

**EVALUACIÓN DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN REALIZADO DENTRO DE LA
COMPAÑÍA CARLIXPLAST S.A.S. MEDIANTE UN CONTROL ESTADÍSTICO
DE PROCESOS**

JAVIER DARÍO GÓMEZ RODRÍGUEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE MATEMÁTICAS
ESPECIALIZACIÓN EN ESTADÍSTICA
BUCARAMANGA**

2016

**EVALUACIÓN DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN REALIZADO DENTRO DE LA
COMPAÑÍA CARLIXPLAST S.A.S. MEDIANTE UN CONTROL ESTADÍSTICO
DE PROCESOS**

JAVIER DARÍO GÓMEZ RODRÍGUEZ

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Especialista en Estadística**

Director:

**GIAMPAOLO ORLANDONI MERLI
Doctor Honoris Causa en Estadística**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE MATEMÁTICAS
ESPECIALIZACIÓN EN ESTADÍSTICA
BUCARAMANGA**

2016

DEDICATORIA

A Silvia

AGRADECIMIENTOS

A cada uno de los profesores de la especialización, por sus enseñanzas impartidas.

Al profesor Giampaolo por las clases, enseñanzas y acompañamiento durante el desarrollo del presente proyecto.

A Carlixplast S.A.S. por la información compartida para el desarrollo del proyecto

A mis padres por el apoyo recibido durante este año de estudio y ser esa fuerza que me impulsa a seguir adelante con mi formación.

A todos mis compañeros de clase por el apoyo académico recibido y los momentos compartidos durante las clases.

A Adriana, Alejandra, Nixon y Zaira por ser esa mezcla entre un grupo de estudio y un grupo de verdaderos amigos, logrando así sacar adelante la especialización y dejar en mi memoria agradables recuerdos del tiempo compartido.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN:.....	14
1. JUSTIFICACIÓN	15
2. ANTECEDENTES	16
3. OBJETIVOS:	18
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	18
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
4. METODOLOGÍA.....	19
5. MARCO TEÓRICO.....	20
5.1. CONCEPTOS BÁSICOS	20
5.2. INFERENCIA ESTADÍSTICA.....	20
5.3. CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS.	21
5.3.1. Causas asignables.....	21
5.3.2. Causas no asignables.....	21
5.3.3. Medidas a tomar una vez se identifiquen las causas	21
5.4. PRUEBA DE HIPÓTESIS	21
5.5. CARTAS DE CONTROL.....	22
5.5.1. Tipos de carta de control.....	22
5.5.1.1. Cartas de control para variables	22
5.5.1.2. Cartas de control para atributos	22
5.5.2. Carta de control \bar{X} - R	22
5.5.2.1. Límites de control de la carta \bar{X}	23
5.5.2.2. Límites de control de la carta R	23
5.5.3. Carta de individuales	24
5.5.3.1. Límites de control carta de individuales	25
5.6. ÍNDICES DE CAPACIDAD DE PROCESOS	26
5.6.1. Índice de capacidad potencial del proceso C_p	26
5.6.2. Índice de capacidad C_{pk}	26
6. RESULTADOS	27

6.1.	DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS	27
6.2.	ANÁLISIS DESCRIPTIVO	27
6.3.	DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS DATOS	28
6.4.	CARTAS DE INDIVIDUALES	29
6.4.1.	Carta de individuales Extrusora 45	29
6.4.2.	Carta de individuales Extrusora E30-1	30
6.4.3.	Carta de individuales Extrusora E30-2.....	31
6.4.4.	Carta de individuales Extrusora E50	32
6.4.5.	Carta de individuales Extrusora E55-2.....	33
6.4.6.	Carta de individuales Extrusora X65.....	34
6.4.7.	Carta de individuales Extrusora COEX	35
6.4.8.	Carta de individuales Extrusora 55-1	36
6.5.	ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD ACTUAL	37
7.	CONCLUSIONES.....	39
8.	RECOMENDACIONES	41
	BIBLIOGRAFÍA.....	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Gráfico de control individual para la extrusora 45	30
Figura 2	Gráfico de control individual para la extrusora E30-1	31
Figura 3	Gráfico de control individual para la extrusora E30-2	32
Figura 4	Gráfico de control individual para la extrusora E50.....	33
Figura 5	Gráfico de control individual para la extrusora E55-2	34
Figura 6	Gráfico de control individual para la extrusora 65	35
Figura 7	Gráfico de control individual para la extrusora 65	36
Figura 8	Gráfico de control individual para la extrusora 65	37

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Posibles resultados en la prueba de hipótesis.....	22
Tabla 2 Resumen estadística descriptiva para las extrusoras.....	28
Tabla 3 Tabla de valores AIC para la determinación de la distribución de los datos	29
Tabla 4 Resumen del cálculo de C_p y C_{pk} para cada extrusora.....	38
Tabla 5 Valores fuera de especificación.....	38

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A Formato de toma de datos proceso de extrusión	44
ANEXO B Histograma y diagrama de cajas y bigotes para el cambio en el calibre de cada una de las extrusoras evaluadas.....	45
ANEXO C Código utilizado en R para la evaluación de los resultados.....	53
ANEXO D Histogramas de capacidad de cada extrusora.....	54

RESUMEN

TITULO: EVALUACIÓN DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN REALIZADO DENTRO DE LA COMPAÑÍA CARLIXPLAST S.A.S. MEDIANTE UN CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS*.

AUTOR: Javier Darío Gómez Rodríguez**.

PALABRAS CLAVE: Control estadístico de procesos, control estadístico de calidad, extrusión, calidad, Carlixplast, cartas de control, capacidad, plásticos.

En el presente estudio se evaluó el estado de control de cada una de las máquinas extrusoras que hacen parte del proceso de extrusión de la empresa Carlixplast, se tomaron datos cada hora durante el mes de febrero del año 2016; se evaluó la variable principal de interés, cambio en el calibre del producto, y se determinó la capacidad del proceso.

Se evidenció que el proceso de extrusión no logra cumplir los requerimientos internacionales de calidad, sin embargo, en gran medida se cumplen los límites superior e inferior de especificación.

Se detectaron falencias en el registro llevado a cabo por los operadores de la empresa, ya que se identificaron vacíos injustificados en los formatos de seguimiento y pérdidas de algunos de estos formatos.

En conclusión, Carlixplast no logra un sistema de calidad Seis Sigma en su proceso de extrusión, pero, en un alto porcentaje, se alcanzan los parámetros ofrecidos al cliente. Los productos fuera de especificación, definidos por los límites establecidos en Carlixplast ($\pm 10\%$ en el cambio del calibre del producto) son gestionados por el personal de calidad a través de otros procesos que se llevan a cabo en la empresa y durante los tres meses después de que el producto fue entregado al cliente.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ciencias. Escuela de matemáticas. Director: Giampaolo Orlandoni Merli

ABSTRACT

TITLE: EVALUATION OF EXTRUSION PROCESS IN CARLIXPLAST S.A.S. COMPANY BY STATISTICAL PROCESSES CONTROL

AUTHOR: Javier Darío Gómez Rodríguez **.

KEYWORDS: Statistical process control, statistical quality control, extrusion, quality, Carlixplast, control charts, capability, plastics.

In the present study, the control status of each extruders that takes part of the extrusion process in Carlixplast was assessed, data were collected every hour during february 2016; the main variable of interest, change in the caliber product, was evaluated and the process capability was determined.

It was evidenced that extrusion process does not achieve the international quality requirements, however, the high and low specification limits are largely achieved.

Failures in the registration data carried out by the operators of the company were detected, some tracking data sheets were unjustified empty and others were lost.

In Conclusion, Carlixplast does not achieve a Six Sigma quality system in its extrusion process, but in a high percentage, the parameters offered to the customer are achieved. The Off-specification products defined by the limits established in Carlixplast ($\pm 10\%$ change in the caliber product) are managed by the quality staff through other processes carried out in the company and during the three months after the product was delivered to the customer.

* Graduation project

** Science Faculty. Mathematics School. Director: Giampaolo Orlandoni Merli

INTRODUCCIÓN:

La industria, independiente de su campo de acción, vive y crece con el objetivo de proveer un producto, material o inmaterial, un bien o un servicio. Por lo anterior y combinado con la alta competitividad presente en la industria globalizada actual se hace necesario el cumplimiento de parámetros establecidos que satisfagan las necesidades del consumidor o cliente final; el cumplimiento de estos parámetros determina la calidad que llegan a presentar las compañías.

Calidad es el juicio que el cliente tiene sobre un producto o servicio, resultado del grado con el cual un conjunto de características inherentes al producto cumplen con sus requerimientos y esto se ve reflejado en su satisfacción percibida y en el grado en el que sus necesidades o expectativas han sido cumplidas (1).

Carlixplast es una empresa líder en el oriente colombiano con 42 años de trayectoria en la fabricación y comercialización de empaques plásticos flexibles de alta calidad; razón que le ha otorgado gran reconocimiento y posicionamiento a nivel nacional, la cual cuenta con la certificación internacional ISO 9001/2008 (2). La compañía se divide en tres grandes procesos, extrusión, impresión y sellado, siendo la extrusión el proceso sobre el cual se centrará el presente trabajo. Dentro de este proceso se busca determinar, mediante la realización de un control estadístico de procesos y representaciones gráficas, la capacidad de las características medidas dentro del proceso y detectar la posible presencia de causas especiales (asignables) de variación, y presentar una propuesta para la posible reducción de costos, mejorar calidad y cumplir especificaciones.

1. JUSTIFICACIÓN

La ISO 9001 es una norma internacional que se aplica a los sistemas de gestión de calidad (SGC) y que se centra en todos los elementos de administración de calidad con los que una empresa debe contar para tener un sistema que le permita administrar y mejorar la calidad de sus productos o servicios.

Dentro de los requisitos generales de un sistema de gestión de la calidad presentes en la normativa ISO 9001 2008, se determina que la organización debe establecer, documentar, implementar y mantener un sistema de gestión de la calidad y mejorar continuamente su eficacia de acuerdo con los requisitos de esta norma internacional (3). Con el objeto de cumplir con los requerimientos establecidos, Carlixplast lleva un control de medición en cada uno de sus procesos mediante formatos diligenciados por los operadores en turno; dentro de los seguimientos realizados se hace una medición y seguimiento al producto de extrusión en el cual se miden características tanto cuantitativas como cualitativas. Esas características son: medidas del ancho y el fuelle, calibre, transparencia, brillo, tratado, color, deslizamiento y resistencia.

Cada una de estas mediciones cuenta con una acción correctiva en caso de no estarse cumpliendo los requerimientos de producción, pero, actualmente no se tiene un registro que permita identificar qué capacidad tiene el proceso para el cumplimiento de cada una de las características mencionadas, debido a lo anterior se hace necesario un análisis de la información recogida utilizando un sistema de control estadístico de calidad que permita dar un mejor veredicto sobre cada uno de los procesos llevados a cabo e identificar las posibles causas asignables que puedan estar generando variación dentro de los procesos.

2. ANTECEDENTES

La industria de plásticos se remonta al año 1909 cuando el químico norteamericano de origen belga Leo Hendrik Baekeland (1863-1944) sintetizó un polímero de interés comercial, a partir de moléculas de fenol y formaldehído; este plástico se bautizó con el nombre de baquelita, el primer plástico sintético de la historia. Los resultados alcanzados por los primeros plásticos incentivaron a los químicos y a la industria a buscar otras moléculas sencillas que pudieran enlazarse para crear polímeros. Los plásticos se deben en su mayoría a los desarrollos en la segunda guerra mundial, ya que eran sustitutos perfectos de fibras naturales que escaseaban durante la guerra. Durante los años de la posguerra se mantuvo el elevado ritmo de los descubrimientos y desarrollos de la industria de los plásticos destinados a diferentes usos (4).

Debido al crecimiento exponencial que tuvo la industria de los plásticos, la introducción de la bolsa plástica a partir de los años setenta del siglo pasado, popularizándose rápidamente en diferentes tipos de mercados, centros comerciales y tiendas de autoservicios (5); esta masificación estuvo dada por la practicidad que representa el uso de la bolsa plástica.

Paralelo a esto, en Bucaramanga – Colombia, es fundada la empresa Carlixplast, la cual cuenta con 42 años de trayectoria en la fabricación y comercialización de empaques plásticos flexibles de alta calidad; razón que le ha otorgado gran reconocimiento y posicionamiento a nivel nacional (2).

Por otra parte, ligado al sistema de producción, similar a los que se encuentran dentro de la industria de plásticos, nace la necesidad del mejoramiento continuo de la calidad el cual contribuye a eliminar el desperdicio, reducir el tener que volver a hacer las piezas, minimizar los requerimientos para inspección y prueba, y las pérdidas por garantía, además de mejorar la satisfacción del consumidor, logrando así que las empresas se conviertan en un productor confiable, de alta calidad y bajo costos para la industria (6).

El control estadístico de procesos tiene como objeto hacer predecible un proceso en el tiempo; las herramientas que permiten lograr este objetivo son las gráficas de control, que permiten distinguir causas especiales de las causas comunes de variación. Luego de identificadas mediante el gráfico, el paso siguiente es eliminar las causas especiales, ya que son ajenas al desenvolvimiento natural del proceso, con lo que se logra el estado de “*proceso bajo control estadístico*”, es decir se convierte en un proceso predecible y afectado exclusivamente por causas comunes (aleatorias) de variación (7).

Dentro de las gráficas de control se encuentra las cartas de medidas individuales; este tipo de gráficas de control son utilizadas para monitorear variables del tipo continuo, en procesos en los cuales, para obtener una muestra de la producción, se requiere de periodos largos o su costo es demasiado elevado (8). Las cartas de medidas individuales también son utilizadas en sistemas de producción como el que se encuentra actualmente en la empresa evaluada; procesos en los que la toma de varias muestras consecutivas solo diferirían por errores de medición.

3. OBJETIVOS:

3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la variabilidad presente dentro del proceso de extrusión realizado en Carlixplast y el estado del control estadístico del mismo.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar los índices de capacidad para el proceso de extrusión y lograr establecer si se encuentra en control estadístico.
- Evaluar las posibles causas que generen las inconformidades dentro del proceso.
- Proponer posibles acciones de mejora que permitan alcanzar los procesos dentro de un control estadístico.

4. METODOLOGÍA

Para la realización del presente trabajo se llevará a cabo un seguimiento de cada uno de las características medidas dentro del proceso de extrusión. En el caso de las variables cuantitativas (Calibre, Medida de ancho y Fuelle) se hará un resumen gráfico que incluirá: histogramas, diagramas de cajas, y un resumen descriptivo de los datos (Media, mediana, moda, desviación estándar y cuartiles). Se trabajará con un 99% de confianza.

Para estimar la capacidad actual del proceso de extrusión para cumplir con las especificaciones de calidad del producto, se determinará el índice de capacidad real del proceso y el porcentaje de muestras por fuera de especificaciones, se trabajará con los datos obtenidos en las extrusoras identificadas con las sub series: E 55-2, E50-PP, 45, E 55-1, COEX, 65, E30-2, E30-1 durante el mes de febrero del año 2016.

Para el caso de las características cualitativas del proceso se evaluará mediante una carta de control que permita analizar la proporción de artículos defectuosos por subgrupos (unidades rechazadas/unidades inspeccionadas) suponiendo una distribución binomial (1).

En caso de encontrar como respuesta del análisis planteado, medidas aceptables para el proceso de extrusión, se emitirá dicho criterio, dando como respuesta posibles mejoras en la medición y registro de datos que permitan un seguimiento continuo del control estadístico de calidad, logrando así efectuar acciones correctivas y de mejora continua.

En caso de obtener como respuesta medidas no favorables dentro del proceso, se procederá a la identificación de causas asignables, y se emitirán posibles acciones de mejora.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. CONCEPTOS BÁSICOS

Carlixplast para el cumplimiento total de sus pedidos maneja producción continua durante las 24 horas del día, lo que hace inviable e impráctico la medición de cada pieza producida, por lo cual se realiza un muestro cada hora en cada una de las máquinas dentro del proceso, esto con el objeto de no tener ningún sesgo. Debido a lo anterior, no se tiene registro de todos los elementos producidos dentro de la compañía, por lo cual será necesaria la inferencia estadística, esto con el objeto de lograr establecer las características de la población.

5.2. INFERENCIA ESTADÍSTICA

Ante la imposibilidad de manejar la gran cantidad de datos que contienen ciertas poblaciones, las cuales, por lo general, son demasiado extensas, o en algunos casos, sin necesidad de ser tan extensas, se hace complicado debido a los altos costos asociados a la medición el investigador puede optar por la selección de un subconjunto de elementos de la población, conocido como muestra, del cual se recopilará la información necesaria. El investigador, por lo tanto, sólo utiliza los datos que le proporciona la muestra seleccionada, y, sin embargo, las conclusiones se asumen como válidas para toda la población, este fundamento teórico está basado en el modelo matemático del cálculo de probabilidades (9).

La inferencia se divide en estimación y prueba de hipótesis, procedimientos basados en estadísticos que son medidas o funciones calculadas a partir de una muestra de datos, valores que brindan información sobre los parámetros que caracterizan la distribución de probabilidad de la variable en estudio. Los valores asumidos por estos estadísticos dependen directamente de los valores observados en la muestra, lo que establece que estas estimaciones pueden variar de una muestra a otra. La forma de tomar en cuenta este hecho es conocer la distribución de probabilidad del estimador, siendo esta la que describe cómo se espera que varíen los resultados de la variable aleatoria. De esta forma, lo

aleatorio se modela y al observar una realización específica de un estadístico es posible corroborar o rechazar supuestos (prueba de hipótesis) o hacer estimaciones de los valores poblacionales (1).

5.3. CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS.

5.3.1. Causas asignables Las cuales pueden ser identificadas y que es conveniente descubrir y corregir dentro de un proceso, de modo que al evitarlas se cree un escenario ideal o considerado bajo control, estas causas son: falla de la máquina por desgaste de sus componentes, cambios en la materia prima, desgaste de un operador entre otras.

5.3.2. Causas no asignables Son las causas responsables de la variabilidad natural que tiene un proceso de fabricación y que no se pueden atribuir a una causa única, siendo el resultado de efectos combinado de diversas fuentes, cada una de pequeña importancia pero que juntas producen una variabilidad estable.

5.3.3. Medidas a tomar una vez se identifiquen las causas De lograrse identificar variación en el proceso, y ésta sea atribuida a causas asignables, se concluye que el proceso está fuera de control, por lo tanto se deben realizar acciones correctivas que permitan niveles de calidad aceptables. De encontrarse una variabilidad estable, producto de causas no asignables, se establece que el proceso se encuentra en control y de ser así, se determina si los límites dentro de los cuales opera el proceso se encuentran dentro de los límites de especificación establecidos en la operación; de tener como resultado unos límites de control más amplios que los límites de especificación, estos últimos deben ser replanteados.

5.4. PRUEBA DE HIPÓTESIS

La base de algunos métodos estadísticos para el control de procesos está dada por la prueba de hipótesis. La hipótesis nula H_0 es formulada considerando un proceso bajo control, mientras que la hipótesis alternativa H_a es formulada bajo el supuesto de un proceso fuera de control. En la **Tabla 1** se presentan los tipos de

errores que es posible cometer en el momento de la realización de una prueba de hipótesis.

Tabla 1 Posibles resultados en la prueba de hipótesis

Decisiones posibles	Situaciones posibles	
	La hipótesis nula es verdadera	La hipótesis nula es falsa
Aceptar la hipótesis nula	Se acepta correctamente	Error tipo II
Rechazar la hipótesis nula	Error tipo I	Se rechaza correctamente

5.5. CARTAS DE CONTROL

Las cartas de control son una herramienta estadística que permiten conocer si un proceso dado se encuentra en estado de estabilidad o control; son gráficas cronológicas de los datos del proceso de interés, que nos ayudan a entender, controlar y mejorar los procesos (10).

5.5.1. Tipos de carta de control Existen dos grupos de cartas de control, las cuales atienden las características del proceso o producto que se mide, estas son:

5.5.1.1. Cartas de control para variables Se usan para contrastar las características de calidad cuantitativas. Permiten el uso de procedimientos de control más eficientes y proporcionan más información respecto a las cartas de control para atributos.

5.5.1.2. Cartas de control para atributos Son utilizadas para contrastar características cualitativas, permitiendo clasificar el artículo dentro de una conformidad o disconformidad.

Dentro de las cartas de control existen diferentes tipos, las cuales están definidas por el estadístico que se utilice para la evaluación de la variabilidad.

5.5.2. Carta de control \bar{X} - R Este tipo de carta de control es utilizado para procesos de tipo masivo, los cuales cuentan con altos volúmenes de producción, la evaluación del parámetro requerido no es de tipo destructivo y no conlleva

elevados costos, lo que permite tener como muestra pequeños subgrupos, de los cuales se realiza el cálculo de la media y el rango, valores que aportan información sobre la tendencia central y la variabilidad del proceso, esto se representa de la siguiente manera:

- Media del subgrupo:

$$\bar{x}_1 = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

- Desviación estándar:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Obtenidos los datos especificados anteriormente, se pueden establecer los límites de control para la carta \bar{X}

5.5.2.1. Límites de control de la carta \bar{X} Los límites de control reflejan la variación esperada para las medias muestrales de tamaño n , mientras el proceso no tenga cambios importantes (1). Permiten detectar la existencia de puntos que se encuentren por fuera de especificación.

Los límites de control para la carta \bar{X} están dados de la siguiente manera:

$$\text{Límite real superior} = \mu + 3\sigma = \mu + 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$\text{Límite real inferior} = \mu - 3\sigma = \mu - 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

5.5.2.2. Límites de control de la carta R La carta de control R permite detectar cambios en la amplitud o magnitud de la variación que existe dentro de un proceso. Estos son establecidos mediante la expresión:

$$\mu_R \pm 3\sigma_R$$

Siendo:

μ_R : Media de los rangos

σ_R : Desviación estándar de los rangos

$$\mu_R = \bar{R}$$

$$\sigma_R = d_3 \sigma \approx d_3 \left(\frac{\bar{R}}{d_2} \right)$$

Dónde:

\bar{R} : Media de los rangos de los subgrupos

σ : Desviación estándar del proceso

d_3 : Constante que depende del tamaño del subgrupo

$$LCI = \bar{R} - 3d_3 \left(\frac{\bar{R}}{d_2} \right) = \left[1 - 3 \left(\frac{d_3}{d_2} \right) \right] \bar{R} = D_3 \bar{R}$$

$$LCS = \bar{R} + 3d_3 \left(\frac{\bar{R}}{d_2} \right) = \left[1 + 3 \left(\frac{d_3}{d_2} \right) \right] \bar{R} = D_4 \bar{R}$$

Línea central: \bar{R}

Las constantes D_3 y D_4 se toman tal como se definen en Montgomery (2007).

5.5.3. Carta de individuales Las cartas de control individuales son un diagrama para variables de tipo continuo las cuales se manejan en el caso particular donde $n=1$, estas se aplican para procesos específicos donde, debido a diferentes factores, se hace imposible tomar subgrupos para la evaluación del estadístico. Las principales causas que originan este caso particular pueden ser:

- Procesos en los cuales la medición del parámetro de interés conlleve la destrucción de la muestra y por consiguiente sea un proceso costoso.
- Procesos en los cuales tengan que pasar un tiempo considerable para la medición de la muestra.
- Procesos en los que las mediciones cercanas solo llegan a presentar variación debido a errores en la medición.
- Procesos de medición automática.

5.5.3.1. Límites de control carta de individuales Los límites de control están determinados por la expresión:

$$\mu_x \pm 3 \sigma_x$$

Dónde:

μ_x : Media del proceso

σ_x : Desviación estándar del proceso

En un estudio inicial estos parámetros se estiman de la siguiente manera:

$$\mu_x = \bar{X}$$

$$\sigma_x = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{\bar{R}}{1.128}$$

Dónde:

\bar{X} : Media de las mediciones

\bar{R} : Media de los rangos móviles de orden 2

El valor de la constante d_2 es de 1.128 (11), ya que se considera una muestra $n=2$, dado que el rango es obtenido entre los datos de dos mediciones consecutivas.

5.6. ÍNDICES DE CAPACIDAD DE PROCESOS

La capacidad de un proceso consiste en conocer la amplitud de la variación natural del proceso para una característica dada, lo que en el caso actual sería el cambio en el calibre de los productos.

5.6.1. Índice de capacidad potencial del proceso C_p El índice de capacidad potencial del proceso se define de la siguiente manera:

$$C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma}$$

Donde Es y EI son las especificaciones superior e inferior para la característica de calidad evaluada. Uno de los inconvenientes que presenta el índice C_p es que no toma en cuenta el centrado del proceso.

5.6.2. Índice de capacidad C_{pk} Como se mencionó anteriormente, el índice C_p no tienen en cuenta el centrado del proceso, por lo cual el índice C_{pk} es un indicador de la capacidad real de un proceso pues este índice tiene en cuenta el centrado del proceso, A continuación se muestra la fórmula de cálculo del índice C_{pk}

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

6. RESULTADOS

6.1. DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS

Para el análisis de los datos se tomó como punto de partida el formato mostrado en el **ANEXO A** Formato de toma de datos proceso de extrusión

, el cual es llenado por cada uno de los operadores en los diferentes turnos de cada uno de las máquinas extrusoras. Durante la operación normal de la planta se presentan vacíos en la medición, la cual debería ser cada hora pero debido a problemas técnicos como paradas de producción o falta de material entre otros no se hace así. Los datos necesarios para la realización del presente estudio son de tipo confidencial, por lo cual se presenta solo los resultados obtenidos en el análisis de cada una de las maquinas extrusoras. Dado que, en un mismo turno de operación, puede presentarse el requerimiento de diferentes calibres, motivo por el cual, se realizó la comparativa entre el calibre determinado por el área de producción y el calibre medido en la muestra.

6.2. ANÁLISIS DESCRIPTIVO

Como punto de partida se realizó un análisis descriptivo de la variable de interés, "*Cambio en el calibre del producto*". En la **Tabla 2** se presenta el resumen descriptivo de cada una de las máquinas extrusoras evaluadas.

Tabla 2 Resumen estadística descriptiva para las extrusoras

Resumen estadísticas descriptivas para la extrusora								
Variable	Extrusora							
	45	E30-1	E30-2	E50	E55-2	E55-2	COEX	E55-1
n	560	121	341	378	455	455	206	457
Mínimo	-0,1429	-0,0500	-0,1250	-0,1154	-0,1964	-0,1964	-0,1000	-0,1429
Máximo	0,1429	0,0500	0,0250	0,0909	0,2000	0,2000	0,0333	0,1250
Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0
Media	-0,0113	-0,0045	-0,0042	-0,0015	-0,0031	-0,0031	-0,0080	-0,0008
Desviación estándar	0,0372	0,0138	0,0150	0,0191	0,0189	0,0189	0,0199	0,0266
1 Q	0	0	0	0	0	0	0	0
3 Q	0	0	0	0	0	0	0	0
Rango	0,2857	0,1000	0,1500	0,2063	0,3964	0,3964	0,1333	0,2679
IQR	0	0	0	0	0	0	0	0
Sesgo estandarizado	-15.907	-7.284	-31.895	-1.460	-5.327	-5.327	-12.018	1.922
Curtosis Estandarizada	23.896	13.429	86.691	56.763	236.674	236.674	11.748	61.225

Como se observa en la **Tabla 2**, la media encontrada para el cambio presentando en el calibre del producto dentro de cada una de las extrusoras se encuentra por debajo de cero, lo que indica productos con calibre menor del estipulado inicialmente.

Se destaca dentro de la **Tabla 2** el valor de Curtosis estandarizada, los cuales no se encuentran dentro del rango esperado para datos provenientes de una distribución normal.

En el **ANEXO B** Histograma y diagrama de cajas y bigotes para el cambio en el calibre de cada una de las extrusoras evaluadas

se presenta el histograma y el diagrama de cajas y bigotes del cambio en el calibre del producto para cada una de las extrusoras evaluadas.

6.3. DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS DATOS

De acuerdo a los valores de Curtosis estandarizada mostrados en la **Tabla 2** se genera la sospecha que los datos obtenidos, para cada una de las extrusoras evaluadas, no presentan una distribución normal, por lo cual, se realiza un análisis mediante el paquete *riskDistributions* del software estadístico R (12). Para este

análisis se corrió el código presentado en el **ANEXO C** Código utilizado en R para la evaluación de los resultados

y los resultados se presentan en la **Tabla 3**. Se determinó la distribución propia para cada conjunto de datos de cada extrusora de acuerdo con el criterio AIC.

Tabla 3 Tabla de valores AIC para la determinación de la distribución de los datos

Distribución	AIC							
	45	E30-1	E30-2	E50	E55-2	65	COEX	55-1
Normal	-2097,7	-690,3	-1905,1	-1917,2	-2316,1	-1893,0	-1023,4	-2015,1
Logistic	-2316,4	-738,8	-2105,4	-2204,8	-2759,9	-2101,4	-1081,3	-2395,4
Uniform	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
Student's t	1035,0	NULL	NULL	NULL	NULL	899,1	NULL	843,1

De acuerdo a lo anterior, se concluye que los datos recopilados para cada una de las extrusoras se ajustan más a una distribución logística que a una distribución normal, debido a que tiene colas más pesadas, esto explica los valores de Curtosis mostrados en la **Tabla 2**.

6.4. CARTAS DE INDIVIDUALES

Como se determinó anteriormente, debido a la continuidad del proceso y que en la medición de muestras cercanas solo se presentaría variación producto de errores en la medición, se presentará a continuación el cálculo de cartas individuales para cada una de las extrusoras implicadas en el proceso.

6.4.1. Carta de individuales Extrusora 45 Para la extrusora 45 se evaluaron 560 muestras individuales; éstas fueron tomadas durante el proceso de fabricación de plástico de alta densidad en el mes de febrero del año 2016. Durante el día 28 del mes no se contó con medición de la producción debido a pérdida de la información recogida en los formatos por parte de los operadores.

Distribución: Logística

$$LSC: + 3.0 \text{ sigma} = 0.0926798$$

Línea central =

$$LSC: - 3.0 \text{ sigma} = -0.101424$$

Gráfico X para extrusora 45

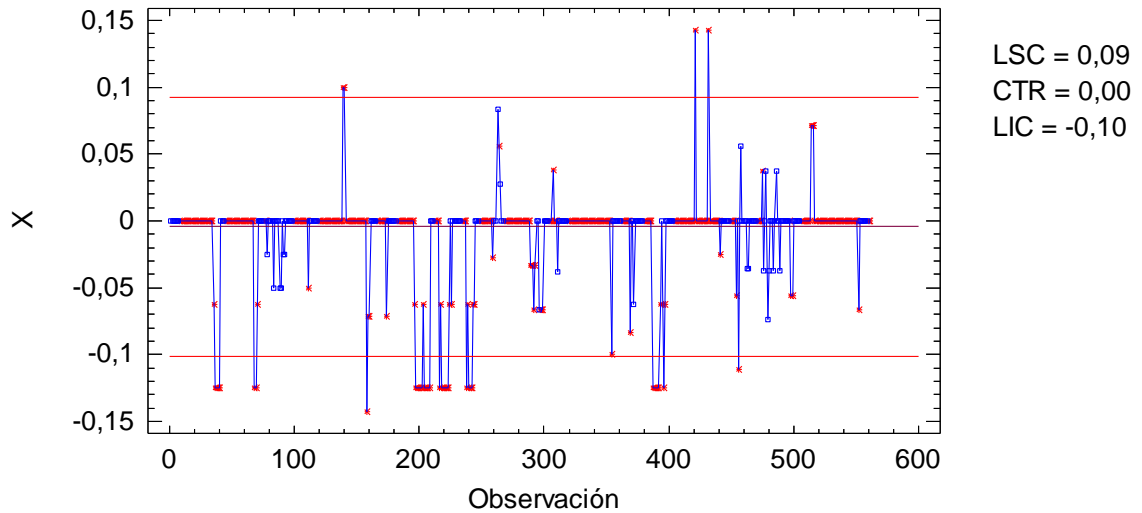


Figura 1 Gráfico de control individual para la extrusora 45

De los 560 puntos evaluados para la extrusora 45, 42 se muestran fuera de los límites de control en la **Figura 1**, con unos límites establecidos en un ± 3 sigma. Debido a que la probabilidad de que aparezcan 42 o más puntos fuera de los límites, sólo por azar, es 0.0 si los datos provienen de una distribución logística, se declara que el proceso está fuera de control estadístico con un nivel de confianza de 95%.

6.4.2. Carta de individuales Extrusora E30-1 Para la extrusora E30-1 se analizaron 121 datos obtenidos del proceso de extrusión de material de baja densidad durante el mes de febrero del año 2016; la cantidad reducida de datos, en comparación con la extrusora 45, es debido a que los periodos comprendidos

entre los días 6 al 21 y del 24 al 29 de febrero estuvo fuera de operación la extrusora.

Distribución: Logística

LSC: + 3.0 sigma = 0.0338864

Línea central = -0.00184229

LSC: - 3.0 sigma = -0.0375709

Gráfico X para la extrusora E30-1

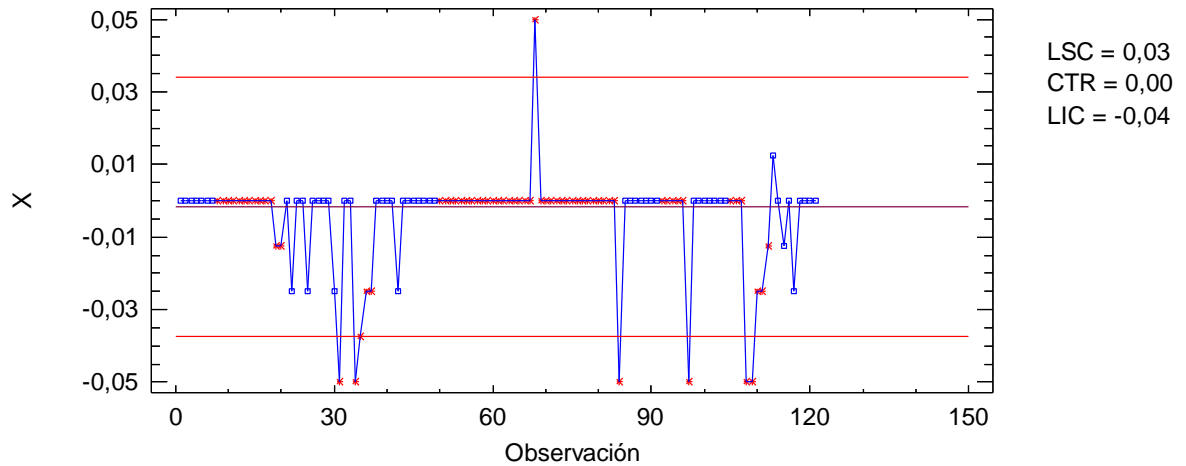


Figura 2 Gráfico de control individual para la extrusora E30-1

De los 121 datos tomados para la evaluación de la extrusora E30-1, 7 se encuentran fuera de los límites de control, con unos límites establecidos en un ± 3 sigma tal como se aprecia en la **Figura 2**, y debido a que la probabilidad de que aparezcan 7 o más puntos fuera de los límites, sólo por azar, es 0,0, si los datos provienen de una distribución logística, se puede declarar que el proceso está fuera de control con un nivel de confianza del 95%.

6.4.3. Carta de individuales Extrusora E30-2 Para la extrusora E30-2 de baja densidad se analizaron 341 datos tomados durante el mes de febrero. Los días

comprendidos entre el 6 y el 17 del mes y el día 28 no se cuenta con información debido a pérdida de los registros tomados por los operadores.

Distribución: Logística

LSC: + 3.0 sigma = 0.0297198

Línea central = -0.00109857

LSC: - 3.0 sigma = -0.031917

Gráfico X para la extrusora E30-2

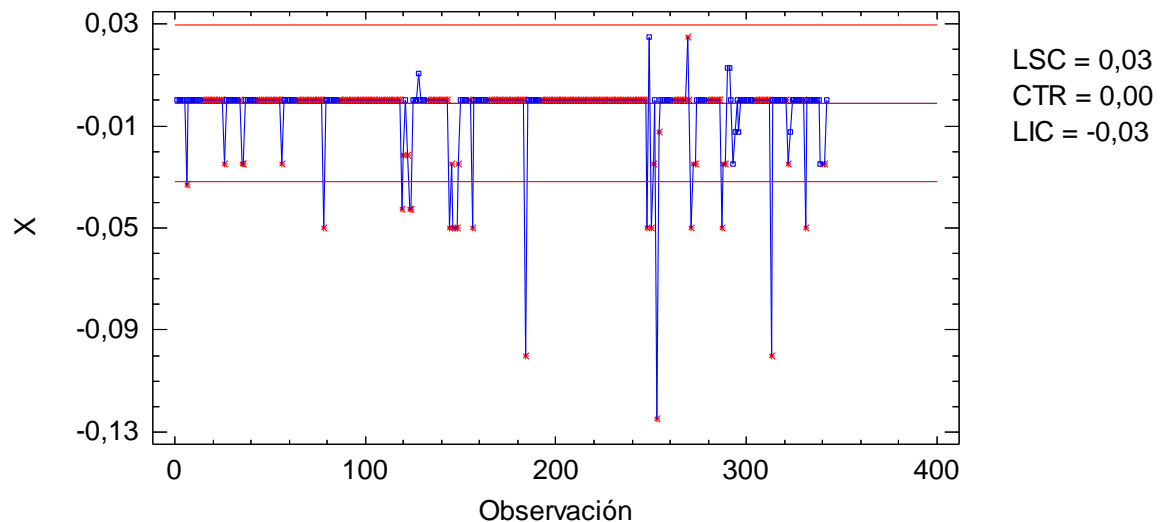


Figura 3 Gráfico de control individual para la extrusora E30-2

De los 341 puntos tomados para el análisis de la extrusora E30-2, 18 están por fuera de los límites de control establecidos en ± 3 sigma como se muestra en la **Figura 3**. Debido a que la posibilidad que existan 18 o más puntos fuera de los límites de control es de 0.0, se puede declarar que el proceso está fuera de control estadístico con un nivel de confianza de 95%

6.4.4. Carta de individuales Extrusora E50 La extrusora E-50 trabaja con material de Propilco y se tomaron un total de 378 datos para el análisis, datos

recogidos durante el mes de febrero de 2016. No se contó con información para el día 28 por pérdida del formato ni de los días comprendidos entre el 23 al 25 y del 05 al 11 del mes por parada en la producción.

Distribución: Logística

LSC: + 3.0 sigma = 0.0375549

Línea central = -0.000517172

LSC: - 3.0 sigma = -0.0385893

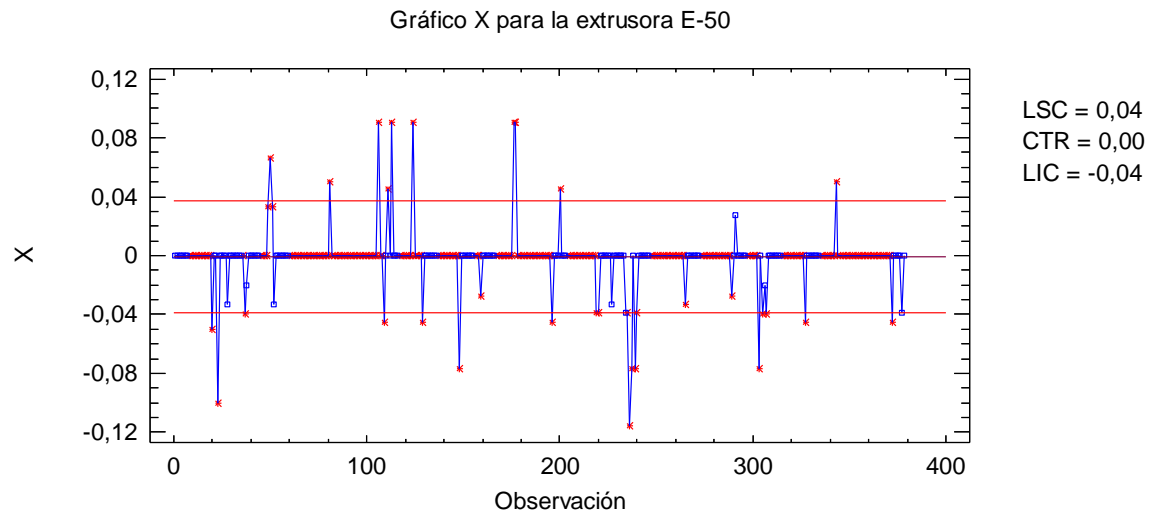


Figura 4 Gráfico de control individual para la extrusora E50

De los 378 datos incluidos en el análisis, 25 puntos se encuentran fuera de los límites de control, **Figura 4**, establecidos en un ± 3 sigma. Puesto que la probabilidad de que aparezcan 25 o más puntos fuera de los límites de control, sólo por azar, es de 0.0 si los datos provienen de una distribución logística, se concluye que el proceso está fuera de control estadístico, con un nivel de confianza de 95%.

6.4.5. Carta de individuales Extrusora E55-2 Para el análisis de la extrusora E55-2 se tomaron 445 datos correspondientes a las mediciones tomadas durante

el mes de febrero del 2016. No se cuenta con información correspondiente a los días 02 y 28 del mes por pérdida en los formatos de producción y los días correspondientes al 10, 11 y 12 del mes la extrusora estuvo fuera de línea por falta de materia prima.

Distribución: Logística

LSC: + 3.0 sigma = 0.0280785

Línea central = -0.000740085

LSC: - 3.0 sigma = -0.0295587

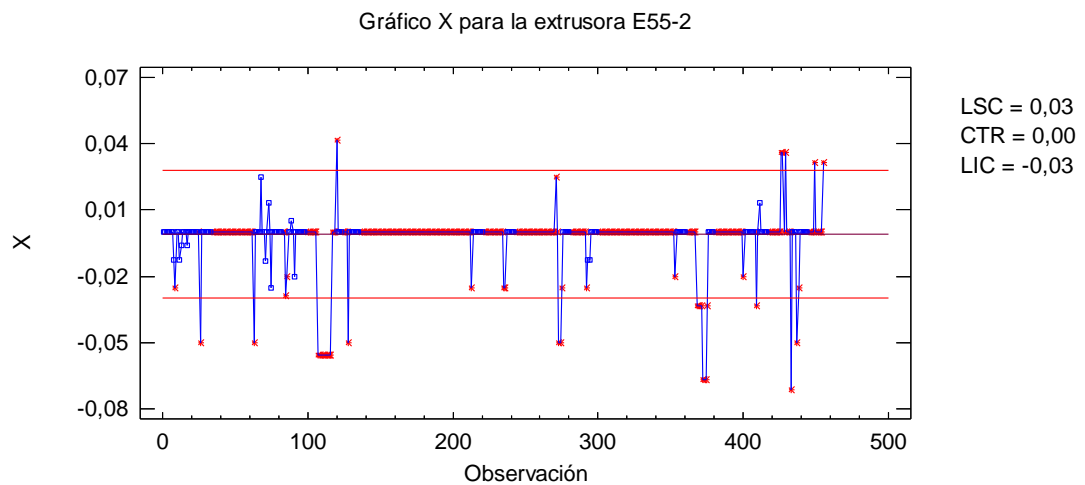


Figura 5 Gráfico de control individual para la extrusora E55-2

De los 445 puntos que se muestran en la **Figura 5** para la extrusora E55-2, 32 se encuentran por fuera de los límites de control, debido a que la posibilidad que se presenten 32 o más puntos fuera de los límites de control por azar es de 0.0, si los datos provienen de una distribución logística, se puede declarar que el proceso está fuera de control con un nivel de confianza de 95%.

6.4.6. Carta de individuales Extrusora X65 Para el cálculo correspondiente a la Extrusora 65 se tuvieron en cuenta 485 datos tomados durante el mes de febrero

del año 2016, se excluyen los días 28 y 01 del mes por pérdida en la información y los días 14 y 15 por parada debido a requerimientos de la producción; esta extrusora maneja material de alta densidad

Distribución: Logística

LSC: + 3.0 sigma = 0.0837174

Línea central = -0.00387648

LSC: - 3.0 sigma = -0.0914703

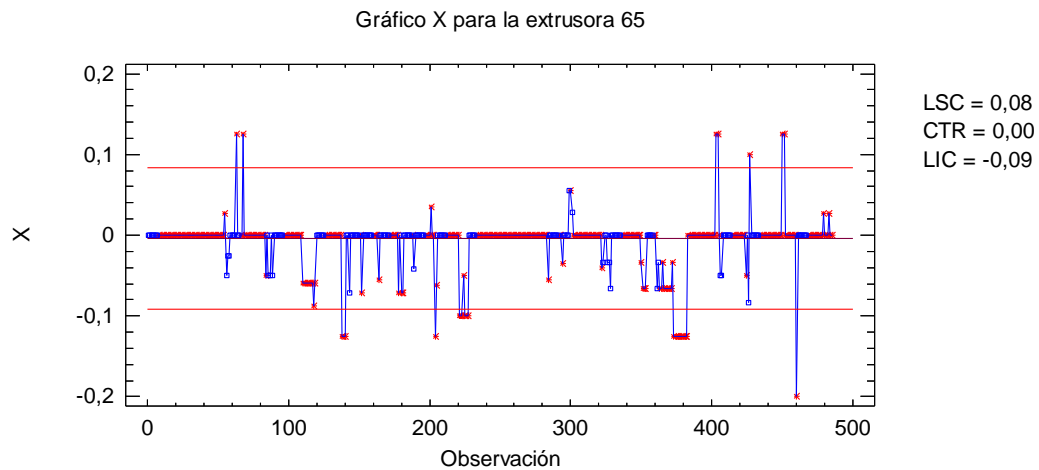


Figura 6 Gráfico de control individual para la extrusora 65

De los 485 puntos tomados para el análisis correspondiente a la extrusora 65, 28 se encuentran fuera de los límites de control, como se puede ver en la **Figura 6**, debido a que la probabilidad de que aparezcan 28 o más puntos fuera de los límites, sólo por azar, es de 0.0, si los datos provienen de una distribución logística, se declara que el proceso se encuentra por fuera de control estadístico bajo los límites de ± 3 sigma, esto con un nivel de confianza de 95%.

6.4.7. Carta de individuales Extrusora COEX Para los cálculos realizados en la extrusora COEX, de baja densidad, se tomaron 206 registros durante el mes de

febrero; se excluyeron los días 17 y del 21 al 28 por parada debido a requerimientos de producción, los días 10-12 se realizó parada por falta de materia prima y los días 01, 02, 03, 04 y 07 del mes no se cuenta con los formatos debido a pérdida en la información.

Distribución: Logística

LSC: + 3.0 sigma = 0.0536716

Línea central = -0.00351114

LSC: - 3.0 sigma = -0.0606939

Gráfico X para la extrusora COEX

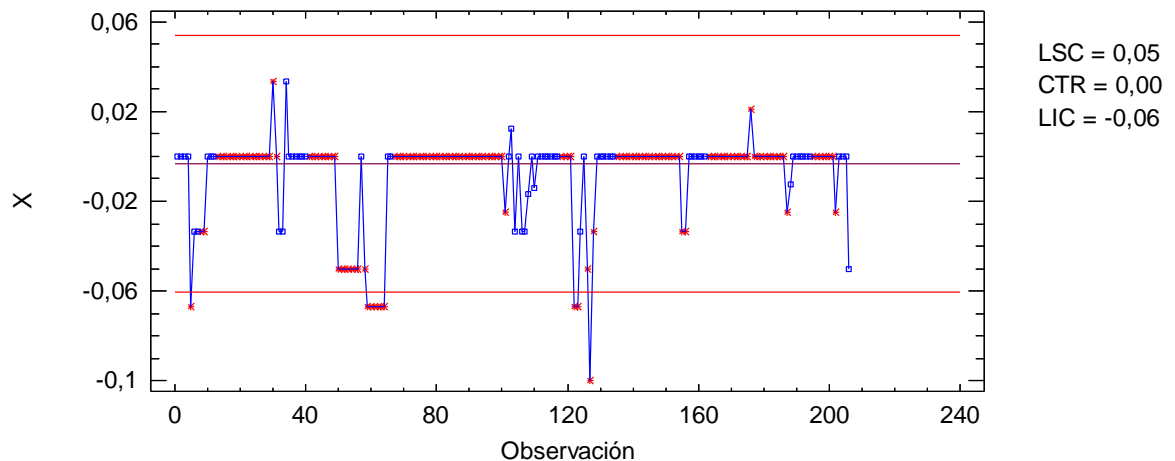


Figura 7 Gráfico de control individual para la extrusora 65

Se logra determinar que de los 206 puntos incluidos en el cálculo para la extrusora COEX, 10 de ellos se encuentran por fuera de los límites de control establecidos en ± 3 sigma, como se observa en la **Figura 7** debido a que la posibilidad de que se presenten 10 o más puntos por fuera de los límites de control es de 0,0, se establece que el proceso se encuentra por fuera de control estadístico con 95% de confianza.

6.4.8. Carta de individuales Extrusora 55-1 Para el análisis de la extrusora 55-1 se tuvieron en cuenta 457 datos recogidos durante el mes de febrero del año 2016, durante este mes se excluyeron los días 28, 14, 15 y 01 por pérdida de la información y el día 21 por parada de acuerdo a los requerimientos dados en el área de producción.

Distribución: Logística

$$LSC: + 3.0 \text{ sigma} = 0.0502985$$

$$\text{Línea central} = -0.000429554$$

$$LSC: - 3.0 \text{ sigma} = -0.0511576$$

Gráfico X para la extrusora 55-1

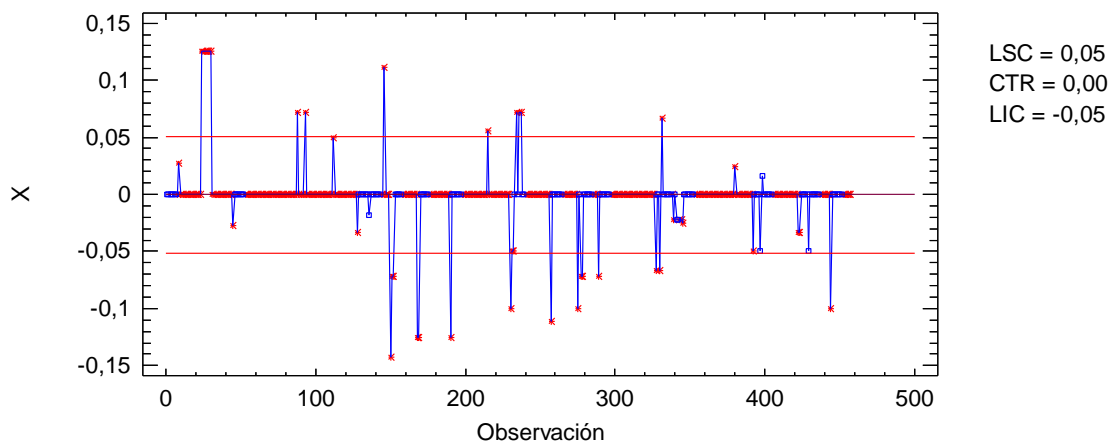


Figura 8 Gráfico de control individual para la extrusora 65

Se determina que de los 457 puntos utilizados en el análisis para la extrusora 55-1, 30 se encuentran por fuera de los límites de control, **Figura 8**, y dado que la posibilidad que esto suceda es de 0,0 se deduce con un nivel de 95% de confianza que el proceso se encuentra fuera de control estadístico.

6.5. ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD ACTUAL

Como se ha podido observar en análisis de las cartas individuales de control, cada uno de los procesos de extrusión realizados en la empresa, se encuentra fuera de especificaciones de calidad; utilizando límites de calidad internacional, seis sigma, para su medición. En el **ANEXO D** Histogramas de capacidad de cada extrusora

se muestran los histogramas de capacidad para cada una de las extrusoras evaluadas, se realiza una estimación de la capacidad actual del proceso utilizando los límites de especificación que se tienen establecidos dentro de la producción, $LSE=0.1$ y $LIE=-0.1$

En la **Tabla 4** se presenta el resumen del cálculo de los índices C_p y C_{pk} para cada una de las extrusoras evaluadas en el proceso. Para este cálculo se utilizó $LSE=0.1$ y $LIE=-0.1$

Tabla 4 Resumen del cálculo de C_p y C_{pk} para cada extrusora

Parámetro	Extrusora			
	45	E30-1	E30-2	E50
	Corto Plazo	Corto Plazo	Corto Plazo	Corto Plazo
C_p	3,51	3,94	5,13	4,06
C_{pk}	3,41	3,9	5,1	4,04
Parámetro	Extrusora			
	E55-2	65	COEX	55-1
	Corto Plazo	Corto Plazo	Corto Plazo	Corto Plazo
C_p	7,03	3,63	4,55	4,47
C_{pk}	7,00	3,54	4,45	4,45

Se analizó el porcentaje fuera de especificación, superior e inferior, de cada extrusora, estos porcentajes se pueden observar gráficamente en el **ANEXO E** y se presenta un resumen en la **Tabla 5**.

Tabla 5 Valores fuera de especificación

	Fuera de especificacion	
Extrusora	LSE	LIE
45	0,36%	6,79%
E30-1	0,00%	0,00%
E30-2	0,00%	0,29%
E50	0,00%	0,26%
E55-2	0,00%	0,00%
65	1,24%	3,09%
COEX	0,00%	0,00%
55-1	1,75%	1,09%

7. CONCLUSIONES

- El análisis de capacidad realizado, para cada una de las extrusoras, teniendo como límite de especificación superior e inferior $\pm 10\%$, permite concluir que el proceso cuenta con una alta capacidad para el cumplimiento de los parámetros establecidos por el área de producción de la compañía.
- Con base en las cartas de control de individuales realizadas, donde se observa para cada extrusora, gran cantidad de datos por fuera de los límites de control y de acuerdo a la **Tabla 5** donde se muestra el porcentaje de datos fuera de especificaciones, se determina que el proceso no cumple con los requerimientos de un sistema de control estadístico de calidad seis sigma.
- De acuerdo a los resultados obtenidos y en seguimiento del proceso de extrusión con el personal de calidad de la compañía, se identifica la variabilidad del proceso atribuible a causas no asignable, esto de acuerdo a lo evaluado en el presente proyecto.
- Se logró evidenciar graves falencias por parte de la operación en el seguimiento realizado sobre las variables medidas ya que dentro de los formatos se encuentran vacíos injustificados y pérdida de datos en algunos días.
- Se identifican las extrusoras E30-1, E55-2 y COEX con los mejores índices de capacidad, **Tabla 4**, y con un 0.0% de datos fuera de especificación **Tabla 5**.
- Las medidas registradas para el fuelle no presentan variación alguna, ya que los cambios que se pueden presentar están por debajo del límite de la

medición (0,1 mm). Por lo anterior no se realizó seguimiento a esta característica y se considera que se encuentra en control.

8. RECOMENDACIONES

A continuación se presentan algunas recomendaciones de mejora en el sistema de control de calidad identificadas en el presente estudio.

- Se recomienda realizar un seguimiento donde se registre información del operador de turno y determinar su influencia dentro de los resultados.
- Se recomienda realizar sensibilización al área encargada, lo que permita un seguimiento más estricto al proceso.
- Si se decide realizar modificaciones en el proceso, con el objetivo de cumplir estándares de calidad internacional, se recomienda realizar un análisis costo-beneficio, ya que actualmente se cumplen los requerimientos establecidos para el cliente y los elementos que no se cumplen son aprovechados en otros procesos. Así mismo se debe realizar un ajuste en las medidas realizadas (mejor precisión).

BIBLIOGRAFÍA

1. Belgorodski, Natalia, y otros. cran.r-project.org. [En línea] 29 de Abril de 2016. <https://cran.r-project.org/web/packages/riskDistributions/riskDistributions.pdf>.
2. Carro, Roberto y González, Daniel. *Administración de las operaciones*. s.l. : Nueva librería, 2014.
3. Escuela Colombiana de Ingeniería. Plásticos Protocolo curso de procesos de manufactura . Bogotá , Colombia : s.n., 2007.
4. *Gestión de la calidad: Control estadístico y Seis Sigma*. Orlandoni, Giampaolo. 2, Maracaibo, Venezuela : s.n., 2012, TELOS, Vol. 14, págs. 269-274.
5. Gutiérrez, Humberto y De la Vara, Román. *Control estadístico de calidad y seis sigma*. Mexico, D.F. : McGraw-Hill, 2009.
6. Instituto Nacional de Ecología . *Estudio comparativo de bolsas de plástico degradables versus convencionales mediante la herramienta de Análisis de Ciclo de Vida*. Ciudad de México : s.n., 2009.
7. Montgomery, Douglas C. *Control estadístico de la calidad*. México : Limusa Wiley, 2007.
8. Normas ISO 9001. [En línea] 11 de 04 de 2016. <http://www.normas9000.com/iso-9000-8.html>.
9. Rivera García, Diego. *Cartas de control para datos funcionales*. Guanajuato, Mexico : s.n., Agosto de 2011.
10. Russell, María Guadalupe. *Control estadístico de procesos*. Sinaloa, Mexico : s.n., 2-6 de Julio de 2012.
11. Sabadías, Antonio Vargas. *Estadística descriptiva e inferencial*. s.l. : Servicio de publicaciones de la Universidad de Castilla - La mancha, 1995.
12. *Sitio web de Carlixplast*. [En línea] 28 de 03 de 2016. <http://www.carlixplast.com/>.

13. Spiegel, Murray R. *Teoría elemental del muestreo, teoría de la decisión estadística, ensayos de hipótesis y significación.*

ANEXO B Histograma y diagrama de cajas y bigotes para el cambio en el calibre de cada una de las extrusoras evaluadas

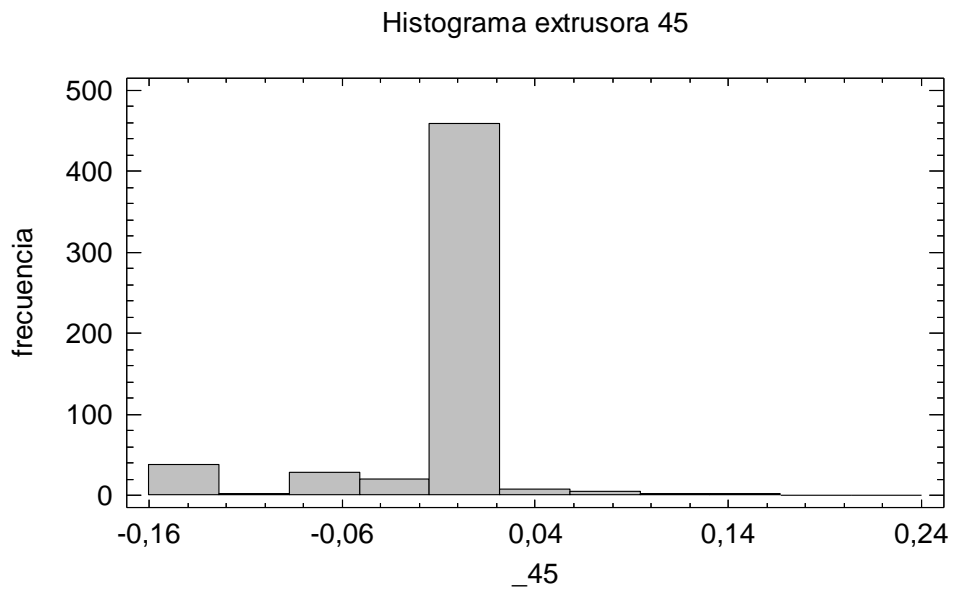


Figura B1 Histograma para los datos en el cambio del calibre de la extrusora 45

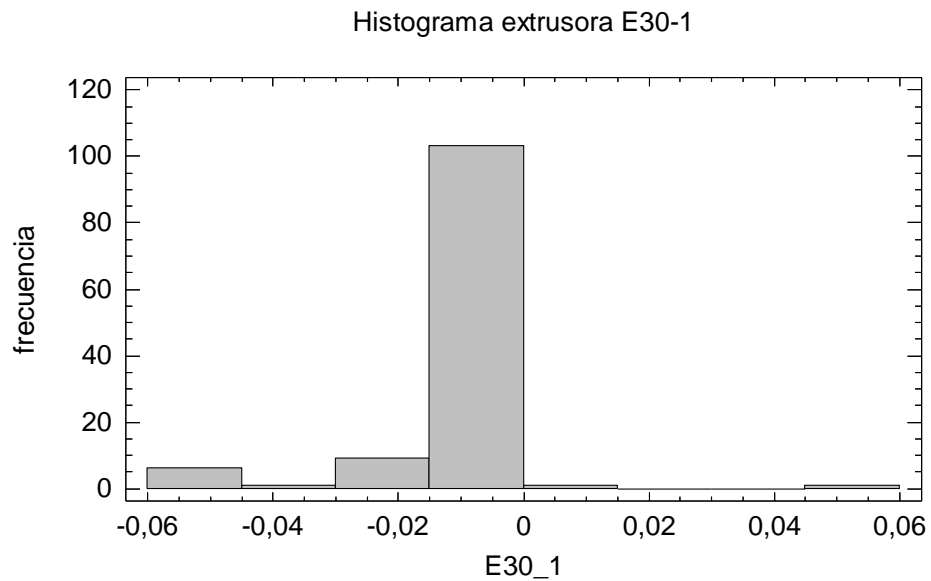


Figura B2 Histograma para los datos en el cambio del calibre de la extrusora E30-1

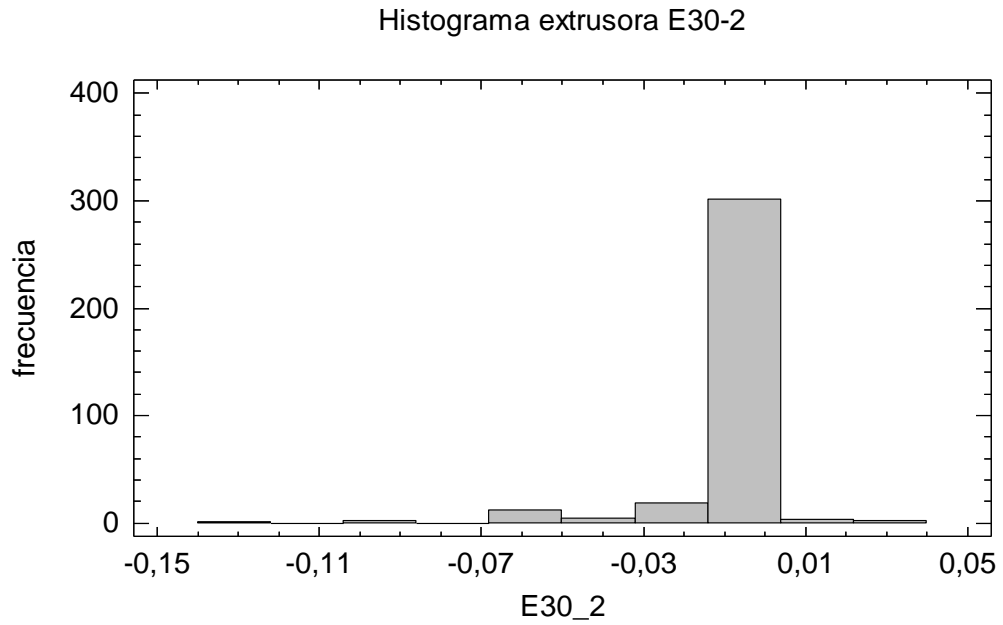


Figura B3 Histograma para los datos en el cambio del calibre de la extrusora E30-2

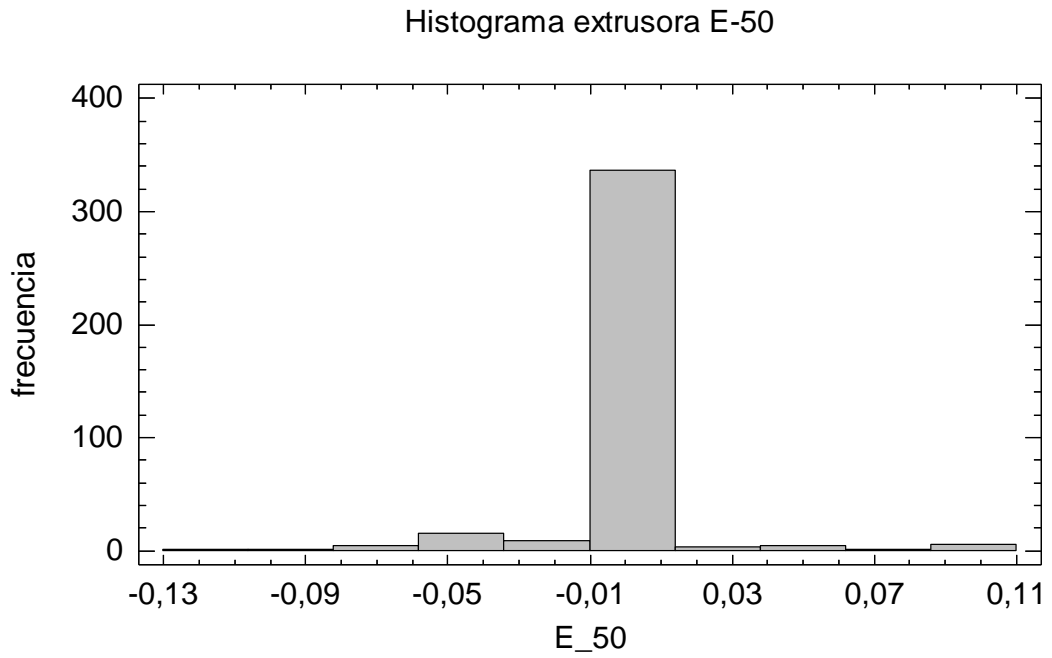


Figura B4 Histograma para los datos en el cambio del calibre de la extrusora E50

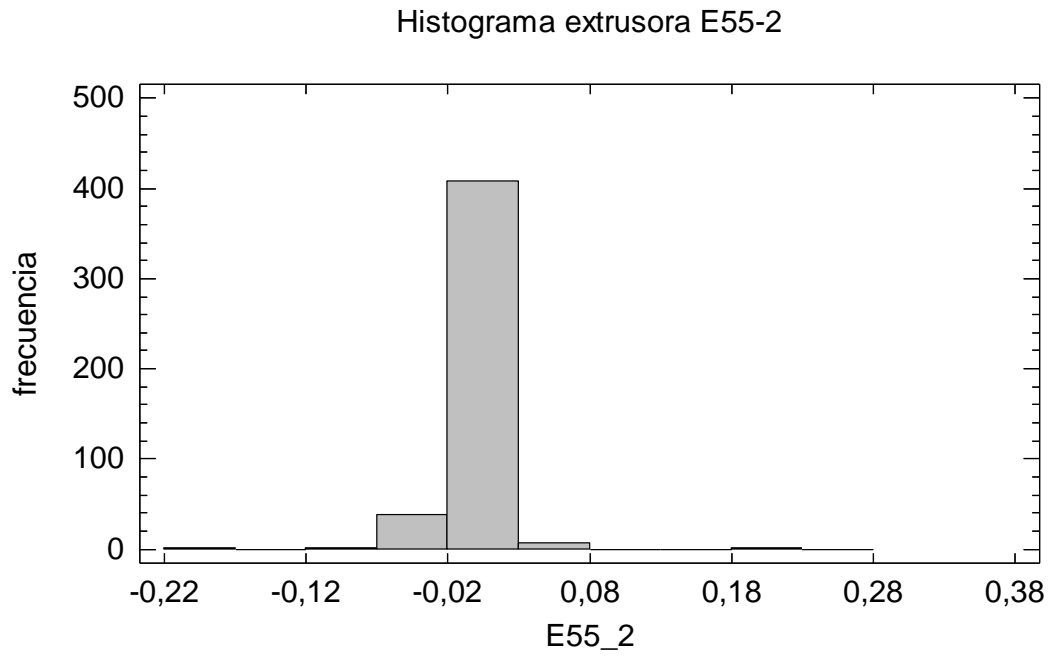


Figura B5 Histograma para los datos en el cambio del calibre de la extrusora E55-2

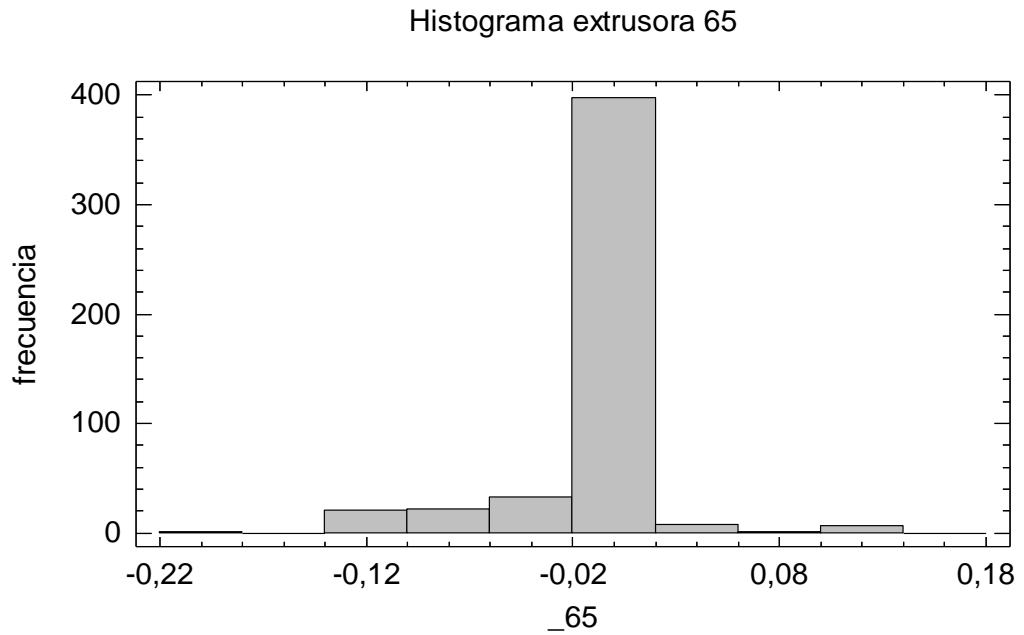


Figura B6 Histograma para los datos en el cambio del calibre de la extrusora 65

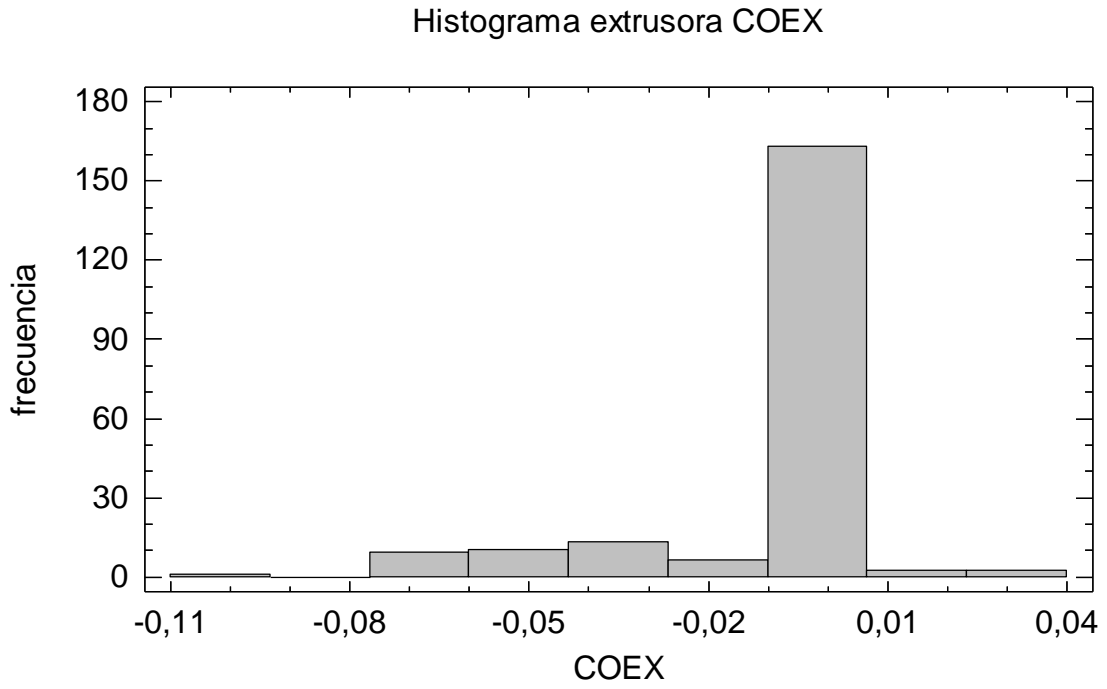


Figura B7 Histograma para los datos en el cambio del calibre de la extrusora COEX

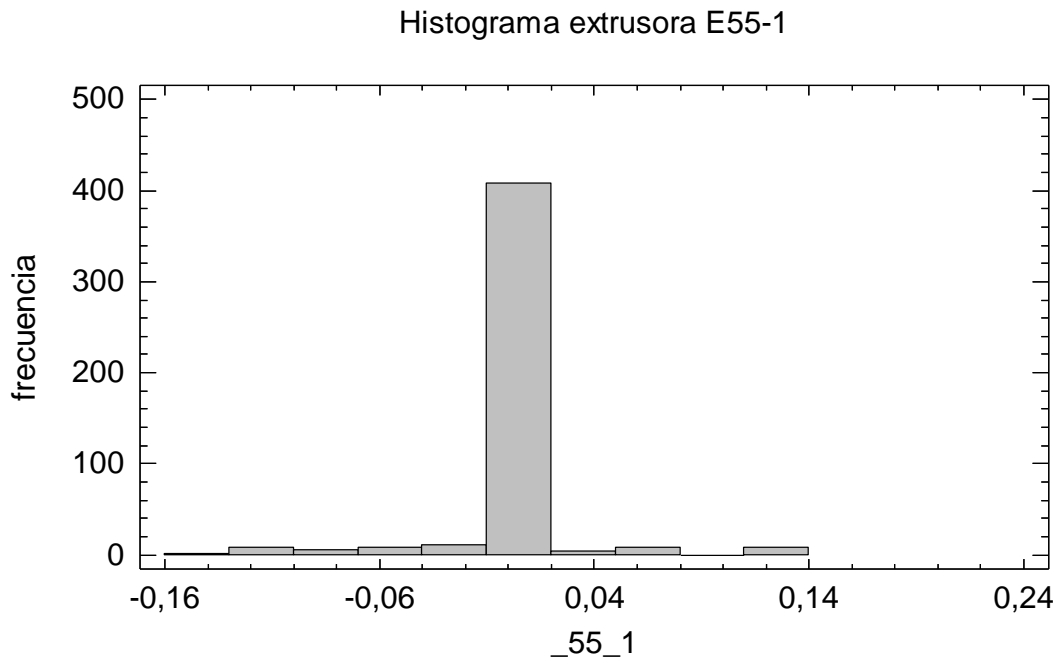


Figura B8 Histograma para los datos en el cambio del calibre de la extrusora COEX

Gráfico de Caja y Bigotes
Extrusora 45

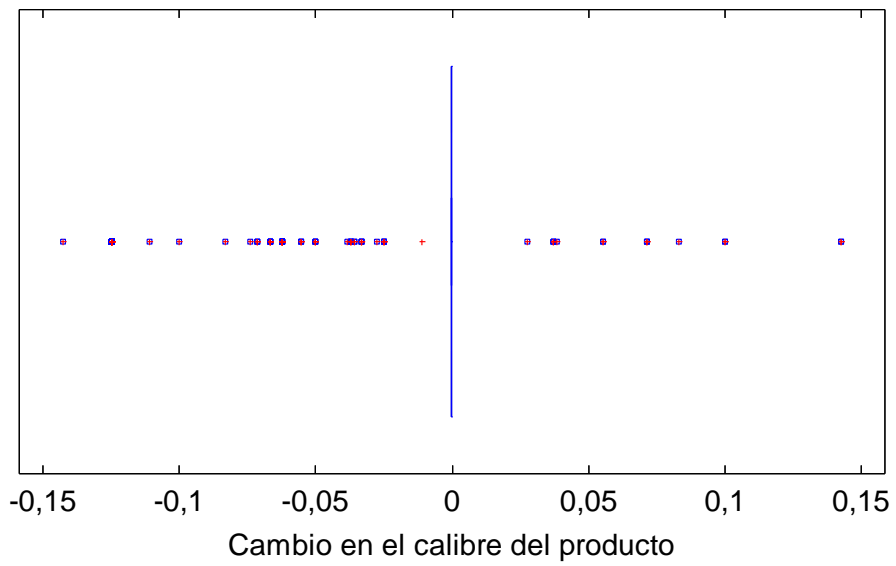


Figura B9 Diagrama de caja y bigotes Extrusora 45

Gráfico de Caja y Bigotes
Extrusora E30-1

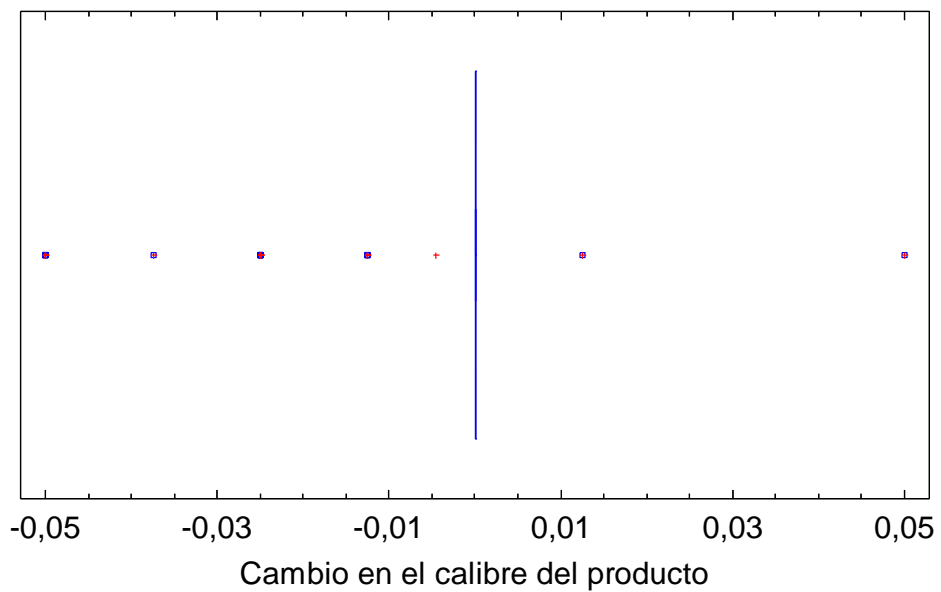


Figura B10 Diagrama de caja y bigotes Extrusora E30-1

Gráfico de Caja y Bigotes
Extrusora E30-2

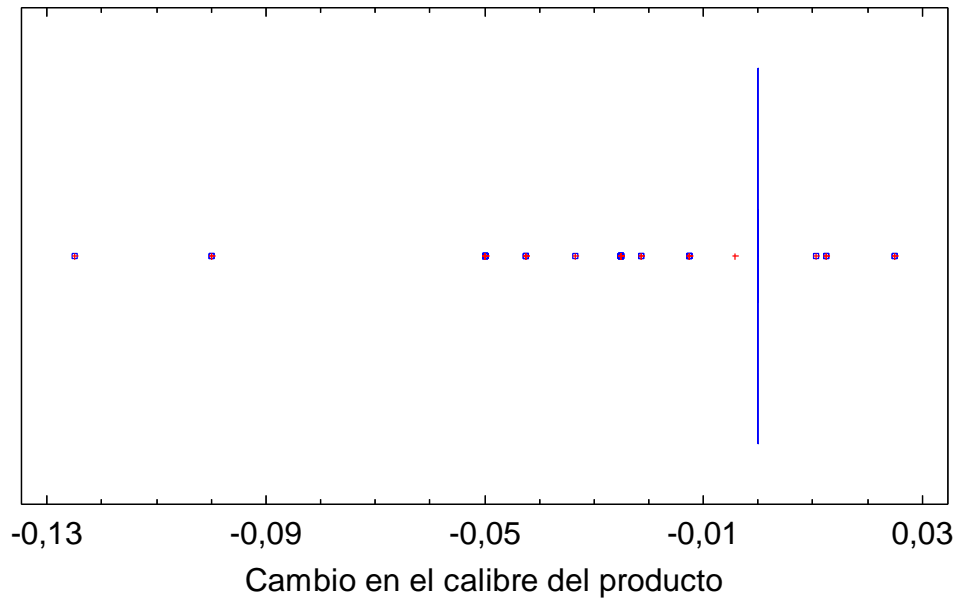


Figura B11 Diagrama de caja y bigotes Extrusora E30-1

Gráfico de Caja y Bigotes
Extrusora E50

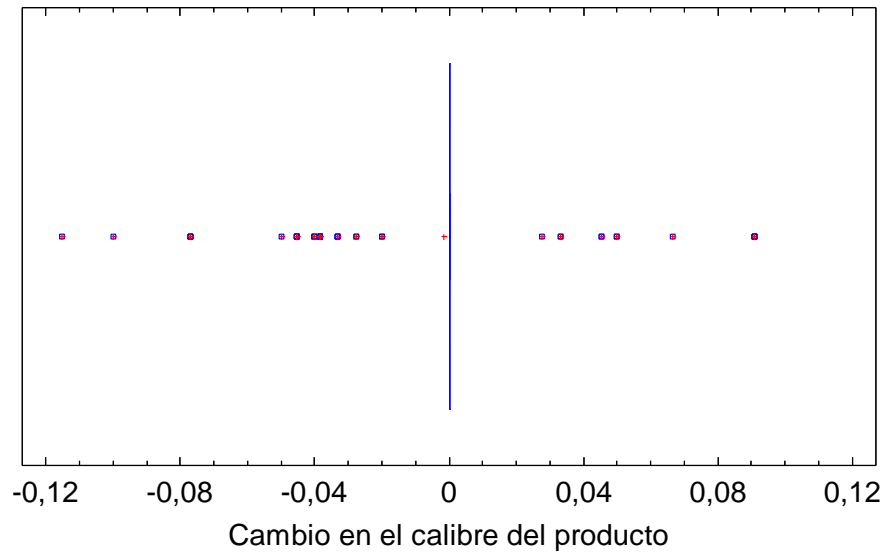


Figura B12 Diagrama de caja y bigotes Extrusora E50

Gráfico de Caja y Bigotes
Extrusora E55-2

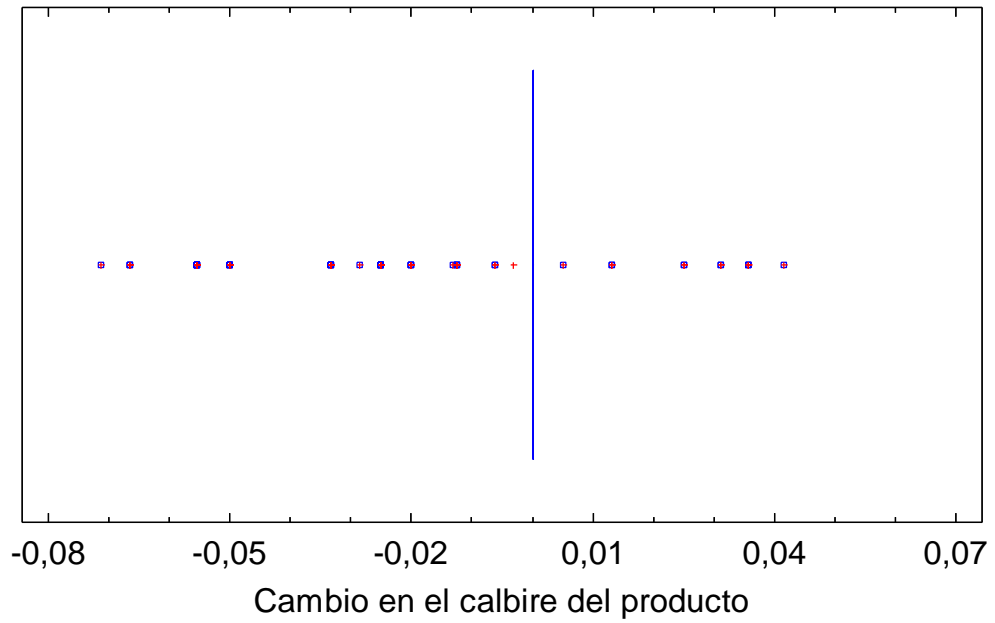


Figura B13 Diagrama de caja y bigotes Extrusora E55-2

Gráfico de Caja y Bigotes
Extrusora 65

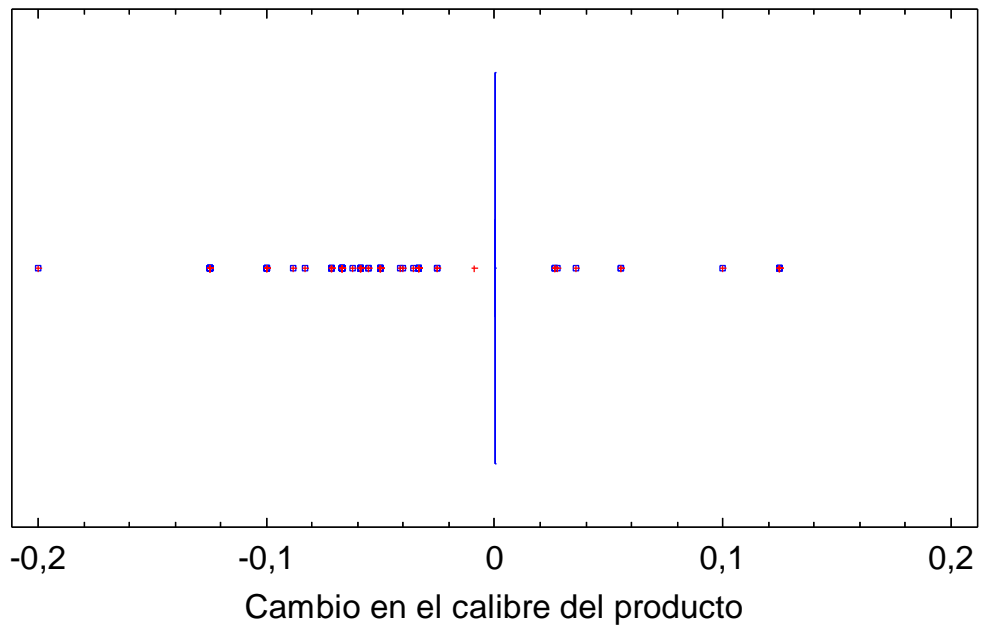


Figura B14 Diagrama de caja y bigotes Extrusora 65

Gráfico de Caja y Bigotes
Extrusora COEX

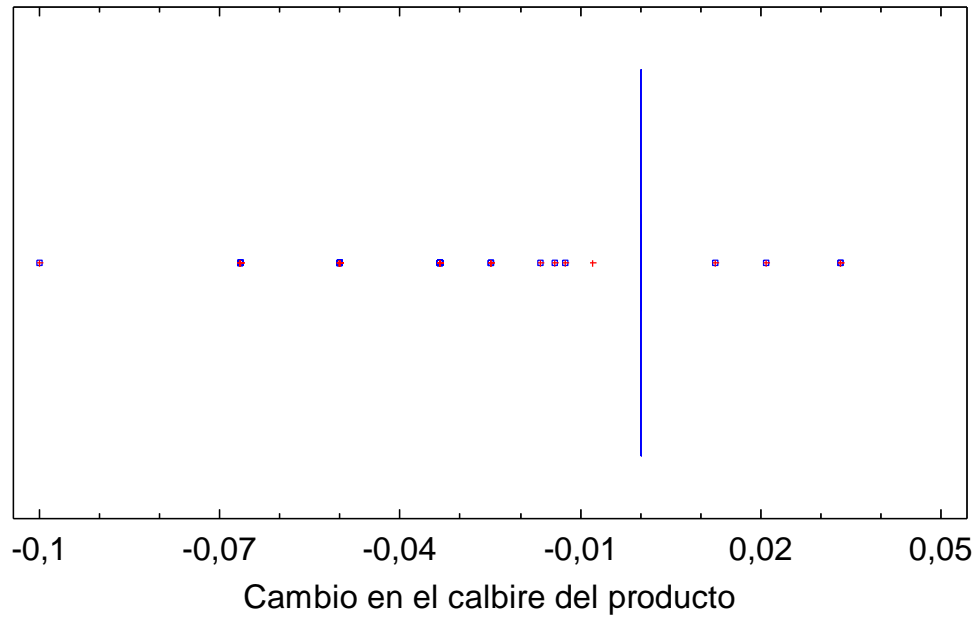


Figura B15 Diagrama de caja y bigotes Extrusora COEX

Gráfico de Caja y Bigotes
Extrusora E55-1

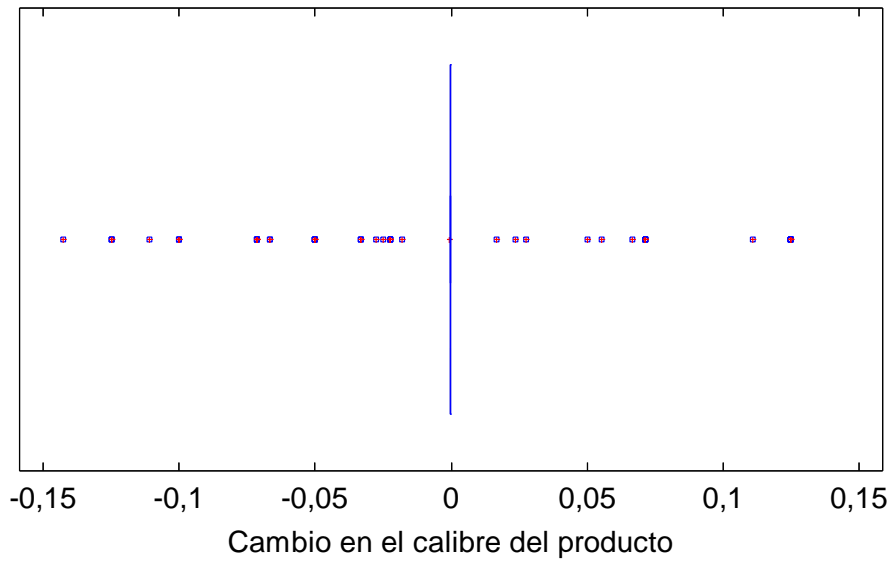


Figura B16 Diagrama de caja y bigotes Extrusora E55-1

ANEXO C Código utilizado en R para la evaluación de los resultados

```
rm(list=ls())
data<- read.table(file("clipboard"), header =T, sep ="\t")
X45<-as.numeric(unlist(data[1]))
E30.1<-as.numeric(unlist(data[2]))
E30.2<-as.numeric(unlist(data[3]))
E50<-as.numeric(unlist(data[4]))
E55.2<-as.numeric(unlist(data[5]))
X65<-as.numeric(unlist(data[6]))
COEX<-as.numeric(unlist(data[7]))
X55.1<-as.numeric(unlist(data[8]))

##Creación de los vectores sin los valores NA de las celdas
X45<-X45[!is.na(X45)]
E30.1<-E30.1[!is.na(E30.1)]
E30.2<-E30.2[!is.na(E30.2)]
E50<-E50[!is.na(E50)]
E55.2<-E55.2[!is.na(E55.2)]
X65<-X65[!is.na(X65)]
COEX<-COEX[!is.na(COEX)]
X55.1<-X55.1[!is.na(X55.1)]

library(riskDistributions) ##Cargue del paquete riskDistributions
##Evaluación de cada una de las extrusoras utilizando el paquete riskDistributions
RX45<-fit.cont(X45)
RE30.1<-fit.cont(E30.1)
RE30.2<-fit.cont(E30.2)
RE50<-fit.cont(E50)
RE55.2<-fit.cont(E55.2)
RX65<-fit.cont(X65)
RCOEX<-fit.cont(COEX)
RX55.1<-fit.cont(X55.1)
```

ANEXO D Histogramas de capacidad de cada extrusora

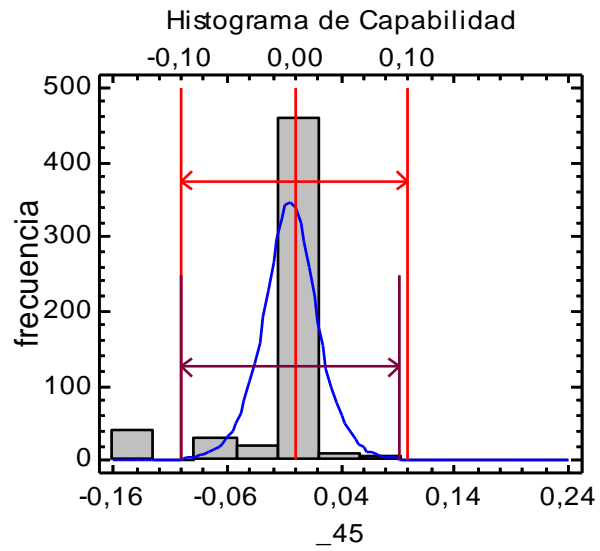


Figura D1 Histograma capacidad extrusora 45

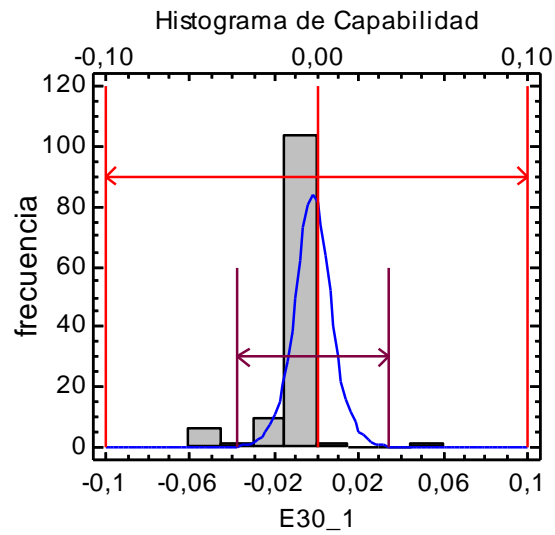


Figura D2 Histograma capacidad extrusora E30-1

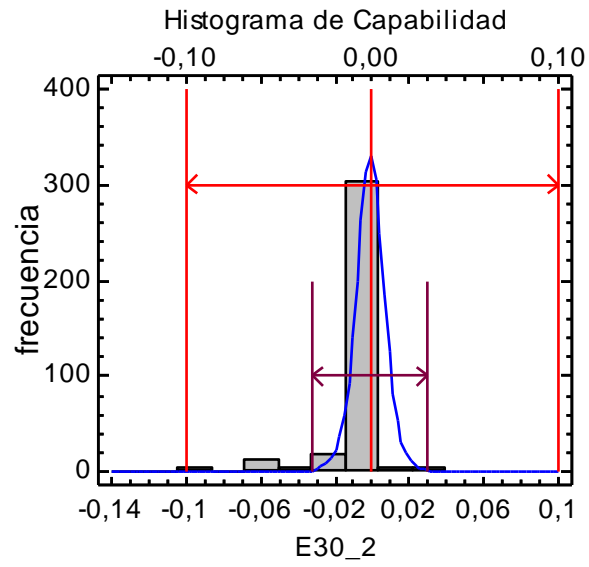


Figura D3 Histograma capacidad extrusora E30-2

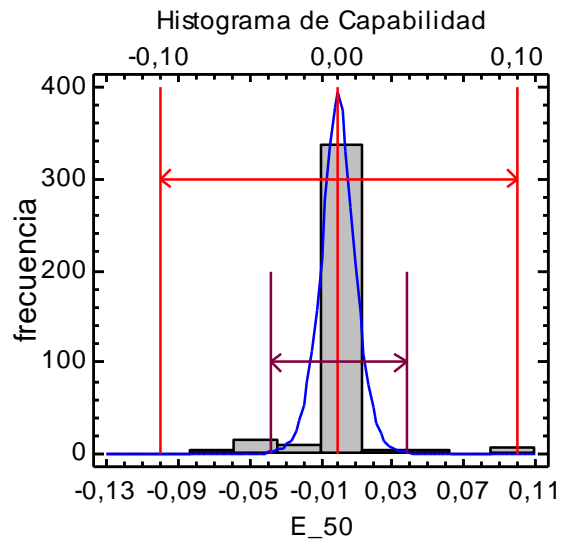


Figura D4 Histograma capacidad extrusora E50

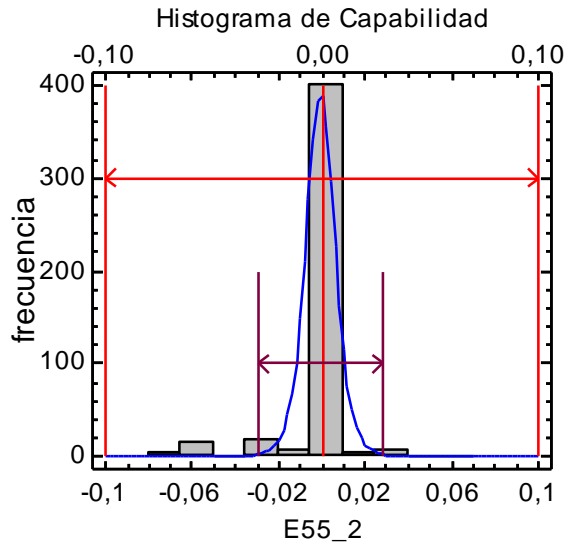


Figura D5 Histograma capacidad extrusora E55-2

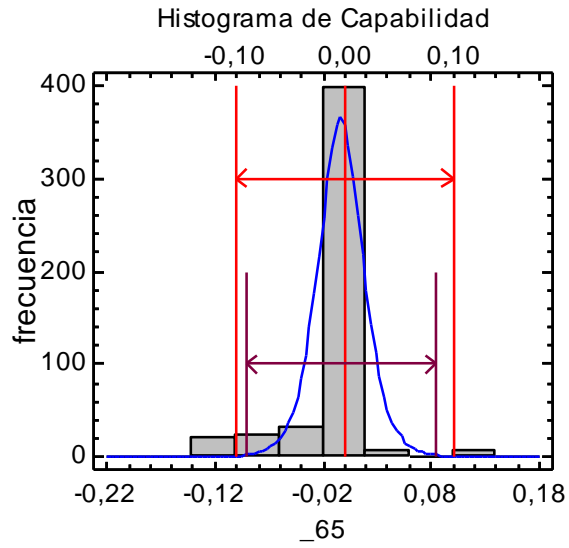


Figura D6 Histograma capacidad extrusora 65

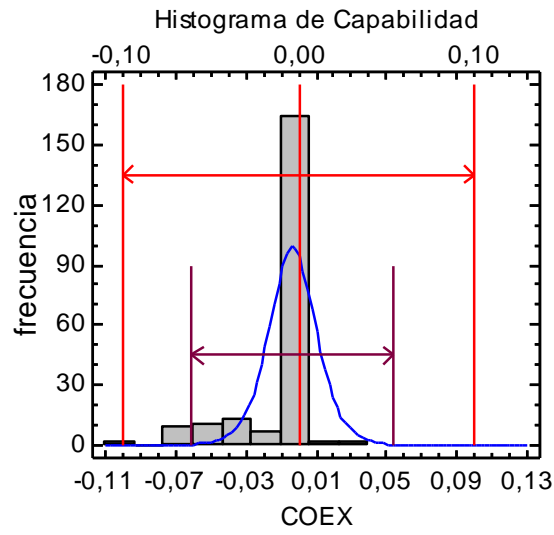


Figura D7 Histograma capacidad extrusora COEX

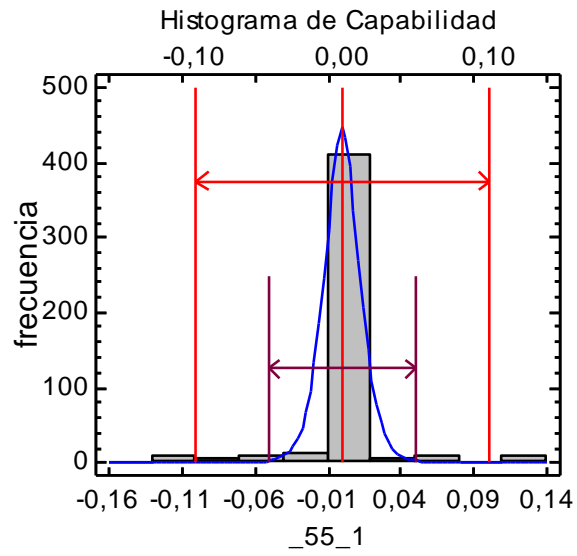


Figura D8 Histograma capacidad extrusora 55-1