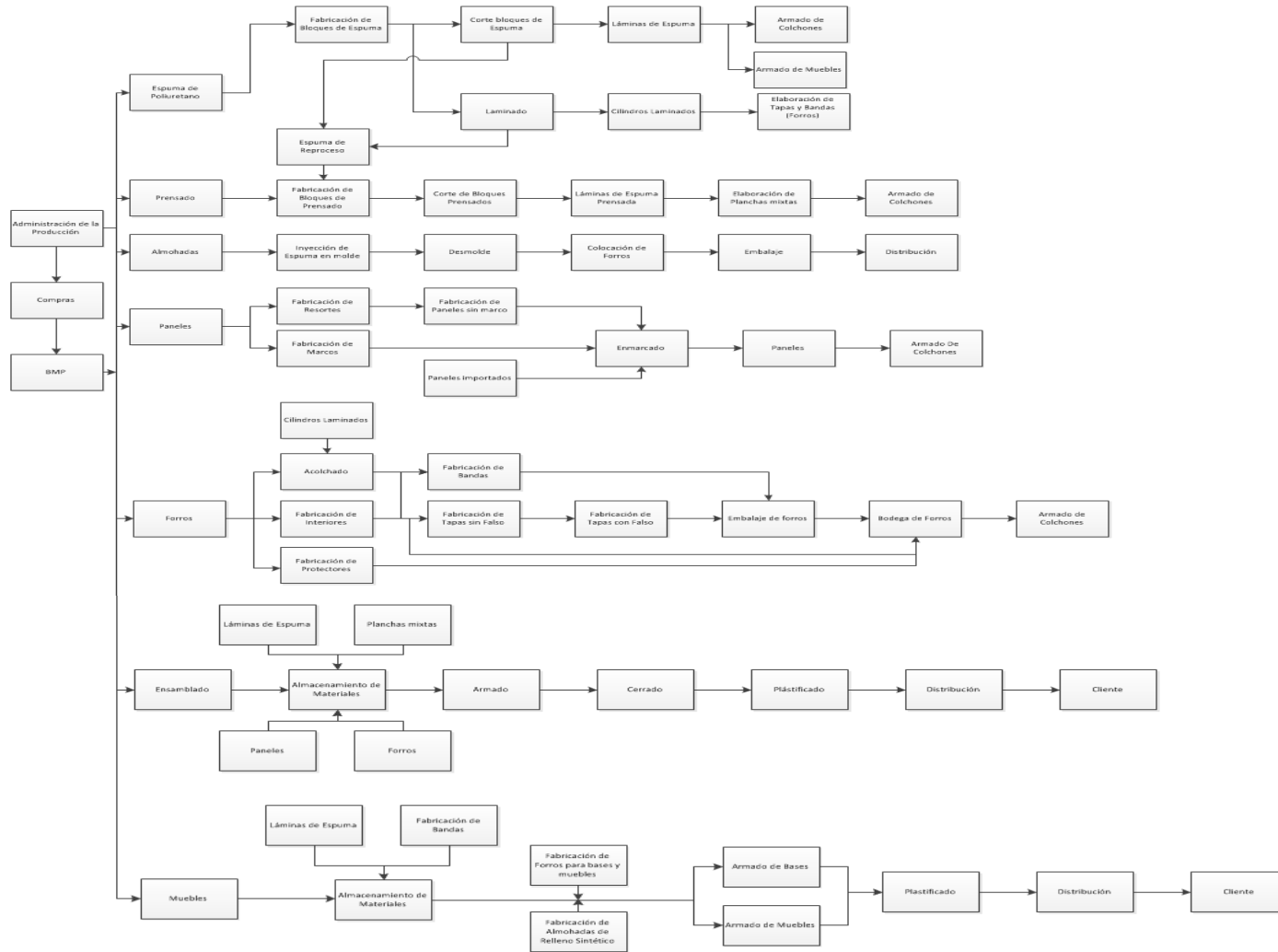
ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS		
		Página: _____ de _____
Número del Proyecto: _____	Proceso : _____	Producto Afectado : _____
Responsabilidad : _____	Lider del Proyecto: _____	Preparado Por : _____
Fecha Clave: _____	Fecha AMEF Original: _____	Última Revisión: _____

FUNCIÓN DEL PROCESO	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFECTOS DE FALLA POTENCIAL	SEVERIDAD	CÍRCULO	CAUSA MECANISMO DE LA FALLA POTENCIAL	OCURRENCIA	CONTROLES ACTUALES DEL PROCESO PARA DETECCIÓN	DETECCIÓN	Nº	ACCIONES RECOMENDADAS	RESPONSABILIDAD Y FECHA PROMETIDA	RESULTADO DE ACCIONES					
												ACCIONES TOMADAS	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN	Nº	
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22					


Anexo No. 2. Factores A2, D4, D3 Para Gráfica de Control por Variables

n	MEDIAS			DESVIACIONES TÍPICAS						RANGOS						
	A	A ₂	A ₃	C ₄	1/C ₄	B ₁	B ₃	B ₅	B ₆	d ₁	1/d ₁	d ₂	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
2	2.121	1.580	2.659	0.979	1.2533	0	3.267	0	2.606	1.128	0.88865	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.8662	1.1284	0	2.568	0	2.276	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.574
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	1.0854	0	2.266	0	2.088	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	1.0638	0	2.089	0	1.964	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.114
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	1.0510	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004
7	1.134	0.419	1.882	0.9594	1.04230	0.115	1.882	0.1113	1.806	2.704	0.3698	0.833	0.204	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	1.0363	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.3512	0.820	0.388	5.306	0.136	1.564
9	1.000	0.337	1.032	0.9693	1.0317	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.3367	0.808	0.547	5.393	0.184	1.516
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	1.0281	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	1.0252	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.3152	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	1.0229	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.3069	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	1.0210	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.2998	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	1.0194	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.2935	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	1.0180	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.2880	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	1.0168	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.2831	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.9845	1.0157	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.2787	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.738	0.9854	1.0148	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.2747	0.739	1.424	5.856	0.391	1.608
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	1.0140	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.2711	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	1.0133	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.2677	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	1.0126	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.2647	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	1.0119	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	1.0114	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	1.0109	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.9896	1.0105	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.2544	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541
Para n > 25 :									$B_3 = 1 - \frac{3}{C_4 \sqrt{2(n-1)}} ; B_4 = 1 + \frac{3}{C_4 \sqrt{2(n-1)}}$							
$A = \frac{3}{\sqrt{n}} ; A_3 = \frac{3}{C_4 \sqrt{n}} ; C_4 = \frac{4(n-1)}{4n-3}$									$B_5 = C_4 - \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}} ; B_4 = C_4 + \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}$							

Anexo No. 3. Proceso de producción de colchones y complementos de la empresa Chaide y Chaide



Anexo No. 4. Formato Encuesta de Satisfacción del cliente Interno

ANEXO NO. 4 ENCUESTA DE SATISFACCION DEL CLIENTE INTERNO	
 Chaide/Chaide <small>EL COLOCHÓN DE SUS SUEÑOS</small>	Nombre _____ Departamento Evaluado FORROS Fecha _____
Escala de Evaluación	
5. Muy Satisfactorio 4. Satisfactorio 3. Bueno	4. Regular 5. Malo

Calidad	1.	2.	3.	4.	5
1. Los laminados de Espuma entregados cumple con las dimensiones requeridas (altura)					
2. Los laminados de Espuma entregados cumple con las dimensiones requeridas (espesor)					
3. La calidad de los productos entregados es la Adecuada (Sin defectos, fisura, huecos,)					
4. Los laminados cumplen con los 3 días de curado					
5. Nuestros productos cubrieron sus expectativas en cuanto estética y formas					
6. La identificación del producto es la adecuada (Grado de Calidad, fecha curado, metraje)					
7. La consistencia de la espuma es la adecuada (densidad, dureza, elasticidad, consistencia, suavidad)					
8. La espuma posee olores sensorables (químico fuerte)					

Tiempo de Entrega	1.	2.	3.	4.	5
1. El tiempo de entrega de nuestros productos cubrió sus expectativas					
2. El tiempo en atender las devoluciones de nuestros productos (si existiesen) cubrió sus expectativas					
3. Se entregó los láminados de espuma de acuerdo al requerimiento (prioridades)					

Servicio	1.	2.	3.	4.	5
1. El servicio por parte de nuestros operadores de montacargas cubrió sus expectativas					
2. La atención de las consultas o dudas sobre nuestros productos fue la adecuada					
3. La cantidad solicitada de los laminados de espuma fue la que le entregaron					
4. Cree usted que el personal está capacitado y disponible para atenderle oportunamente sus requerimientos					

ASPECTOS POSITIVOS A DESTACAR:

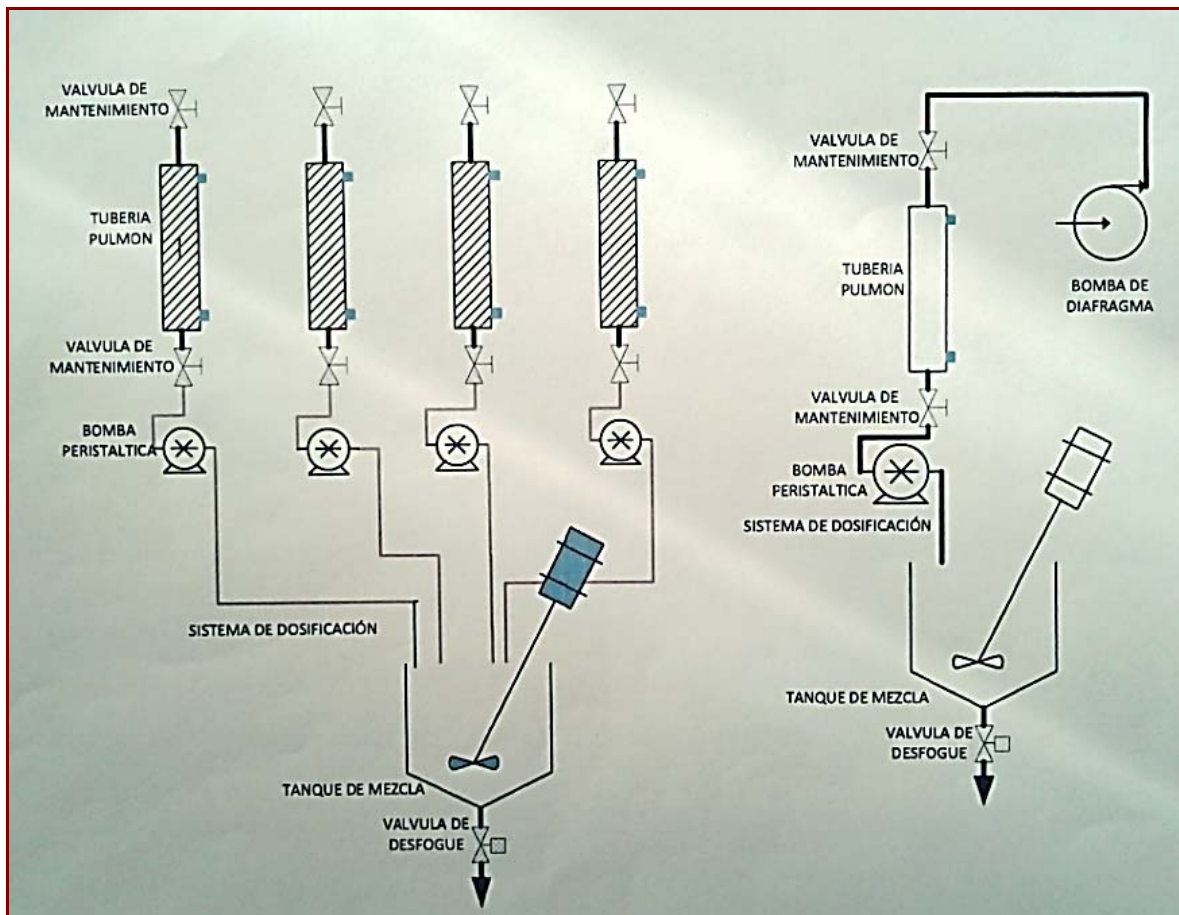
ASPECTOS A MEJORAR :

Anexo No. 5. Fórmulas Patrón Altura Laminados

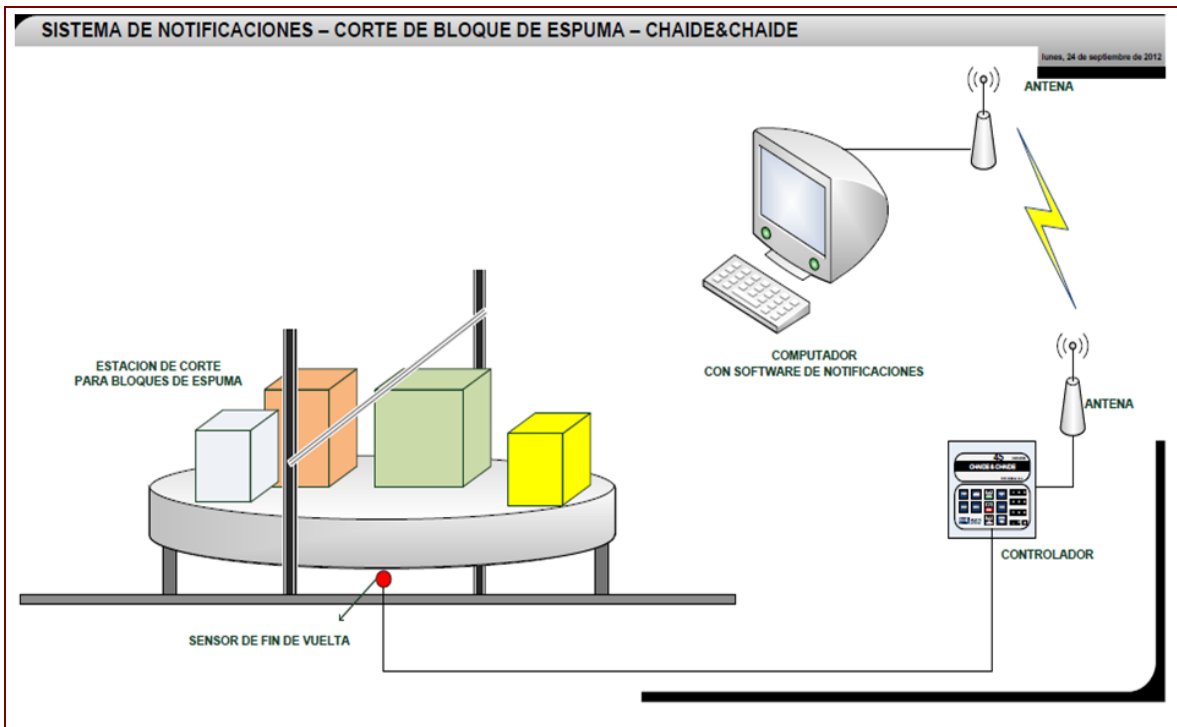
Fórmulas Patrón Laminados 2012

MATERIALES		DENSIDAD	POLYOL	T.D.I	SILICONA 2370	AMINA 33 LV	OCTOATO	METILENO	POLIOL COPOLIMERIC	SILICONA VISCOELASTICA 8228VS	AMINA VISCOELASTICA BDEA-10	AGUA	ORTEGOL G	INDICE DE TDI	Σ POLIOL	PPP POLIOL	PPP TDI	PPP SILICONA 2370	PPP AMINA 33 LV	PPP OCTOATO	PPP METILENO	PPP COPOLIMERIC	PPP SILICONA 8228	PPP AMINA BDEA	PPP AGUA	PPP ORTEGOL	No. Basco Poliol	No. Basco Copolimérico	Total No. Base	costo del bloque	
Costo de Químicos (usd/kg)			2,5	3	8,1	7,9	17,9	1,5	2,9	7,41	22,87	0,02	10,2																		
No. OH			56						28																						
BLOQUE ESPUMA	medida (cm)	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg		kg	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	usd	
BLOQUES CUADRADOS																															
BLOQUES CILINDRICOS																															
BLANCO	180x202	19	48,5	32		0,085	0,13		13,8	0,85		2,45		1,12	62,30	78%	51%	0,00%	0,14%	0,21%	0,00%	22,15%	1,36%	0,00%	3,93%	0,00%	6,76%	0,96%	7,72%	266,7	
CELESTE	180x212	22	67,00	37,00	1,10	0,120	0,140		11,0		0,014	2,58		1,18	78,00	86%	47%	1,41%	0,15%	0,18%	0,00%	14,10%	0,00%	0,02%	3,31%	0,00%	7,46%	0,61%	8,07%	323,1	
GRIS	180X215	27	109,00	41,60	1,68	0,230	0,178	0,500	10,7			2,84		1,11	119,70	91%	35%	1,40%	0,19%	0,15%	0,42%	8,94%	0,00%	0,00%	2,37%	0,00%	7,90%	0,39%	8,29%	447,7	
AMARILLO	180X212	15	47,00	30,60		0,075	0,132	0,800	13,0	0,850		2,30		1,14	60,00	78%	51%	0,00%	0,13%	0,22%	1,33%	21,67%	1,42%	0,00%	3,83%	0,00%	6,80%	0,94%	7,74%	257,6	


Anexo No. 6. Propuesta de Diseño Automatización de Dosificación de Aditivos de Espuma



Anexo No. 7. Conteo Automático de Laminas de Espuma y Notificación en ERP-SAP




Anexo No. 8. Formato Medición de Láminas de Espuma

		CONTROL DE CALIDAD - LÁMINAS DE ESPUMA DE POLIURETANO										RE-21								
PRENSADO <input type="checkbox"/>		MÁQUINA:.....		PRODUCTO:.....			INSPECCIONADO POR:.....			DATOS DEL:..... AL:..... MES:.....										
CARACTERÍSTICAS: Largo UNIDAD: cm Norma Nom..... Tamaño constante de la muestra n = 3 Min..... Máx..... Resultados Obtenidos		CARACTERÍSTICAS: Ancho UNIDAD: cm Norma Nom..... Tamaño constante de la muestra n Min..... Máx..... Resultados Obtenidos				CARACTERÍSTICAS: Espesor UNIDAD: cm Norma Nom..... Tamaño constante de la muestra n = 3 Min..... Máx..... Resultados Obtenidos														
FECHA	HORA	L1	L2	L1	L2	L1	L2	a1	a2	a1	a2	a1	a2	e1	e2	e1	e2	e1	e2	CAJON N°
OBSERVACIONES:																				
CORRECCIONES:																				
FECHA	HORA	L1	L2	L1	L2	L1	L2	a1	a2	a1	a2	a1	a2	e1	e2	e1	e2	e1	e2	CAJON N°
OBSERVACIONES:																				
CORRECCIONES:																				
FECHA	HORA	L1	L2	L1	L2	L1	L2	a1	a2	a1	a2	a1	a2	e1	e2	e1	e2	e1	e2	CAJON N°
OBSERVACIONES:																				
CORRECCIONES:																				
FECHA	HORA	L1	L2	L1	L2	L1	L2	a1	a2	a1	a2	a1	a2	e1	e2	e1	e2	e1	e2	CAJON N°
OBSERVACIONES:																				
CORRECCIONES:																				
FECHA	HORA	L1	L2	L1	L2	L1	L2	a1	a2	a1	a2	a1	a2	e1	e2	e1	e2	e1	e2	CAJON N°
OBSERVACIONES:																				
CORRECCIONES:																				
CORRECCIONES:																				

Revisado por:

Anexo No. 9. Determinación de la eficiencia por máquina. Metodología OEE (Eficiencia, Disponibilidad y Calidad)

	OEE EFICIENCIA PROCESO DE ELABORACIÓN DE BLOQUES E SPUMA DE POLIURETANO	FECHA: MÁQUINA:																																																																						
PLANIFICACIÓN																																																																								
Tiempo Disponible: 480 min Velocidad estándar: 0,333 bloques/min Capacidad Productiva: 180 Bloques/torno	100%	horas producción: 8																																																																						
DISPONIBILIDAD																																																																								
Tiempo Disponible: 380 min Producción Potencial: 120 und/torno																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Paros Programados</th> <th>(min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Refrigerio</td><td>15</td></tr> <tr><td>Almuerzo</td><td>30</td></tr> <tr><td>Paros Activos (Ejercicios)</td><td>10</td></tr> <tr><td>Paros Programados Producción</td><td></td></tr> <tr><td>Preparación del Equipo</td><td>10</td></tr> <tr><td>Inventario de Producto</td><td>15</td></tr> <tr><td>Reuniones</td><td>10</td></tr> <tr><td>Limpieza de sección</td><td></td></tr> <tr><td>Limpieza de sección</td><td></td></tr> <tr><td>Limpieza de moldes</td><td>10</td></tr> <tr><td>Cambio de Plástico de moldes</td><td>5</td></tr> <tr><td>Limpieza de Batidora</td><td>15</td></tr> <tr><td>Mantenimiento Preventivo</td><td></td></tr> <tr><td>Pruebas</td><td></td></tr> <tr><td>Tiempo Total Paros Programados:</td><td>120</td></tr> </tbody> </table>	Paros Programados	(min)	Refrigerio	15	Almuerzo	30	Paros Activos (Ejercicios)	10	Paros Programados Producción		Preparación del Equipo	10	Inventario de Producto	15	Reuniones	10	Limpieza de sección		Limpieza de sección		Limpieza de moldes	10	Cambio de Plástico de moldes	5	Limpieza de Batidora	15	Mantenimiento Preventivo		Pruebas		Tiempo Total Paros Programados:	120	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Paros NO Programados</th> <th>(min)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Falta Materia Prima (Químicos)</td><td></td></tr> <tr><td>Daño de tapas de moldes rectangulares y cilíndricos</td><td></td></tr> <tr><td>Rotura de bisagras de moldes</td><td></td></tr> <tr><td>Daño de bombas</td><td></td></tr> <tr><td>Cambio bandas</td><td></td></tr> <tr><td>Daño tubería de TDI</td><td></td></tr> <tr><td>Falta de aire</td><td></td></tr> <tr><td>Reparación y/o cambio motor</td><td></td></tr> <tr><td>Calibración y/o cambio variador (Limpieza)</td><td></td></tr> <tr><td>Daño micros / sensores / cables / pulsadores</td><td></td></tr> <tr><td>Falta de Energía</td><td></td></tr> <tr><td>Daños en la compuerta del agitador</td><td></td></tr> <tr><td>Daños en el sistema de Formulación automática</td><td></td></tr> <tr><td>Tiempo Total Paros NO Programados:</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	Paros NO Programados	(min)	Falta Materia Prima (Químicos)		Daño de tapas de moldes rectangulares y cilíndricos		Rotura de bisagras de moldes		Daño de bombas		Cambio bandas		Daño tubería de TDI		Falta de aire		Reparación y/o cambio motor		Calibración y/o cambio variador (Limpieza)		Daño micros / sensores / cables / pulsadores		Falta de Energía		Daños en la compuerta del agitador		Daños en el sistema de Formulación automática		Tiempo Total Paros NO Programados:	0	<table border="1" style="margin: 0 auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #f4a460;">OEE</td> <td style="background-color: #f4a460;">63%</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #90c090;">Disponibilidad:</td> <td style="background-color: #90c090;">78%</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #66b3ff;">Eficiencia:</td> <td style="background-color: #66b3ff;">86%</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #ff6666;">Calidad:</td> <td style="background-color: #ff6666;">86%</td> </tr> </table>	OEE	63%	Disponibilidad:	78%	Eficiencia:	86%	Calidad:	86%
Paros Programados	(min)																																																																							
Refrigerio	15																																																																							
Almuerzo	30																																																																							
Paros Activos (Ejercicios)	10																																																																							
Paros Programados Producción																																																																								
Preparación del Equipo	10																																																																							
Inventario de Producto	15																																																																							
Reuniones	10																																																																							
Limpieza de sección																																																																								
Limpieza de sección																																																																								
Limpieza de moldes	10																																																																							
Cambio de Plástico de moldes	5																																																																							
Limpieza de Batidora	15																																																																							
Mantenimiento Preventivo																																																																								
Pruebas																																																																								
Tiempo Total Paros Programados:	120																																																																							
Paros NO Programados	(min)																																																																							
Falta Materia Prima (Químicos)																																																																								
Daño de tapas de moldes rectangulares y cilíndricos																																																																								
Rotura de bisagras de moldes																																																																								
Daño de bombas																																																																								
Cambio bandas																																																																								
Daño tubería de TDI																																																																								
Falta de aire																																																																								
Reparación y/o cambio motor																																																																								
Calibración y/o cambio variador (Limpieza)																																																																								
Daño micros / sensores / cables / pulsadores																																																																								
Falta de Energía																																																																								
Daños en la compuerta del agitador																																																																								
Daños en el sistema de Formulación automática																																																																								
Tiempo Total Paros NO Programados:	0																																																																							
OEE	63%																																																																							
Disponibilidad:	78%																																																																							
Eficiencia:	86%																																																																							
Calidad:	86%																																																																							
EFICIENCIA																																																																								
Unidades Real Producidas: 102 und Tiempo Real de Producción: 380 min Velocidad Estándar Real: 0,2684 bloques/min																																																																								
CALIDAD																																																																								
Unidades Producidas: 102 und Producto Defectuoso: 2 und Unidades Conformes: 100 und																																																																								

Anexo No. 10. Check List Entrega - Recepción de Laminas de Espuma

CHAIDE Y CHAIDE S.A
EL COLCHON DE SU SUEÑOS

RG-04

CHEK LIST ENTREGA-RECEPCION DE LAMINAS

QUITO, 22 de octubre de 2012

Bodega Origen: MPQ01 - ESPUMA
Bodega Destino: PPQT5 - ARMADO TAPICERIA

DOC. REF.

		Cantidad de Laminas a Entregar					
		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	TOTAL
		und	und	und	und	und	und
SOF A MURANO							
Espuma roja	080x018x003				20,00		20,00
Espuma roja	055x018x003				20,00		20,00
Espuma roja	077x055x003				20,00		20,00
Espuma roja	077x050x003				20,00		20,00
Espuma roja	190x050x003				10,00		10,00
Espuma roja	068x040x010				20,00		20,00
Espuma roja	138x065x006				10,00		10,00
Espuma roja	136x063x014				10,00		10,00
Espuma roja	068x063x014				20,00		20,00

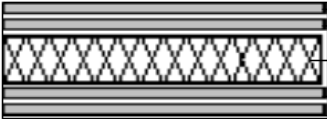
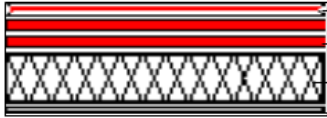
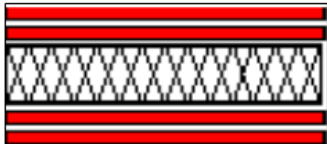

		Cantidad de Laminas a Entregar					
		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	TOTAL
		und	und	und	und	und	und
SOF A MONACO							
Espuma Roja	046X190X004						
Espuma Roja	045X007X007						
Espuma Blanca	074X228X005						
Espuma Blanca	082X228X005						
Espuma Blanca	050X020X008						

		Cantidad de Laminas a Entregar					
		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	TOTAL
		und	und	und	und	und	und
SOF A CHAIDE 080							
Espuma verde	180x053x013		10,00				10,00
Espuma verde	180x033x013		10,00				10,00
Espuma roja	041x068x003		20,00				20,00
Espuma roja	041x014x003		40,00				40,00
Espuma roja	075x014x003		20,00				20,00
Espuma blanca	041x068x001		20,00				20,00

Despachado Por:

Recibido Por:

Anexo No. 11. Receta Gráfica Láminas de Espuma de Poliuretano

IMPERIAL NORMAL		Densidad	Espesor	Nominal (m)				
		(Kg/m ³)	(cm)	90.0 x 1.90	1,05 X 1,90	1,35 X 1,90	1,60 X 2.00	2.00 X 2.00
	→ 2 Espumas Gris	$\bar{\delta} = 22$	1,8	0,88 X 1,88	1,03 X 1,88	1,33 X 1,88	1,58 X 1,98	1,98 X 1,98
	→ Panel de Resortes							
	→ 2 Espumas Gris	$\bar{\delta} = 22$	1,8	0,88 X 1,88	1,03 X 1,88	1,33 X 1,88	1,58 X 1,98	1,98 X 1,98
IMPERIAL NON FLIP		Densidad	Espesor	Nominal (m)				
		(Kg/m ³)	(cm)	0,90 x 1,90	1,05 X 1,90	1,35 X 1,90	1,60 X 2.00	2.00 X 2.00
	→ Espuma Roja	$\bar{\delta} = 24$	2,2	0,78 X 1,78	0,93 X 1,78	1,23 X 1,78	1,48 X 1,88	1,88 X 1,88
	→ 2 Espumas Rojas	$\bar{\delta} = 24$	2,2	0,88 X 1,88	1,03 X 1,88	1,33 X 1,88	1,58 X 1,98	1,98 X 1,98
	→ Panel de Resortes							
	→ Lamina Recuperada	$\bar{\delta} = 19 \text{ o } 22$	1,0	1,05 X 1,95	1,15 X 1,95	1,45 X 1,95	1,75 X 2,05	2,15 X 2,05
CONTINENTAL LUJO NORMAL		Densidad	Espesor	Nominal (m)				
		(Kg/m ³)	(cm)	90.0 x 1.90	1,05 X 1,90	1,35 X 1,90	1,60 X 2.00	2.00 X 2.00
	→ 2 Espumas Rojas	$\bar{\delta} = 24$	2,2	0,88 X 1,88	1,03 X 1,88	1,33 X 1,88	1,58 X 1,98	1,98 X 1,98
	→ Panel de Resortes							
	→ 2 Espumas Rojas	$\bar{\delta} = 24$	2,2	0,88 X 1,88	1,03 X 1,88	1,33 X 1,88	1,58 X 1,98	1,98 X 1,98
CONTINENTAL DE LUJO NON FLIP		Densidad	Espesor	Nominal (m)				
		(Kg/m ³)	(cm)	0,90 x 1,90	1,05 X 1,90	1,35 X 1,90	1,60 X 2.00	2.00 X 2.00
	→ Espuma Verde Limón	$\bar{\delta} = 30$	3,0	0,86 X 1,86	1,01 X 1,86	1,31 X 1,86	1,56 X 1,96	1,96 X 1,96
	→ 2 Espumas Naranjas	$\bar{\delta} = 30$	1,8	0,88 X 1,88	1,03 X 1,88	1,33 X 1,88	1,58 X 1,98	1,98 X 1,98
	→ Panel de Resortes							
	→ Lamina Recuperada	$\bar{\delta} = 19 \text{ o } 22$	1,0	1,05 X 1,95	1,15 X 1,95	1,45 X 1,95	1,75 X 2,05	2,15 X 2,05

Anexo No. 12. Stock Máximo y Mínimo de Bloques de Espuma

BLOQUES DE ESPUMA	Producción Período (und)	Producción Mensual Promedio (und)	Producción Diaria (Promedio) und	Producción Diaria (Producción Min) und	Stock Seguridad (Producción Diaria) und			Stock Seguridad (Stock por Producto)								
					Desviación Estandar	Z Tabla Distr. Normal	Producción Diaria (Producción Max) und	Stock Min	Stock Medio	Stock Max	Días de Stock Min	Días Stock Max Medio	Días Stock Max	Desviación Estandar	Z Tabla Distr. Normal	Stock Max Mensual/Bloque
RECTANGULAR D 13 BLANCO 270X190	2013,2	167,8	7,6	2,9	26	42,60	3,6	3,0	15,7	27,1	1,2	2,1	3,6	4,79	7,30	23,56
RECTANGULAR D 15 AMARILLO 270X190	1119,4	93,3	4,2	2,0	12	20,24	5,2	6,0	10,9	16,0	1,4	2,6	3,8	2,99	4,93	15,78
RECTANGULAR D 17 LILA 270X190	139,8	11,7	0,5	0,0	19	31,19	1,9	0,0	3,5	10,0	0,0	6,7	18,9	2,76	4,95	8,10
RECTANGULAR D 22 GRIS 270X190	5538,1	461,5	21,0	7,0	69	114,01	26,2	22,0	36,1	57,0	1,0	1,7	2,7	8,94	14,75	50,81
RECTANGULAR D 22 GRIS 318X190	1839,1	153,3	7,0	2,4	25	41,96	8,9	6,0	17,2	26,0	0,9	2,5	3,7	4,52	7,46	24,66
RECTANGULAR D 23 VERDE 210X200	432,0	36,0	1,6	0,2	9	15,22	2,3	0,5	6,4	12,0	0,3	3,9	7,3	2,88	4,75	11,16
RECTANGULAR D 24 ROJO 123X178	733,1	61,1	2,8	0,3	17	27,29	4,0	4,0	7,6	16,0	1,4	2,8	5,8	2,86	4,72	12,37
RECTANGULAR D 24 ROJO 270X190	1857,4	154,8	7,0	2,7	25	41,49	8,9	7,0	17,2	28,1	1,0	2,4	4,0	6,06	9,98	27,14
RECTANGULAR D 24 ROJO 318X190	289,5	24,1	1,1	0,2	6	10,24	1,6	2,0	3,5	5,5	1,8	3,1	5,0	1,20	1,98	5,43
RECTANGULAR D 24 ROJO 320X200	650,7	54,2	2,5	0,7	11	18,94	3,3	4,0	8,3	14,0	1,6	3,4	5,7	2,85	4,71	12,98
RECTANGULAR D 30 BLANCO 135X190	40,8	3,4	0,2	0,0	1	1,52	0,2	0,0	1,4	2,0	0,0	3,2	13,0	0,52	0,85	2,27
RECTANGULAR D 30 BLANCO 160X200	69,4	5,8	0,3	0,0	2	2,85	0,4	0,0	1,4	4,0	0,0	5,3	15,2	1,03	1,69	3,09
RECTANGULAR D 30 BLANCO 200X200	6,5	0,5	0,0	0,0	0	0,81	0,1	0,0	0,9	1,0	0,0	34,7	40,7	0,41	0,67	1,53
RECTANGULAR D 30 CELESTE 123X178	1189,4	99,1	4,5	1,1	27	44,95	6,5	7,2	15,2	25,0	1,6	3,4	5,5	5,20	8,98	23,78
RECTANGULAR D 30 CELESTE 135X190	139,6	11,6	0,5	0,2	3	4,27	0,7	1,0	2,5	4,0	1,9	4,8	7,6	0,86	1,43	3,95
RECTANGULAR D 30 CELESTE 150X190	413,8	34,5	1,6	0,5	7	11,53	2,1	2,0	6,0	16,0	1,3	3,9	10,2	3,14	5,18	11,22
RECTANGULAR D 30 NARANJA 131X186	554,3	46,2	2,1	0,8	7	12,23	2,7	1,6	4,6	8,0	0,7	2,2	3,8	1,81	2,98	7,96
RECTANGULAR D 30 NARANJA 135X190	202,6	16,9	0,8	0,3	4	7,15	1,1	3,0	4,3	7,0	3,9	5,6	9,1	1,11	1,84	6,12
RECTANGULAR D 30 NARANJA 156X196	106,3	8,9	0,4	0,1	2	2,77	0,5	0,0	2,2	4,0	0,0	5,6	9,9	1,01	1,66	3,91
RECTANGULAR D 30 NARANJA 160X200	177,8	14,8	0,7	0,1	4	7,39	1,0	2,0	4,0	6,0	3,0	5,9	8,9	1,13	1,86	5,82
RECTANGULAR D 30 NARANJA 200X200	95,1	7,9	0,4	0,0	2	4,03	0,5	1,0	2,5	4,0	2,8	6,8	11,1	0,84	1,38	3,85
RECTANGULAR D 30 Y LIMON 131X186	1713,5	142,8	6,5	1,9	22	35,96	8,1	8,0	12,5	23,0	1,2	1,9	3,5	3,65	6,03	18,58
RECTANGULAR D 30 Y LIMON 135X190	2647,6	220,6	10,0	3,3	35	57,75	12,7	17,0	25,0	34,0	1,7	2,5	3,4	4,66	7,69	32,68
RECTANGULAR D 30 Y LIMON 156X196	851,2	70,9	3,2	1,0	13	21,27	4,2	1,0	7,4	12,0	0,3	2,3	3,7	3,07	5,07	12,50
RECTANGULAR D 30 Y LIMON 160X200	1040,0	86,7	3,9	1,6	14	22,96	5,0	3,0	8,5	14,0	0,8	2,1	3,6	3,00	4,95	13,40
RECTANGULAR D 30 Y LIMON 200X200	642,3	53,5	2,4	0,9	11	18,25	3,3	3,0	5,9	10,0	1,2	2,4	4,1	2,03	3,36	9,30
RECTANGULAR D 33 ALTA RES 135X190	34,4	2,9	0,1	0,0	1	1,74	0,2	0,0	1,6	3,0	0,0	12,1	23,0	0,69	1,14	2,71
RECTANGULAR D 33 ALTA RES 160X200	128,2	10,7	0,5	0,1	3	4,22	0,7	1,0	2,7	5,0	2,1	5,5	10,3	1,03	1,70	4,40
RECTANGULAR D 33 CAFE 135X190	96,1	8,0	0,4	0,1	2	3,80	0,5	0,9	1,8	3,0	2,5	5,1	8,2	0,71	1,18	3,01
RECTANGULAR D 33 CAFE 160X200	128,0	10,7	0,5	0,1	2	3,82	0,7	0,0	1,8	3,0	0,0	3,7	6,2	0,88	1,45	3,24
RECTANGULAR D 33 CAFE 200X200	79,8	6,7	0,3	0,0	2	3,13	0,4	1,0	1,7	3,1	3,3	5,8	10,1	0,74	1,22	2,97
RECTANGULAR D 50 VISCOELA 135X190	140,9	11,7	0,5	0,2	3	4,80	0,8	0,0	2,8	5,0	0,0	5,3	9,4	1,27	2,09	4,92
RECTANGULAR D 50 VISCOELA 160X200	216,8	18,1	0,8	0,2	5	8,09	1,2	0,0	4,0	6,0	0,0	4,9	7,3	1,32	2,18	6,19
RECTANGULAR D 50 VISCOELA 200X200	132,3	11,0	0,5	0,0	4	5,82	0,8	0,0	3,5	6,0	0,0	7,0	12,0	1,30	2,14	5,66
CILINDRICO D 15 AMARILLO 180X210	4048,8	337,4	15,3	6,0	41	67,86	18,4	20,0	31,5	48,0	1,3	2,1	3,1	6,63	10,94	42,39
CILINDRICO D 19 BLANCO 180X160	156,0	13,0	0,6	0,0	5	7,83	0,9	2,0	6,7	12,0	3,4	11,3	20,3	3,01	4,96	11,64
CILINDRICO D 19 BLANCO 180X200	11554,9	962,9	43,8	13,1	137	226,29	54,1	64,0	80,3	116,0	1,5	1,8	2,7	13,39	22,09	102,37
CILINDRICO D 22 CELESTE 180X206	4646,8	387,2	17,6	5,6	52	85,99	21,5	36,0	47,7	54,0	2,0	2,7	3,1	5,85	9,66	57,98
CILINDRICO D 22 CELESTE 180X210	2403,6	200,3	9,1	3,6	33	55,26	11,6	14,0	24,7	35,0	1,5	2,7	3,8	6,40	10,55	35,26
CILINDRICO D 27 GRIS 180X215	343,0	29,1	1,3	0,4	6	9,66	1,8	6,0	8,2	11,0	4,5	6,2	8,3	1,57	2,59	10,75
48618,299	48618,299	4051,5	184,2	59,7			234,4	255,2	449,6	635,7	53,3	205,8	341,7			644,4

Anexo No. 13. Stock Máximo y Mínimo de Láminas de Espuma Tapicería

Código SAP	LAMINAS DE ESPUMA	Producción Anual (und)	Producción Mensual	Producción Diaria (und)	Stock Min	Stock Medio	Stock Max	Días de Stock Min	Días Stock Max Medio	Días Stock Max	Desviación Estandar	Z Tabla Distr. Normal	Stock Max Mensual/ Bloque
30000213	LAMINA D 24 ROJO 123X178 2.2	21628,0	1802,3	81,9	29,0	142,1	311,0	0,4	1,7	3,8	80,81	133,33	275,41
30000224	LAMINA D 24 ROJO 93X178 2.2	7091,0	590,9	26,9	18,0	77,4	139,0	0,7	2,9	5,2	35,61	58,76	136,18
30000217	LAMINA D 24 ROJO 150X200 2.2	2500,0	208,3	9,5	24,0	78,5	152,0	2,5	8,3	16,1	42,96	70,88	149,38
30000212	LAMINA D 24 ROJO 120X190 2.2	2395,0	199,6	9,1	23,0	93,0	225,0	2,5	10,3	24,8	54,30	89,60	182,60
30002141	LAMINA D 23 VERDE 106x081x020	1054,0	87,8	4,0	4,0	19,2	41,0	1,0	4,8	10,3	10,67	17,60	36,77
30002140	LAMINA D 23 VERDE CABEZAL 026x070	635,0	52,9	2,4	2,0	14,7	31,0	0,8	6,1	12,9	7,83	12,92	27,59
30002136	LAMINA D 23 VERDE 185x053 013	415,0	34,6	1,6	0,0	5,8	16,0	0,0	3,7	10,2	5,10	8,42	14,17
30002137	LAMINA D 23 VERDE 185x033x013	410,0	34,2	1,6	0,0	5,8	16,0	0,0	3,7	10,3	5,10	8,42	14,17
30002121	LAMINA D 24 ROJO 093x018x003	162,0	13,5	0,6	1,0	12,2	24,0	1,6	19,8	39,1	6,95	11,47	23,64
30002120	LAMINA D 24 ROJO 093x030x003	157,0	13,1	0,6	0,0	11,2	20,0	0,0	18,8	33,6	6,86	11,32	22,49
30002119	LAMINA D 24 ROJO 093x055x003	144,0	12,0	0,5	0,0	10,1	18,0	0,0	18,5	33,0	5,20	8,57	18,66
30002117	LAMINA D 24 ROJO 074x060x017	141,0	11,8	0,5	0,0	8,3	17,0	0,0	15,4	31,8	5,82	9,60	17,85
30000214	LAMINA D 24 ROJO 135X190 1.8	137,0	11,4	0,5	40,0	100,2	134,0	77,1	193,0	258,2	34,08	56,23	156,39
30002118	LAMINA D 24 ROJO 074x040x010	125,0	10,4	0,5	0,0	9,6	18,0	0,0	20,2	38,0	5,71	9,43	19,01
TOTAL	36994	36994	3082,8	140,1	480,0	587,8	828,0	3,4	4,2	5,9	98,79	163,00	750,75

Anexo No. 15. Calibración de Probetas



VERIFICACION DE APARATOS VOLUMÉTRICOS

RCE-01

Fecha: octubre-12

Marca: LMS (VIDRIO)

Capacidad: 10 ml

División de escala: 0.2 ml

Código: PATRON 100 ml

Código ES-PB-06 UIO

CONDICIONES:

Temperatura del agua Destilada : 20. °C.

Densidad del agua. 0.9982 g/cm³

Densidad Agua:

0,9982 g/cm³

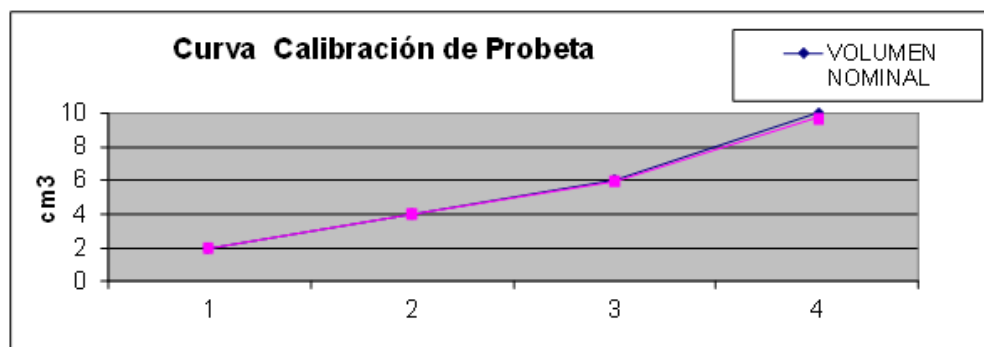
Probeta 10 ml

ES-PB-06 UIO

VOLUMEN NOMINAL (cm ³).	PESO MEDIDO (g).	VOLUMEN CALCULADO (cm ³).	ERROR (cm ³).	TOLERANCIA +/- cm ³	RESULTADO
2	1,99	1,99	0,01	0,2	CUMPLE
4	3,98	3,99	0,01	0,4	CUMPLE
6	5,89	5,90	0,10	0,5	CUMPLE
10	9,68	9,70	0,30	0,6	CUMPLE

Curva de calibración de probeta:

100 ml

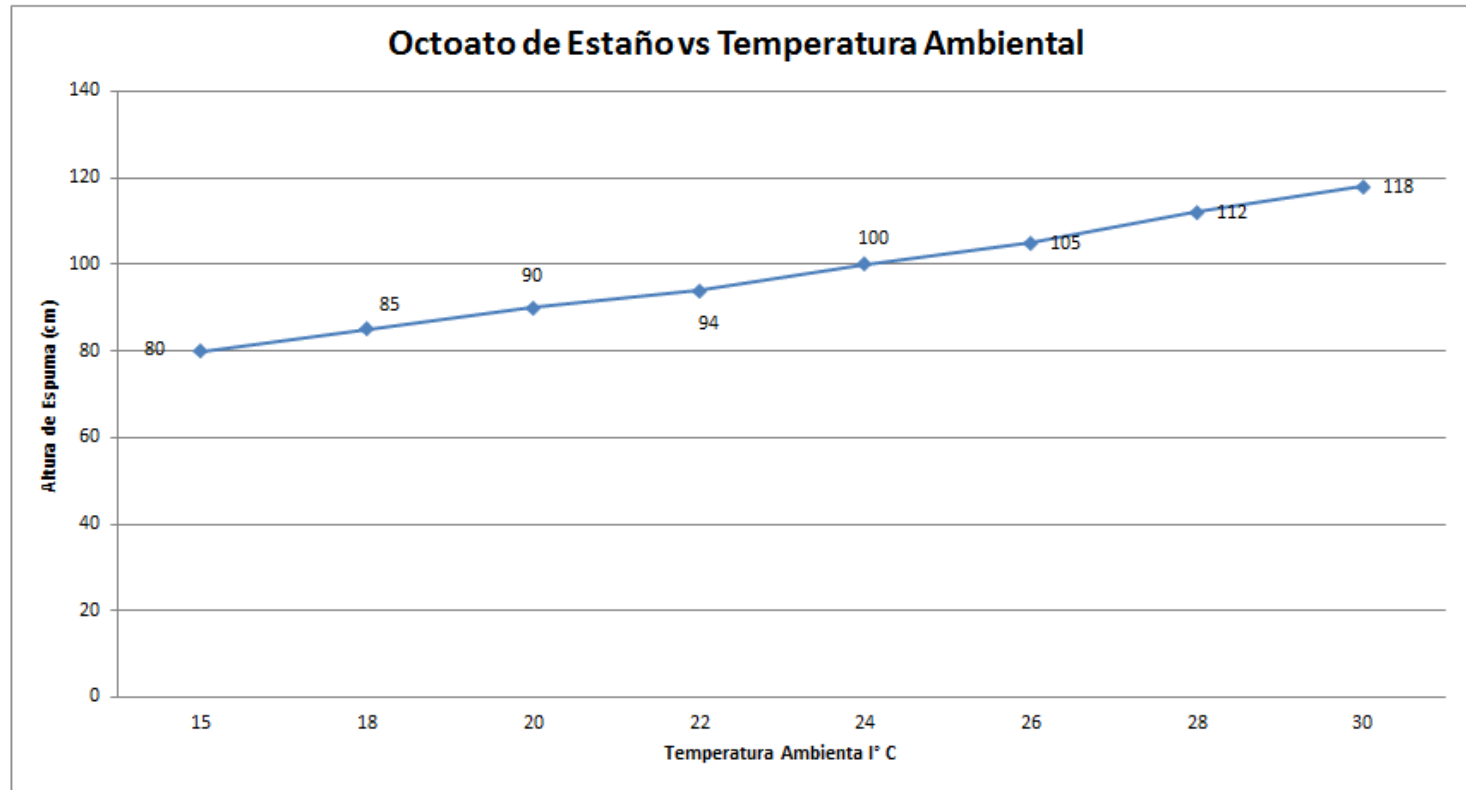


Elaborado por:

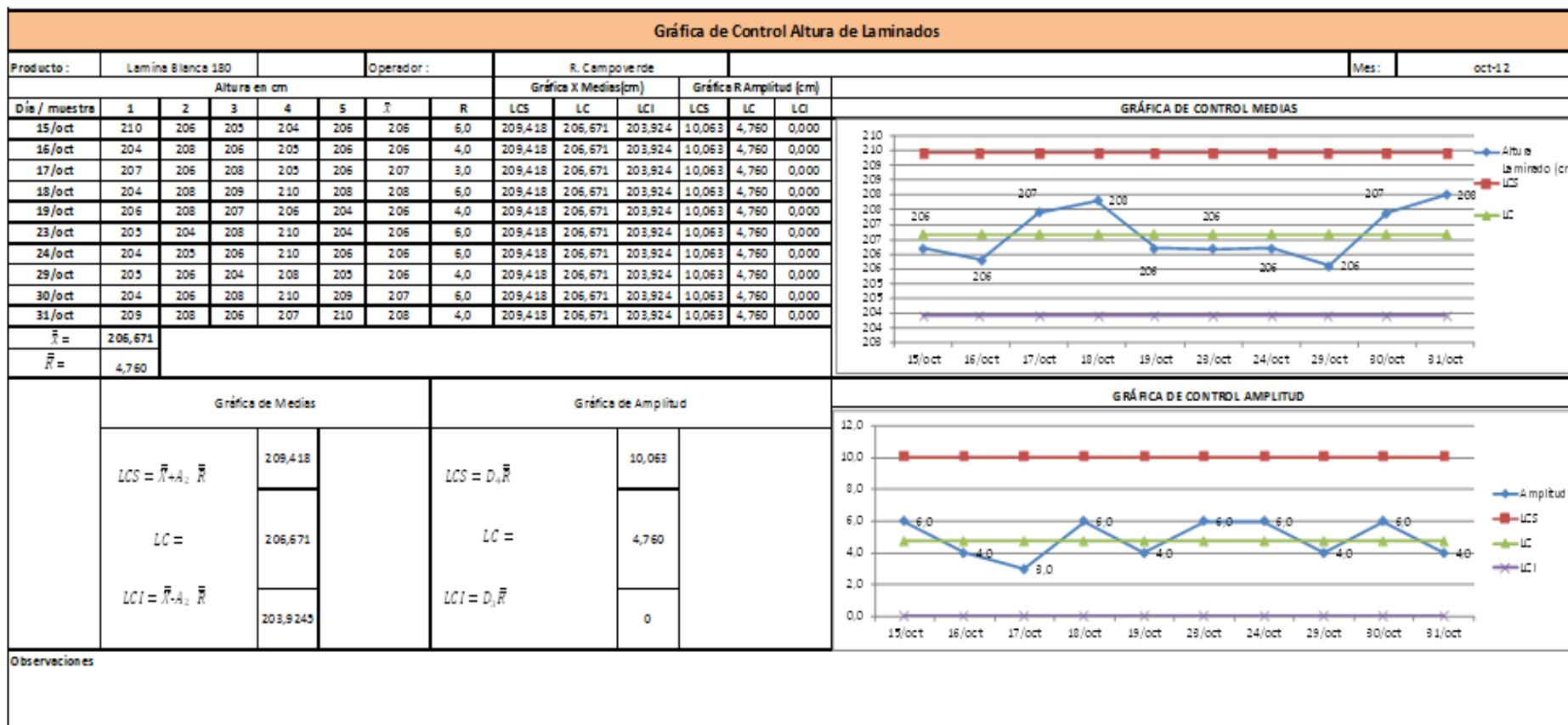
Ing. Dorian Salazar A
Representante Técnico
ChaideyChaide S.A

Anexo No. 16. Curva Temperatura Ambiental vs Octoato de Estaño

Octoato de Estaño (ml)	Temperatura Ambiental °C
80	15
85	18
90	20
94	22
100	24
105	26
112	28
118	30



Anexo No. 18. Gráfica de Control Altura de Laminados



Anexo No. 19. Check List Utilización y Calibración Máquina Dosificadora de Químicos

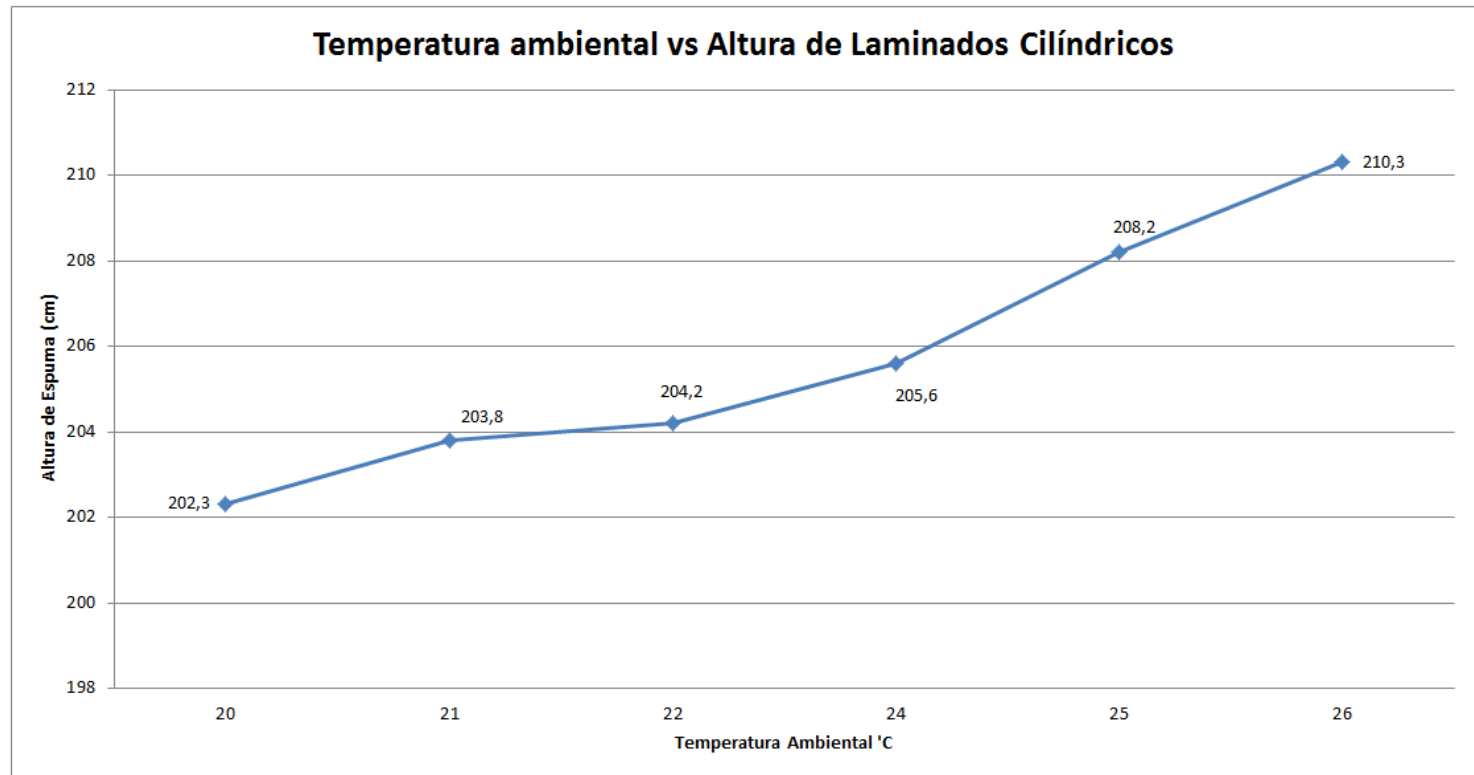
VERIFICACIÓN PARA EL ARRANQUE DEL SISTEMA		
ITEM	DESCRIPCIÓN	OK
1	ABRIR LLAVE DE AIRE	
2	VERIFICACIÓN QUE EL TANQUE MEZCLADOR INGRESE EN LOS MOLDES	
3	ARRANQUE Y GIRO DEL MEZCLADOR	
4	APERTURA Y CIERRE DE LA COMPUERTA DE DESCARGA DEL TANQUE	
5	ENCLAVAMIENTO DEL PISTÓN DE SUJECCIÓN DEL TANQUE	
6	VERIFICACIÓN QUE LAS VÁLVULAS DE MANUALES DE PRODUCTO ESTÉN ABIERTAS	
7	PULSAR PARO DE EMERGENCIA + BOTÓN CANCELAR	
8	ARRANCAR LA PC	
9	COLOCAR EN OFF SELECTOR DE INICIO	
10	COLOCAR LAS CLAVES DEL OPERADOR A TRABAJAR	
11	VERIFICAR LAS RECETAS A PRODUCIR (ACEPTAR O CANCELAR)	
12	INFORMAR QUE ESPUMA VA A REALIZAR PARA PREPARAR ADITIVOS	
13	ACEPTAR Y COLOCAR SELECTOR EN AUTOMÁTICO	
14	INICIO DEL PROCESO	

PROCESO DE ELABORACIÓN DE ESPUMA		
ITEM	DESCRIPCIÓN	OK
15	VERIFICACIÓN DE APERTURAS DE VÁLVULAS FINAS Y COMIENZO DE LLENADO	
16	VERIFICAR EL CERRADO DE VÁLVULAS	
17	DESCARGAR POLYOL + COPOLIMÉRICO SI EL MENSAJE ESTA VISIBLE	
18	ESPERAR QUE DESCARGUE TODO EL PRODUCTO DE LOS TANQUES	
19	MEZCLAR POLYOL Y COPOLIMÉRICO	
20	VISUALIZAR QUE EL MENSAJE DE COLOCACIÓN DE ADITIVOS SE PRESENTE	
21	ACEPTAR CUANDO YA SE COLOCÓ LOS ADITIVOS	
22	PROCEDER HACER LA PRIMERA MEZCLA DE ADITIVOS	
23	MEZCLAR ADITIVOS POR SEGUNDA Y TERCERA VEZ DEPENDIENDO DE LA FORMULACIÓN	
24	VERIFICAR QUE LOS TANQUES DE POLYOL Y COPOLIMÉRICO SE ENCUENTREN LLENOS	
25	PROCEDER A DESCARGAR TDI	
26	ESPERAR QUE SE CIERRE LA VÁLVULA DE DESCARGA	
27	PARA INICIAR EL MEZCLADO FINAL Y EMPUJAR EL TANQUE MEZCLADOR	

VERIFICACION DE CAMBIO DE PRODUCTO		
ITEM	DESCRIPCIÓN	OK
28	REALIZADO LOS PASOS ANTERIORES Y CAMBIAR DE PRODUCTO	
29	VERIFICAR EN LA PANTALLA QUE ESPUMA TOCA REALIZAR	
30	ACEPTAR Y PROCEDER NORMAL PASO 15	

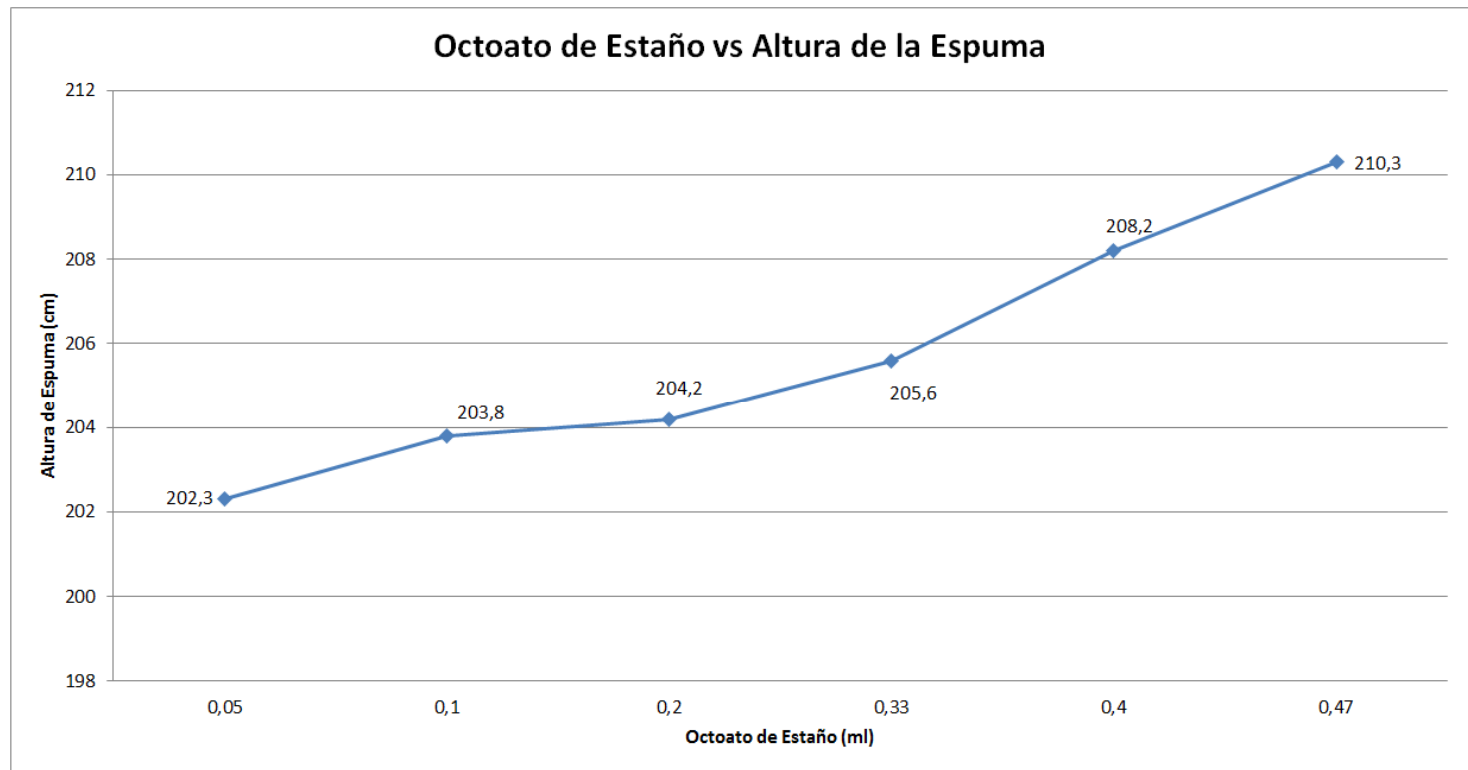
Anexo No. 20. Gráfica Temperatura ambiental vs. Altura de Laminados Cilíndricos

Altura (cm)	Temperatura (°C)
202,3	20
203,8	21
204,2	22
205,6	24
208,2	25
210,3	26

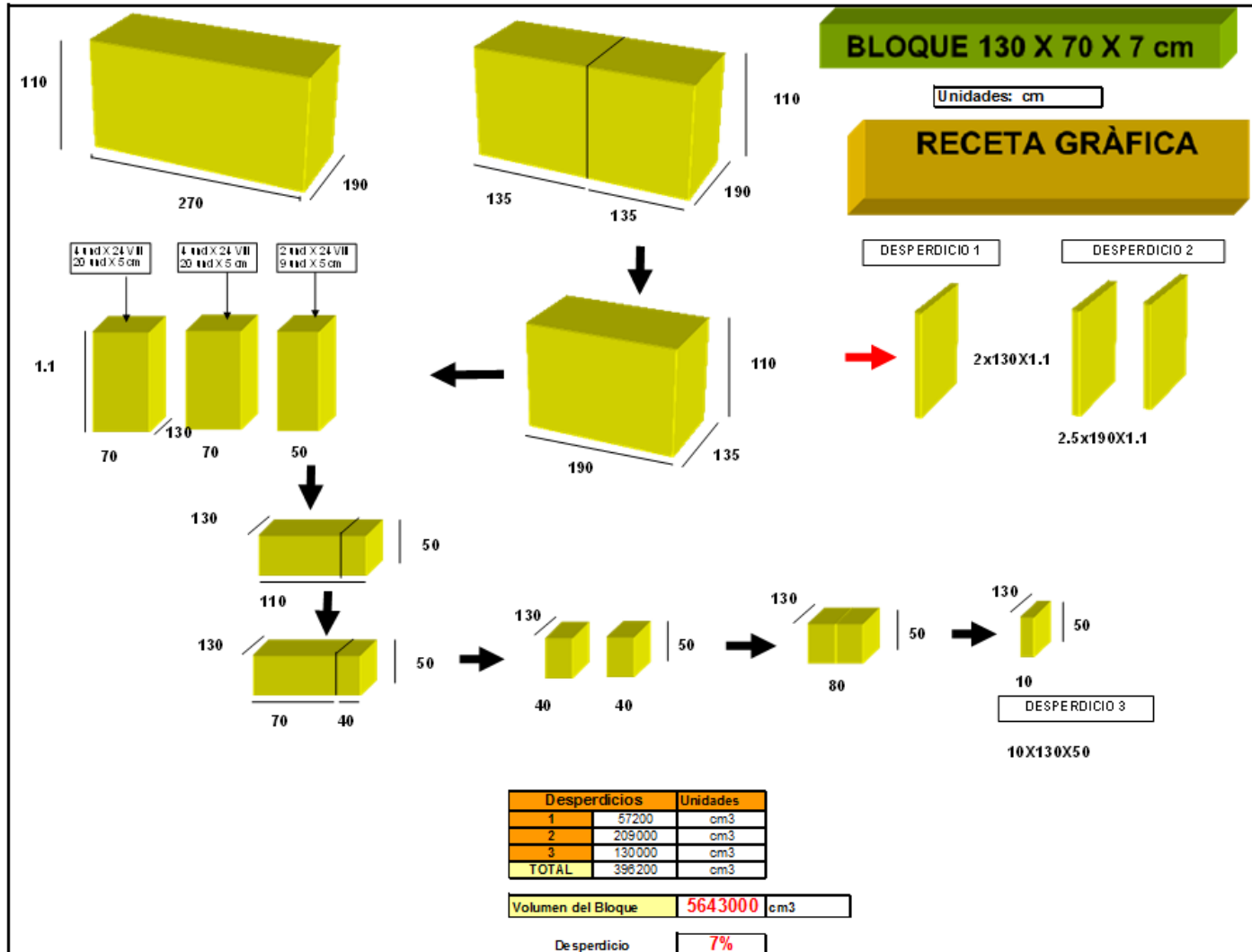


Anexo No. 21. Curva Nominal Octoato de Estaño vs Altura de la Espuma cilíndrica

Altura (cm)	Octoato de Estaño (ml)
202,3	0,05
203,8	0,1
204,2	0,2
205,6	0,33
208,2	0,4
210,3	0,47



Anexo No. 23. Metodología de Corte de Bloques de Espuma Gráfica para evitar Desperdicio



Anexo No. 24. Ajuste de Fórmulas colocando el índice de TDI entre 105-125

INDICE DE TDI BLOQUES DE ESPUMA SOBRE 130 PERIODO ENERO A AGOSTO 2012																															
Materiales		DENSIDAD	ANILYOL	T.D.I	SIJICONA 237P	AMINA 33 LV	OCTONATO	METILENO	INDIOL COPOLIMÉRICO	SIJICOMA VISCORRELÁSTICA 2278V8	AMINA VISCORRELÁSTICA B01A-10	AGUA	ORTOFOSF. O	INDICE DE TDI	1 POLIOLETS	PPP POLIOL	PPP TDI	PPP SIJICONA 237P	PPP AMINA 33 LV	PPP OCTONATO	PPP METILENO	PPP COPOLIMÉRICO	PPP SIJICONA B 22B	PPP AMINA B01A	PPP AGUA	PPP ORTOFOSF.	No. Batches Poliol	No. Batches Copolimeros	Total No. Batches	costo del bloque	
Costo de Químicos (usd/kg)		2,9	3	8,10	7,9	17,9	1,6	2,9	7,41	22,87	0,02	10,2																			
No. OM		56						28																							
BLOQUE ESPUMA	medida (cm)	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg		kg	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	usd
BLOQUES CUADRADOS																															
BLOQUES CILINDRICOS																															
AMARILLO	270x190x110	15	40,00	41,00	0,00	0,070	0,090	0,800	12,0	0,575	0,00	2,00	0	1,41	52,00	77%	79%	0,00%	0,13%	0,17%	1,54%	25,08%	1,11%	0,00%	5,00%	0,00%	6,68%	1,00%	7,68%	265,4	
CELESTE	123x170x115	30	23,50	22,50	0,85	0,090	0,050	0,000	40,0	0,000	0,000	1,35	0	1,34	63,50	37%	35%	1,34%	0,14%	0,88%	0,00%	62,99%	0,00%	0,00%	2,13%	0,00%	3,21%	2,73%	5,96%	251,8	
CELESTE	136x190x110	30	23,50	26,50	0,96	0,100	0,050	0,000	52,0	0,000	0,00	1,52	0	1,40	75,50	31%	35%	1,27%	0,14%	0,87%	0,00%	66,87%	0,00%	0,00%	2,01%	0,00%	2,70%	2,99%	5,69%	299,9	
CELESTE	150x190x110	30	24,00	28,00	1,00	0,108	0,055	0,000	55,0	0,000	0,00	1,60	0	1,40	79,00	30%	35%	1,27%	0,14%	0,87%	0,00%	66,62%	0,00%	0,00%	2,03%	0,00%	2,64%	3,02%	5,66%	314,9	
VERDE	160x200x100	35	25,00	29,40	1,05	0,114	0,050	0,000	58,7	0,000	0,000	1,65	0	1,42	83,70	30%	35%	1,25%	0,14%	0,85%	0,00%	70,13%	0,00%	0,00%	1,97%	0,00%	2,59%	3,04%	5,64%	332,8	
BLANCO	270x190x111	13	33,00	36,30	0,00	0,075	0,105	1,200	11,5	0,000	0,000	2,54	0	1,30	44,50	74%	82%	0,00%	0,17%	0,24%	2,70%	25,84%	0,00%	0,00%	5,71%	0,00%	6,44%	1,12%	7,56%	229,0	
GRIS	270x190x106	22	78,00	44,00	1,00	0,070	0,118	0,000	14,0	0,000	0,030	2,80	0	1,28	92,00	85%	48%	1,89%	0,08%	0,13%	0,00%	15,22%	0,00%	0,03%	3,04%	0,00%	7,36%	0,66%	8,02%	379,1	

INDICE DE TDI BLOQUES DE ESPUMA SOBRE 130 PERIODO SEPTIEMBRE OCTUBRE 2012

MATERIALES		DEFINICION	PROL VOL.	T.D.I	SILICONA 217P	AMINA 33 LV	OCTOATO	METILFENO	POLION COPOLIMERICO	SILICONA HYSCORLASTICA 33LV	AMINA HYSCORLASTICA 33LV A-10	AGUA	ORTHOGL D	INDICE DE TDI	3 POLYURETS	PPP POLIOL	PPP TDI	PPP SILICONA 217P	PPP AMINA 33 LV	PPP OCTOATO	PPP METILFENO	PPP COPOLIMERICO	PPP SILICONA B 22B	PPP AMINA B22A	PPP AGUA	PPP ORTHOGL	No. Bloques Polier	No. Bloques Copolimero	Total No. Bloque	costo de Bloques	
Costo de Químicos (usd/kg)			2,8	3	8,13	7,9	17,9	1,4	2,9	7,41	22,87	0,82	10,2																		
No. OH			56						38																						
BLOQUE ESPUMA	medida (cm)	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg		kg	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	usd
BLOQUES CUADRADOS																															
BLOQUES CILINDRICOS																															
AMARILLO	270x190x110	15	41,00	36,00	0,00	0,070	0,090	0,000	14,0	0,575	0,00	2,55	0	1,25	55,00	75%	65%	0,00%	0,13%	0,16%	1,40%	25,45%	0,05%	0,00%	4,64%	0,00%	6,47%	1,10%	7,50%	250,8	
CELESTE	120x170x115	30	22,00	19,00	0,85	0,090	0,060	0,000	42,0	0,000	0,000	1,25	0	1,20	64,00	34%	30%	1,13%	0,14%	0,00%	0,00%	45,63%	0,00%	0,00%	1,95%	0,00%	2,90%	2,85%	5,83%	243,4	
CELESTE	135x190x110	30	22,50	23,00	0,96	0,103	0,060	0,000	54,0	0,000	0,00	1,50	0	1,22	76,50	29%	30%	1,25%	0,13%	0,07%	0,00%	71,50%	0,00%	0,00%	1,96%	0,00%	2,50%	3,00%	5,62%	292,8	
CELESTE	150x190x110	30	22,00	25,00	1,00	0,108	0,055	0,000	57,0	0,000	0,00	1,65	0	1,23	79,00	28%	32%	1,27%	0,14%	0,07%	0,00%	72,15%	0,00%	0,00%	2,09%	0,00%	2,42%	3,13%	5,55%	306,8	
VERDE	160x200x100	35	26,00	26,00	1,05	0,114	0,050	0,000	60,0	0,000	0,000	1,70	0	1,22	86,00	30%	30%	1,22%	0,13%	0,06%	0,00%	69,77%	0,00%	0,00%	1,90%	0,00%	2,62%	3,03%	5,65%	328,9	
BLANCO	270x190x111	13	33,00	32,00	0,00	0,075	0,105	1,200	13,0	0,000	0,000	2,50	0	1,14	46,00	72%	70%	0,00%	0,10%	0,23%	2,61%	28,26%	0,00%	0,00%	5,43%	0,00%	6,23%	1,23%	7,45%	220,6	
GRIS	270x190x105	22	77,00	40,00	1,00	0,070	0,110	0,000	16,0	0,000	0,030	2,75	0	1,18	93,00	83%	43%	1,00%	0,00%	0,13%	0,00%	17,20%	0,00%	0,03%	2,96%	0,00%	7,19%	0,75%	7,50%	370,5	

Anexo No. 25. Tablas de Muestreo MILITARY STANDARD 105D

MILITARY STANDARD 105D
 (SAME AS BS 6001, ABC-105)
 NFX 06-22, DIN40.080, UNI48-42
 SAMPLING CODE REFERENCE

LOT SIZE			SPECIAL LEVEL				ORDINARY LEVEL		
			S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2	To	8	A	A	A	A	A	A	B
9	to	15	A	A	A	A	A	B	C
16	to	25	A	A	B	B	B	C	D
26	to	50	A	B	B	C	C	D	E
51	to	90	B	B	C	C	C	E	F
91	to	150	B	B	C	D	D	F	G
151	to	280	B	C	D	E	E	G	H
281	to	500	B	C	D	E	F	H	J
501	to	1,200	C	C	E	F	G	J	K
1,201	to	3,200	C	D	E	G	H	K	L
3,201	to	10,000	C	D	F	G	J	L	M
10,001	to	35,000	C	D	F	H	K	M	N
35,001	to	150,000	D	E	G	J	L	N	P
150,001	to	500,000	D	E	G	J	M	P	Q
500,001	or	more	D	E	H	K	N	Q	R

SAMPLING PLAN UNDER NORMAL CONDITIONS

CODE	SAMP. LING SIZE	ACCEPTABLE LEVEL (UNDER NORMAL INSPECTION CONDITIONS)																							
		0.065		0.100		0.150		0.250		0.400		0.650		1.000		1.500		2.500		4.000		6.500			
		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re		
A	2																						0	1	
B	3																						0	1	
C	5																						0	1	
D	8																						0	1	
E	13																						0	1	
F	20																						0	1	
G	32																						0	1	
H	50																						0	1	
J	80																						0	1	
K	125																						0	1	
L	200	0	1																				0	1	
M	315																						0	1	
N	500																						0	1	
P	800	1	2																				0	1	
Q	1,250	2	3																				0	1	
R	2,000	3	4																				0	1	

↓: Inspect in accordance with the next sampling plan. If the sampling size is equal or larger than the lot size, progress with 100% full check.

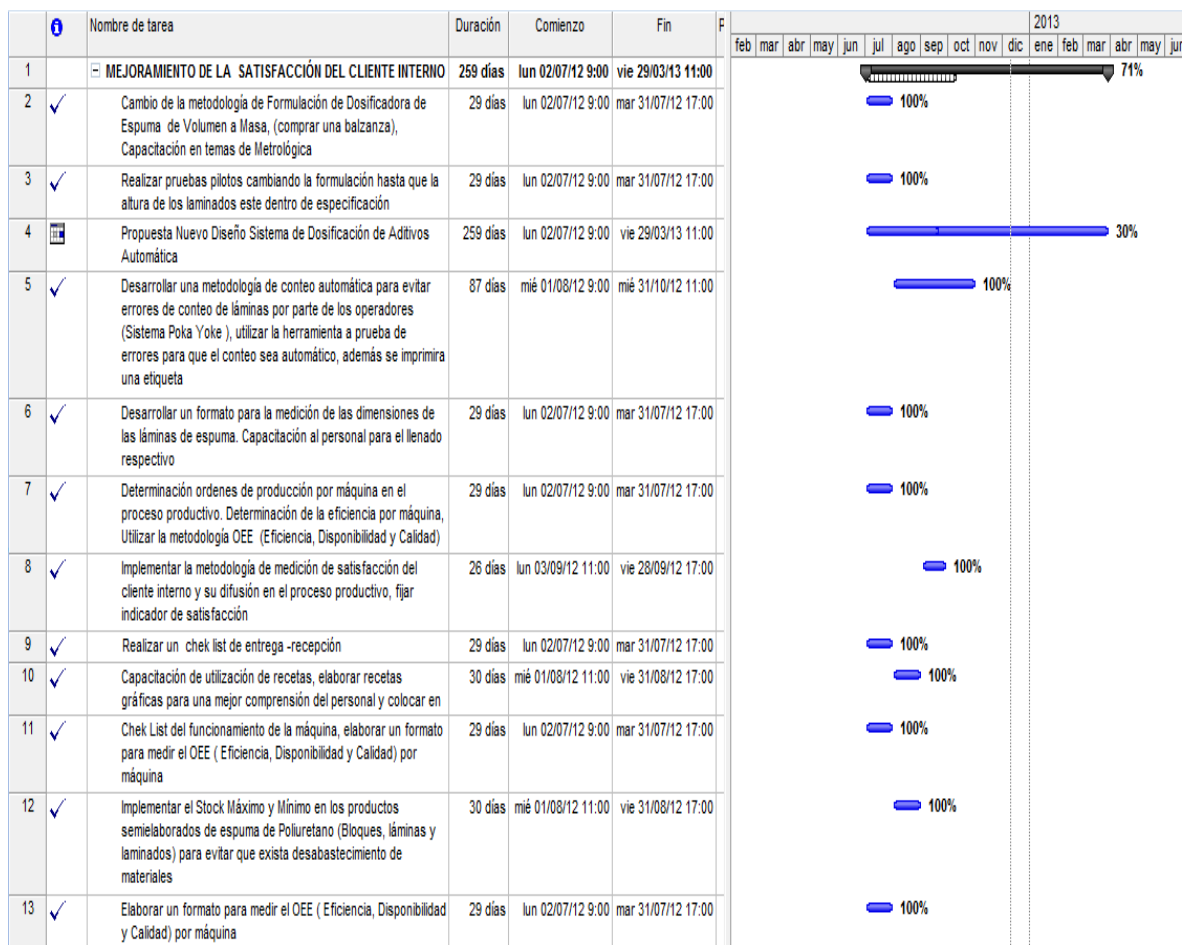
↑: Inspect in accordance with the preceding sampling plan.

Ac: Acceptable Quantity

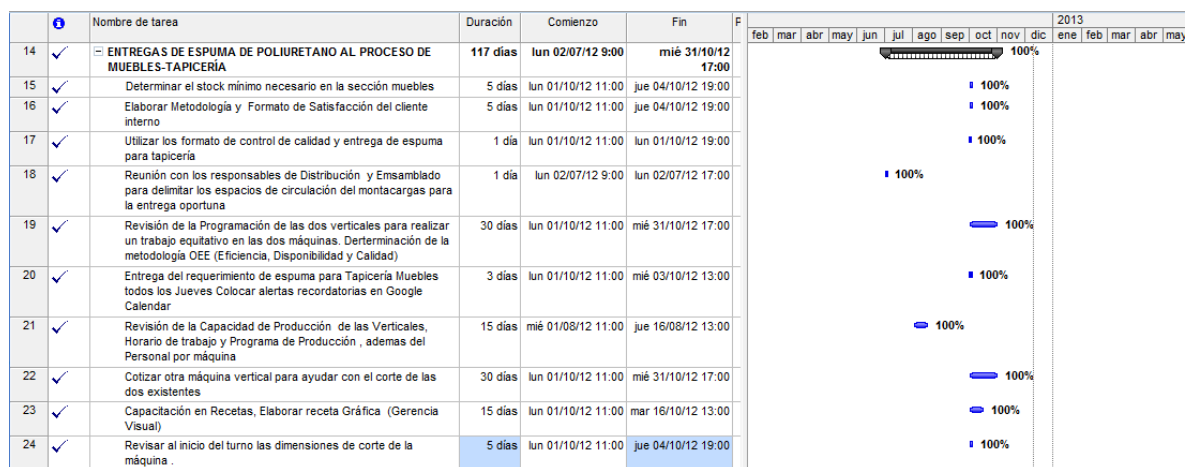
Re: Rejecting Quantity

Anexo No. 26. Diagrama de Gantt de Actividades de Mejora








Anexo 26.1 Acciones correctivas Mejoramiento de la satisfacción del Cliente Interno








Anexo 26.2. Acciones correctivas Entrega de espuma de Poliuretano al proceso de Muebles - Tapicería



Anexo 26.3. Acciones correctivas Defectos bloques de espuma de Poliuretano dosificación de aditivos

i	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	F	2013											
						feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene
25	DEFECTOS BLOQUES DE ESPUMA DE POLIURETANO DOSIFICACIÓN DE ADITIVOS	259 días	lun 02/07/12 9:00	vie 29/03/13 11:00													
26	✓ Cambiar el método volumétrico a un sistema por pesos, colocando una balanza para el pesaje de los aditivos químicos.	29 días	lun 02/07/12 9:00	mar 31/07/12 17:00													
27	Proyecto de Dosificadora Automática de Aditivos (Cotización)	259 días	lun 02/07/12 9:00	vie 29/03/13 11:00													
28	✓ Capacitar al Personal en temas de metrología de volumen y pesos para disminución de errores de formulación	29 días	lun 02/07/12 9:00	mar 31/07/12 17:00													
29	✓ Revisión, Calibración y Compra de nuevas probetas	29 días	lun 02/07/12 9:00	mar 31/07/12 17:00													
30	✓ Capacitación con el Personal en temas de Formulación y la función de los distintos materiales (químicos aditivos) para elaborar espuma	29 días	lun 02/07/12 9:00	mar 31/07/12 17:00													
31	✓ Elaborar una curva temperatura vs Octoato para que sirva de guía de colocación de aditivo. Precalear el octoato en el horno de calentamiento disponible a temperatura ambiente	29 días	lun 02/07/12 9:00	mar 31/07/12 17:00													

Anexo 26.4. Acciones correctivas defectos bloques de espuma de Poliuretano apertura puerta del reactor

i	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	F	2013											
						feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene
32	✓ DEFECTOS BLOQUES DE ESPUMA DE POLIURETANO APERTURA PUERTA DEL REACTOR	117 días	lun 02/07/12 9:00	mié 31/10/12 17:00													
33	✓ Revisión de la comunicación entre formuladores y operadores que manejan los coches es el adecuado, (Mejorar la Comunicación), Capacitación al Personal en temas de Formulación)	29 días	lun 02/07/12 9:00	mar 31/07/12 17:00													
34	✓ Colocar un regulador de voltaje para evitar la suspensión brusca de la energía eléctrica	30 días	lun 01/10/12 11:00	mié 31/10/12 17:00													
35	✓ Revisión y Mejoramiento de la compuerta del reactor para elaborar espuma, programación de Lubricación y limpieza. Elaborar un check list antes de iniciar el proceso de formulación,	29 días	lun 02/07/12 9:00	mar 31/07/12 17:00													
36	✓ Elaborar una Curva de temperatura vs cantidad de aditivos para evitar derrames o problemas por la temperatura	29 días	lun 02/07/12 9:00	mar 31/07/12 17:00													

Anexo 26.5. Acciones correctivas disminución bloques cilíndricos laminados tipo C

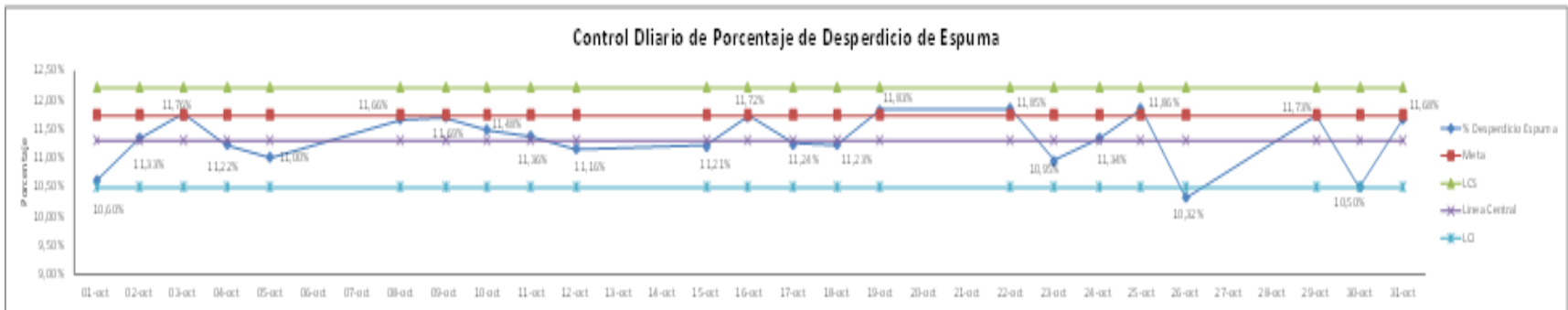
i	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	P	2013											
						feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene
37	DISMINUCIÓN DE BLOQUES CILINDROS LAMINADOS TIPO C	59.67 días	lun 02/07/12 9:00	vie 29/03/13 17:00													
38	✓ Cambiar el método de dosificación por volumen a dosificación por peso, con el objetivo de disminuir errores de formulación. Comprar una balanza para el pesaje de aditivos.	29 días	lun 02/07/12 9:00	mar 31/07/12 17:00													
39	Automatizar el Proceso de Adición de Aditivos con un controlador de inyección por volumen (Sistemas de bombas de Pistón)	259 días	lun 02/07/12 15:00	vie 29/03/13 17:00													
40	✓ Revisión y Ajuste de las Fórmulas de Laminados	29 días	lun 02/07/12 9:00	mar 31/07/12 17:00													
41	✓ Elaboración e implementación para el control de las alturas de laminados con cartas de control	29 días	lun 02/07/12 9:00	mar 31/07/12 17:00													
42	✓ Capacitación del Personal de la correcta colocación del plástico, concientización de los problemas que produce	29 días	lun 02/07/12 9:00	mar 31/07/12 17:00													
43	✓ Mejoramiento de la metodología de colocación del plástico, reducción de fisuras en el bloque cilíndrico	29 días	lun 02/07/12 9:00	mar 31/07/12 17:00													
44	✓ Mejoramiento de la metodología de colocación y consumo de vaselina líquida, menos roturas del bloque en las paredes	30 días	mié 01/08/12 9:00	vie 31/08/12 13:00													
45	✓ Capacitación de Manual de Defectos de bloques cilíndricos laminados, colocación de la máquina laminadora el patrón	30 días	mié 01/08/12 9:00	vie 31/08/12 13:00													
46	✓ Capacitación correcta manipulación de la máquina dosificadora, calibración de la máquina cada 3 meses, elaboración de chek list de funcionamiento	30 días	mié 01/08/12 9:00	vie 31/08/12 13:00													
47	✓ Capacitación correcta manipulación de la máquina dosificadora, calibración de la máquina cada 3 meses, elaboración de chek list de funcionamiento	30 días	mié 01/08/12 9:00	vie 31/08/12 13:00													
48	✓ Capacitación a Laminadores de correcta manipulación de producto de poliuretano	30 días	mié 01/08/12 9:00	vie 31/08/12 13:00													
49	✓ Incorporar un Chek list de la máquina laminadora antes al inicio del turno	30 días	mié 01/08/12 9:00	vie 31/08/12 13:00													
50	✓ Elaboración de una curva temperatura vs altura de bloques y cantidad de aditivos para la altura respectiva, además de colocar los aditivos a utilizarse en la cámara de calentamiento de TDI.	30 días	mié 01/08/12 9:00	vie 31/08/12 13:00													

Anexo 26.6. Acciones correctivas disminución de desperdicio de espuma

i	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	P	2013											
						feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene
51	DISMINUCION DESPERDICIO DE ESPUMA	86.33 días	lun 02/07/12 9:00	vie 28/09/12 17:00													
52	✓ Cambiar el método de dosificación por volumen a dosificación por peso, con el objetivo de disminuir errores de formulación.	13 días	lun 02/07/12 9:00	vie 13/07/12 17:00													
53	✓ Concientización con el personal de la problemática	15 días	lun 16/07/12 15:00	mar 31/07/12 17:00													
54	✓ Definir las especificaciones ideales conjunto con el proceso de forros que permitan reducir el desperdicio de esta área que corresponde al 27% del desperdicio global de la sección	26 días	lun 03/09/12 11:00	vie 28/09/12 17:00													
55	✓ Análisis estadístico de las alturas de los laminados comparado con las especificaciones internas. Diseño de Experimentos para obtener la combinación ideal de químicos en la formulación para llegar a la altura	26 días	lun 03/09/12 11:00	vie 28/09/12 17:00													
56	✓ Se realizará (si se tiene los químicos oportunamente) una prueba de cada tipo de bloque de espuma antes de realizar un lote en serie. Verificar validar los resultados	29 días	lun 02/07/12 9:00	mar 31/07/12 17:00													
57	✓ Elaborar una metodología de control de producto que ingresan a bodega de materia prima (fichas técnicas y aprobación de resultados, sistema tipo semáforo para identificar el estado de los químicos)	29 días	lun 02/07/12 9:00	mar 31/07/12 17:00													
58	✓ Revisión de cajones rectangulares y cilíndricos para determinar su estado y programar la frecuencia de mantenimiento preventivo y correctivo	29 días	lun 02/07/12 9:00	mar 31/07/12 17:00													
59	✓ Elaboración y Difusión de las recetas de corte a los operadores con las especificaciones de corte de espuma	30 días	mié 01/08/12 9:00	vie 31/08/12 13:00													
60	✓ Concientizar con el operador la manera mas adecuada y correcta de corte de bloques en láminas de espuma	30 días	mié 01/08/12 9:00	vie 31/08/12 13:00													
61	✓ Capacitar y Concientizar con los operadores de la limpieza adecuada del cajón.	30 días	mié 01/08/12 9:00	vie 31/08/12 13:00													
62	✓ Concientizar con los operadores de la colocación adecuada del plástico en los moldes, y cambio programado	30 días	mié 01/08/12 9:00	vie 31/08/12 13:00													
63	✓ Colocar una pistola de aire para adicionar la vaselina uniformemente.	30 días	mié 01/08/12 9:00	vie 31/08/12 13:00													
64	✓ Concientizar al personal de la colocación adecuada de la vaselina sin excesos.	30 días	mié 01/08/12 9:00	vie 31/08/12 13:00													
65	✓ Revisión antes de utilizar la máquina de corte por parte del operador, si se encuentra descalibrada comunicar inmediatamente.	30 días	mié 01/08/12 9:00	vie 31/08/12 13:00													
66	✓ Elaborar una curva Temperatura vs cantidad de Aditivos y Difundir al personal su utilización	30 días	mié 01/08/12 9:00	vie 31/08/12 13:00													

Anexo No. 27. Gráfica de Control Medición del Desperdicio de Espuma

CONTROL DEL DESPERDICIO ESPUMA DE POLIURETANO 2012																																
FECHA/DÍA	01-oct	02-oct	03-oct	04-oct	05-oct	06-oct	07-oct	08-oct	09-oct	10-oct	11-oct	12-oct	13-oct	14-oct	15-oct	16-oct	17-oct	18-oct	19-oct	20-oct	21-oct	22-oct	23-oct	24-oct	25-oct	26-oct	27-oct	28-oct	29-oct	30-oct	31-oct	
	Lun	Mar	MiÉ	Jue	Vie	Lun	Mar	MiÉ	Jue	Vie	Lun	Mar	MiÉ	Jue	Vie	Lun	Mar	MiÉ	Jue	Vie	Lun	Mar	MiÉ	Jue	Vie	Lun	Mar	MiÉ	Jue	Vie	Lun	Mar
DESPERDICIO PROVENIENTE DE:	kg																															
CORTE 1	280,00	342	348	316	285	296	200	311	296	230	217	268	234	268	245	246	288	195	360	228	290	270	234									
CORTE 2	306,00	323,5	463	401	396	383	278	372	408,5	313	317	237	250	218	268	330	378	268	382	310	366	245	250									
LAMINADO	373,00	546	377	426	303	484	306	377	590	409	372	496	412	455	345	500	466	510	368	405	385	520	412									
FORRO 8	400,00	500	520	500	500	510	400	475	480	420	480	500	480	480	390	498	500	430	450	420	445	490	480									
ENSAMBLADO			50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
MUEBLE 8																																
GUAYAQUIL																																
TOTAL DESPERDICIO kg	1.359,00	1.711,50	1.758,00	1.643,00	1.594,00	1.662,00	1.404,00	1.536,00	1.704,80	1.372,00	1.366,00	1.501,00	1.376,00	1.389,00	1.248,00	1.573,00	1.632,00	1.403,00	1.550,00	1.363,00	1.436,00	1.525,00	1.376,00									
ESPUMA PRODUCIDA kg	12821,0	15102,9	14954,7	14848,2	14484,5	14166,1	12009,0	13369,5	15000,7	12292,4	12093,4	12812,3	12238,4	12371,7	10590,0	13270,0	14900,0	12370,0	13070,0	13209,0	12238,4	14520,0	11778,0									
CILINDRICO 8	8014,9	8484,1	8941,3	8729	7882,9	8001,6	5244,3	8420,4	8102,8	6895,9	7553,7	5401,3	6272	6002,1	6200	8320	8050	6920	8250	7520	6272	8100	6258									
RECT ANGULAR 8	406,1	6618,8	6013,4	5919,2	6601,6	6164,5	6764,7	4949,1	6897,9	5396,5	4539,7	7411	5966,4	6369,6	4350	4950	6850	5450	4820	5669	5966,4	6420	5520									
%Desperdicio Kg/día	10,60%	11,33%	11,75%	11,22%	11,00%	11,68%	11,69%	11,48%	11,36%	11,16%	11,21%	11,21%	11,24%	11,23%	11,83%	11,85%	10,95%	11,34%	11,88%	10,32%	11,75%	10,30%	11,68%									
Objetivo < 11,75 %	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%	11,75%									
LC =	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%	12,20%									
Limite Central=	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%	11,30%									
LCF =	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%									



$\hat{p} = \frac{\text{Total de defectos}}{\text{Total de inspeccionados}}$	$\hat{p} = 0,112292$	$LCS = \hat{p} + 3\sqrt{\hat{p}(1-\hat{p})/n}$	LC S =	0,121226	12,2%
$\bar{p} = \frac{\text{Total de inspeccionados}}{\text{Total de inspeccionados}}$	$\bar{p} = 12229,12$	Limite Central = \hat{p}	$\hat{p} =$	0,112292	11,2%
		$LCI = \hat{p} - 3\sqrt{\hat{p}(1-\hat{p})/n}$	LC I =	0,104992	10,5%