PXS SCHOOL OF EXCELLENCE

CAPACIDAD DE PROCESOS

PARA DATOS NO NORMALES

Efraín Pérez C.

Capacidad de Proceso para Datos No Normales

Calcular la capacidad de un proceso para, es un paso fundamental dentro de un proyecto six sigma, o bien en cualquier estudio del desempeño de un proceso, tanto de servicios o transaccional como de manufactura.

Normalmente es fácil seguir el hilo de actuación para datos que responden a la normalidad, no obstante, en la práctica es frecuente encontrar procesos que no pueden ser descritos por una distribución normal, en tales casos es necesario tener claridad de que se debe hacer.

Una vez que se ha identificado que el conjunto de datos no supera la prueba de normalidad, se debe descartar que esto se deba a que hay dos o más poblaciones mezcladas en los datos que se están analizando. Ejemplos típicos de esta situación se dan cuando se mezclan la salida de dos máquinas en un solo conjunto de datos, de dos líneas o celdas de producción, de diferentes sucursales o inclusive de diferentes días, esto último especialmente en casos de servicios donde el comportamiento del proceso se puede ver afectado por variables como día dela semana, hora del día, día del mes u otras.

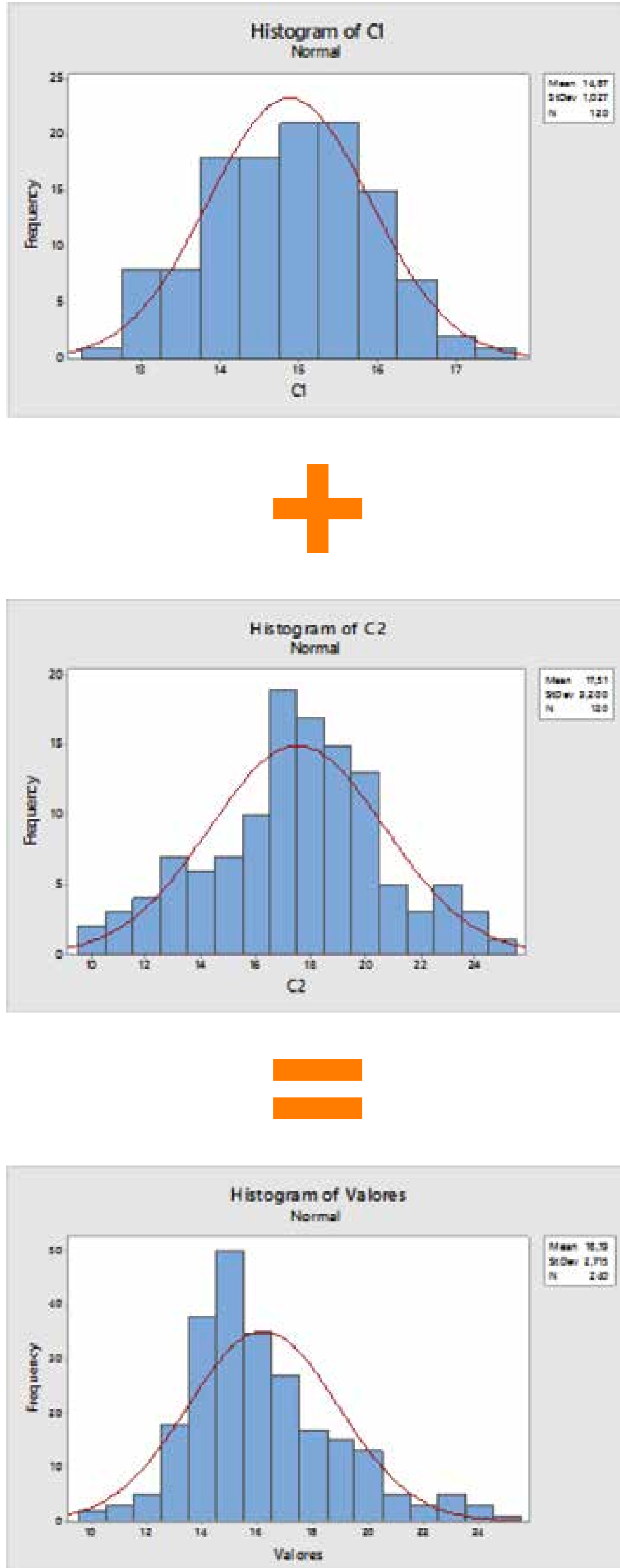
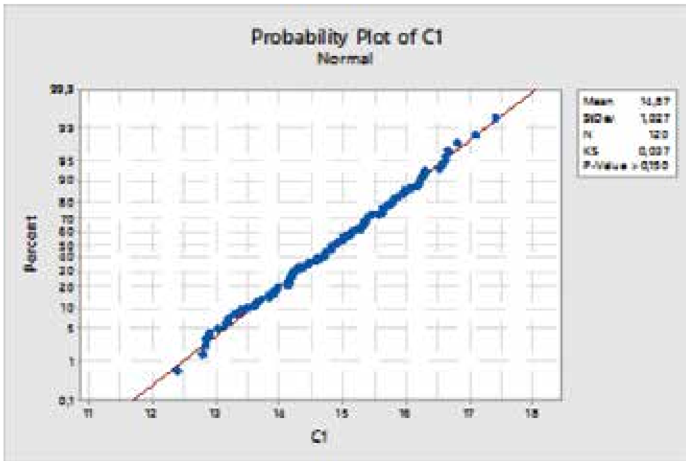
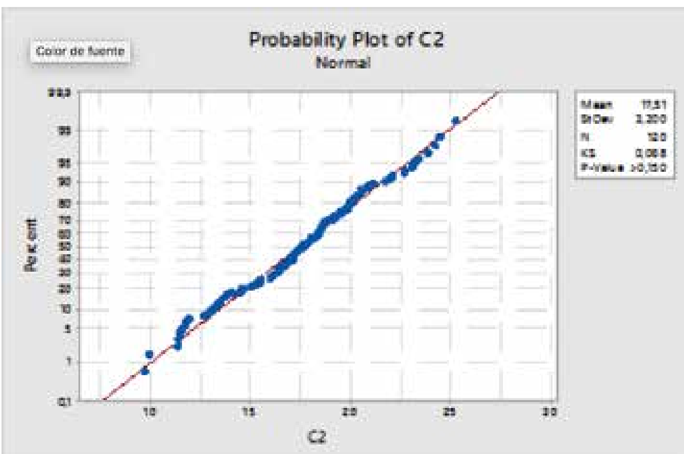


Figura #1: Histogramas





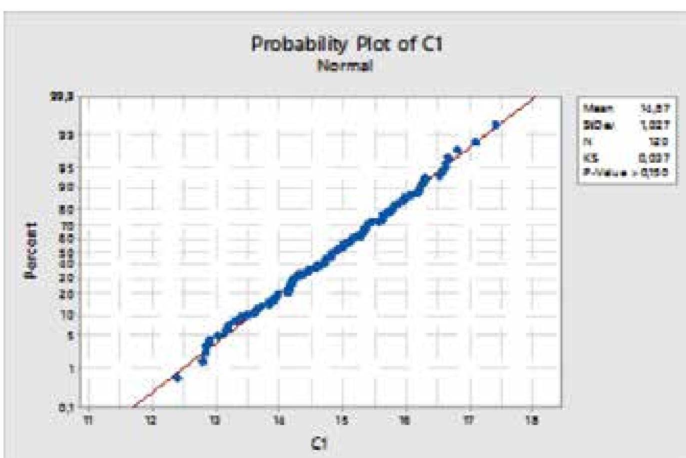


Figura #2: Curvas de Normalidad

Como se puede ver en las figuras anteriores, si dos distribuciones normales están mezcladas, la distribución resultante podría no ser normal, en este caso lo conveniente es identificar las diferentes distribuciones existentes en los datos y analizarlas por separado. Una vez realizado esto es posible estimar los DPMO para cada uno y sumar el total para el proceso:

$$DPMO = DPO \times 1\,000\,000 = \left(\frac{Defectos}{Oportunidades \times Oportunidad\ de\ Defectos}\right) \times 10^6$$

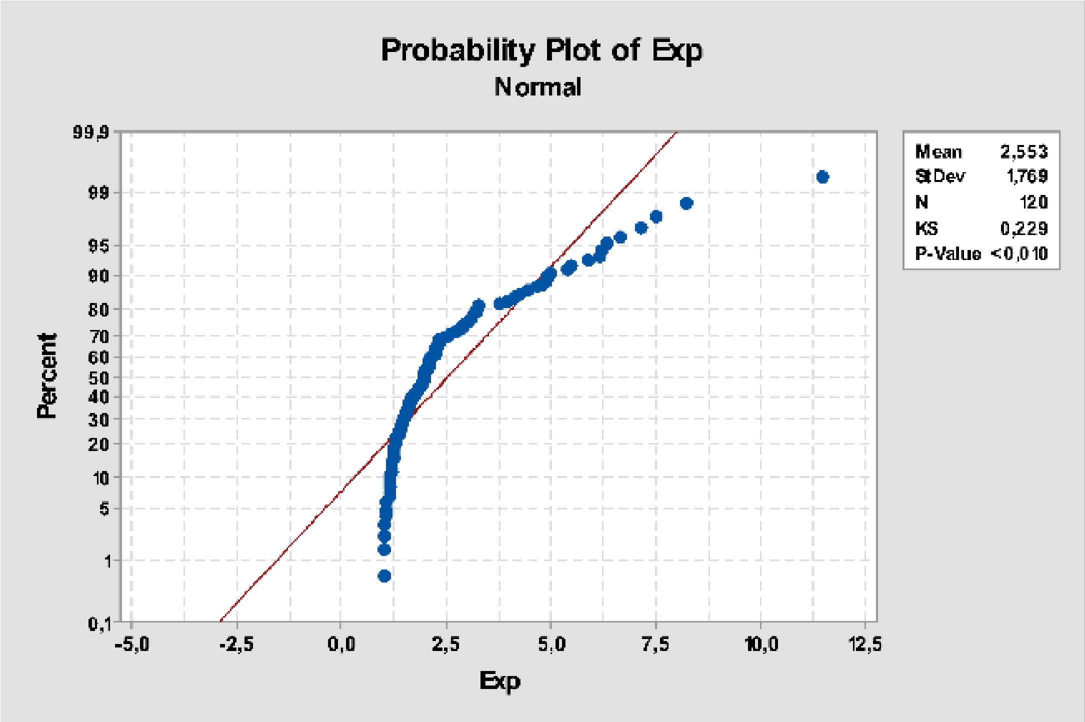
Si no hay evidencia de que hayan dos poblaciones mezcladas en nuestros datos, es decir si estamos conscientes de que nuestros datos provienen de una única población, por ejemplo: salida de una línea que solo corre un turno, el abordaje anterior no funcionará para estimar la capacidad del proceso bajo estudio. En estos casos lo recomendado es transformar los datos a fin de volverlos normales.

Lo que buscamos con las transformaciones, es hacer que mediante la aplicación de una función matemática los valores de los datos obtenidos sigan una distribución normal, se debe tener cuidado de aplicar la misma función, transformación, a los valores de las especificaciones previo al análisis de capacidad, caso contrario los resultados están errados y no serán útiles para el análisis.

Por ejemplo, si se tienen los datos:

2,05	2,54	1,05	1,96	1,64	1,43	2,24	11,5	2,12	1,73	4,67	5,41
1,49	1,59	2,24	1,97	1,17	2,30	1,96	2,32	3,26	2,19	1,31	7,17
6,18	3,16	1,45	1,17	1,36	1,99	1,19	4,16	1,25	1,87	2,45	1,18
1,17	2,61	2,93	1,92	1,73	4,14	1,57	3,01	1,19	6,68	1,90	6,20
1,63	1,18	1,28	1,77	1,97	2,34	4,44	1,02	2,12	4,92	2,35	1,98
2,23	1,61	2,07	8,23	1,06	4,89	1,08	5,88	3,06	1,27	3,09	1,02
1,67	3,97	1,53	1,42	1,27	1,27	3,23	1,21	4,99	3,79	2,86	1,03
1,61	2,80	2,09	1,91	1,85	2,72	1,22	1,26	3,22	1,51	1,38	1,52
4,27	2,91	1,44	2,02	3,19	5,5	1,04	1,24	1,84	7,51	1,37	2,12
1,15	2,23	6,35	2,12	1,57	1,48	2,15	4,80	2,26	1,68	1,29	1,23

Figura #3: Datos de Proceso



Se realiza una prueba de normalidad, se obtiene un P-Value menor a 0.01, por lo tanto es posible concluir que estos datos no siguen una distribución normal, el histograma tampoco sugiere que se este en presencia de la mezcla de dos o más poblaciones, por tanto lo más conveniente es aplicar una transformación a los datos.

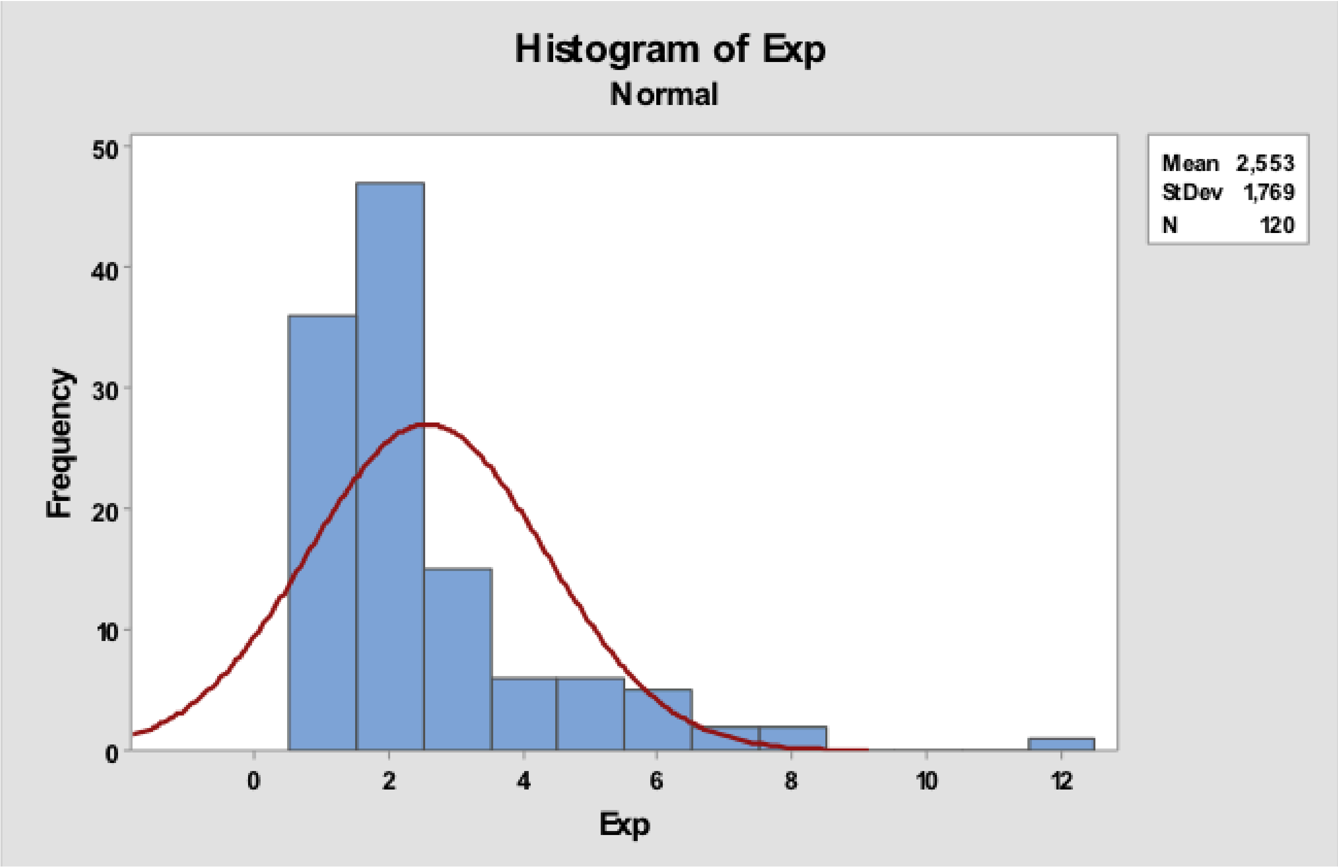


Figura #5: Histograma para Datos de Proceso

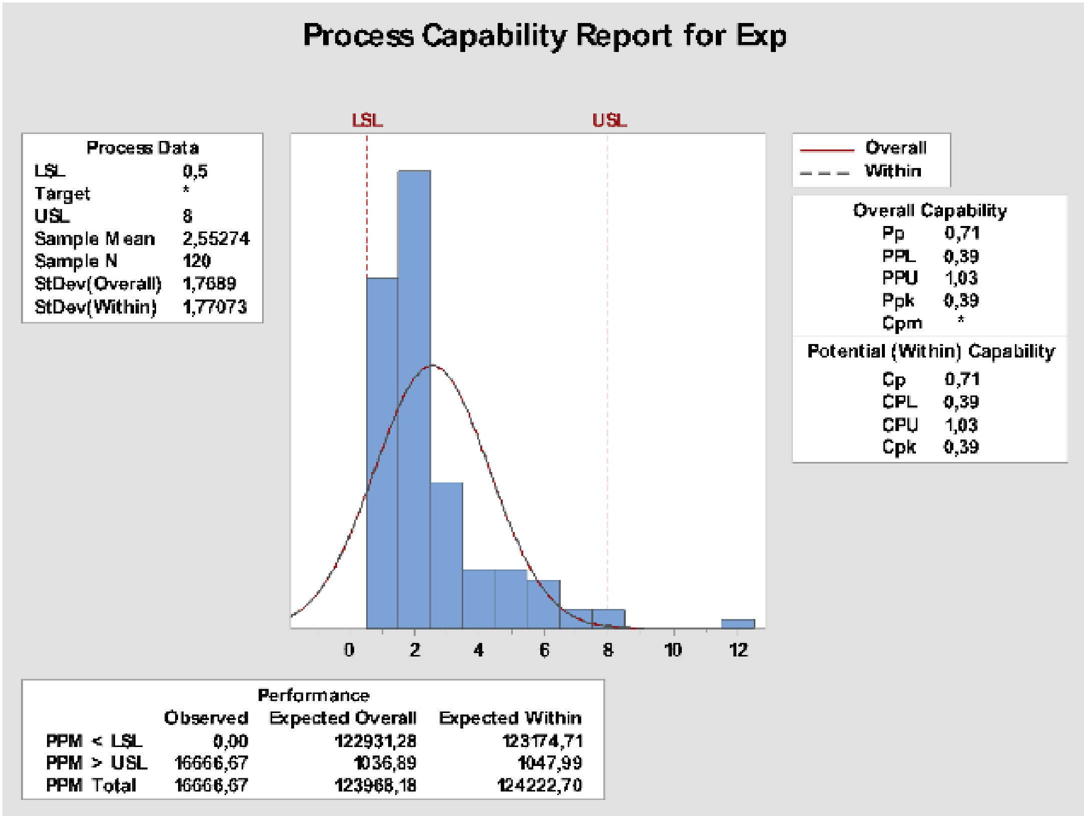


Figura #6: Análisis de Capacidad para Datos de Proceso

Valor de Lambda	Ecuación
$\lambda = 2$	$Y' = Y^2; Y' = Y^\lambda$
$\lambda = 0.5$	$Y' = \sqrt{Y}; Y' = Y^\lambda$
$\lambda = 0$	$Y' = \ln Y$
$\lambda = -0.5$	$Y' = \frac{1}{\sqrt{Y}}; Y' = Y^\lambda$
$\lambda = -1$	$Y' = \frac{1}{Y}; Y' = Y^\lambda$

Figura #7: Transformaciones Comunes

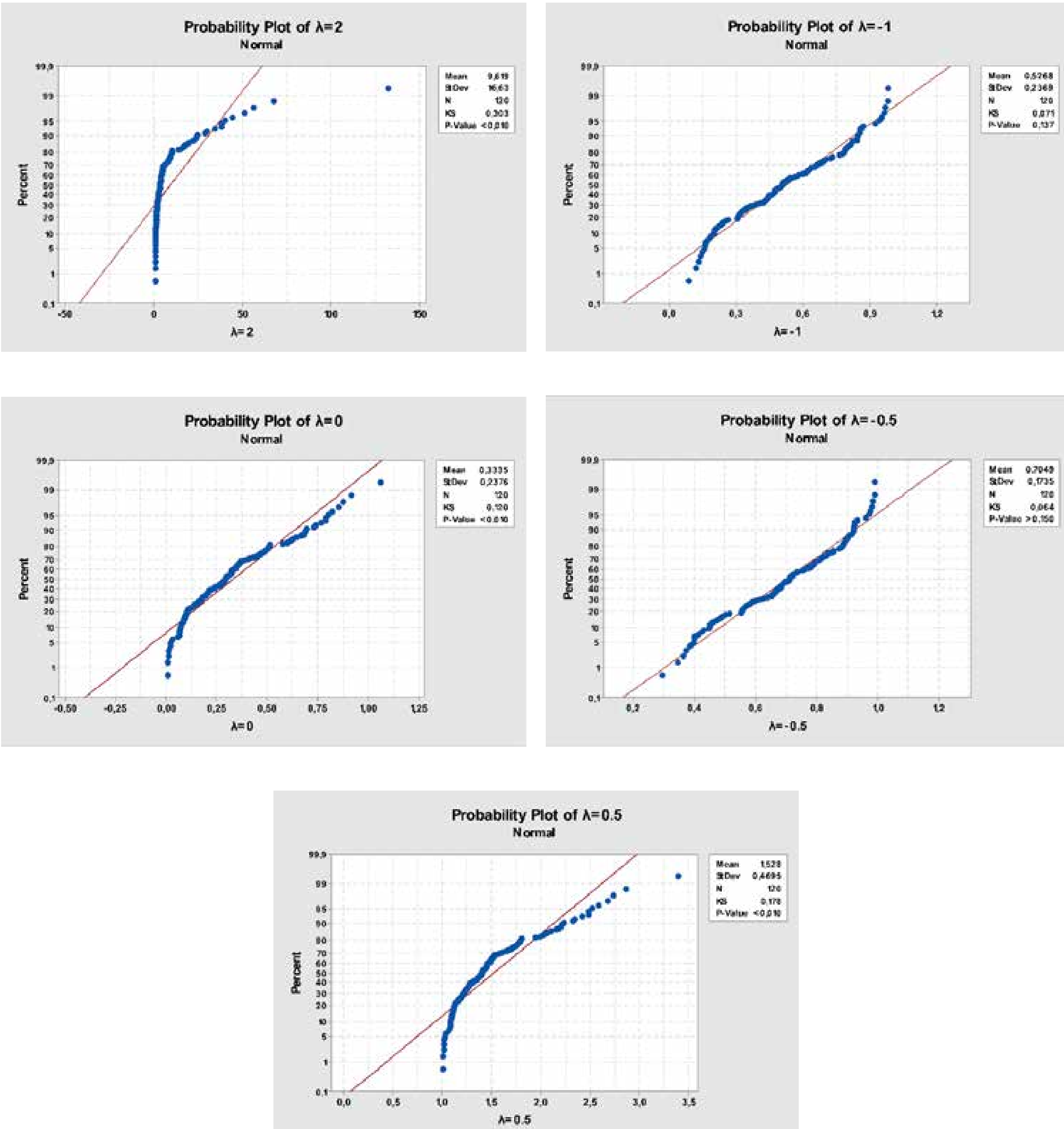


Figura #8: Datos Transformados

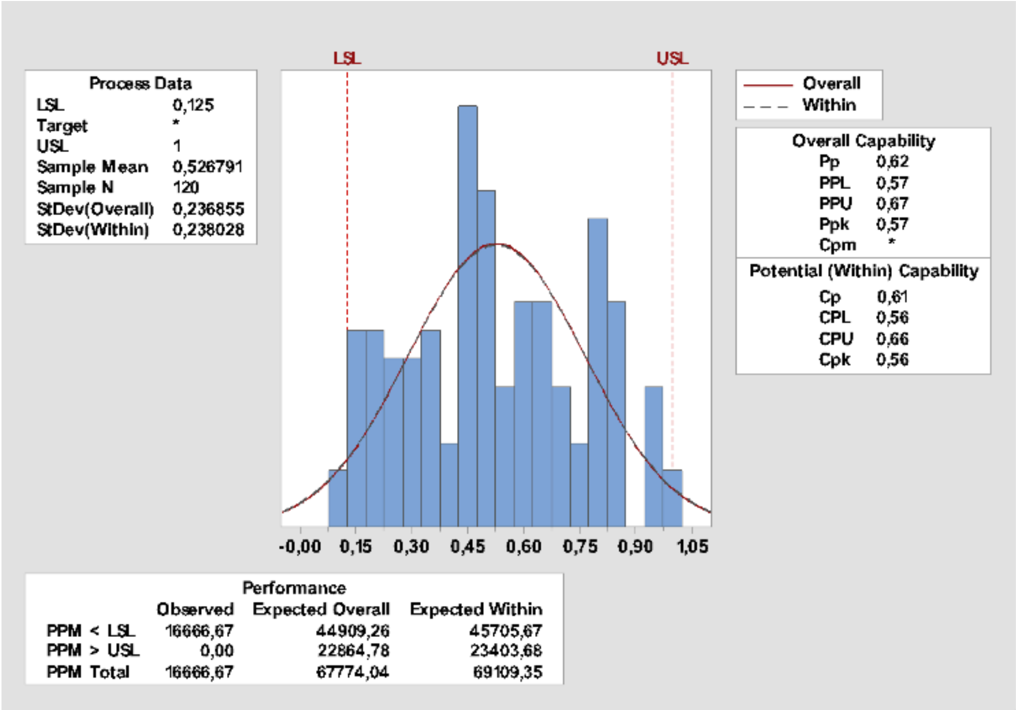


Figura #9: Análisis de Capacidad con Datos y especificaciones Transformados

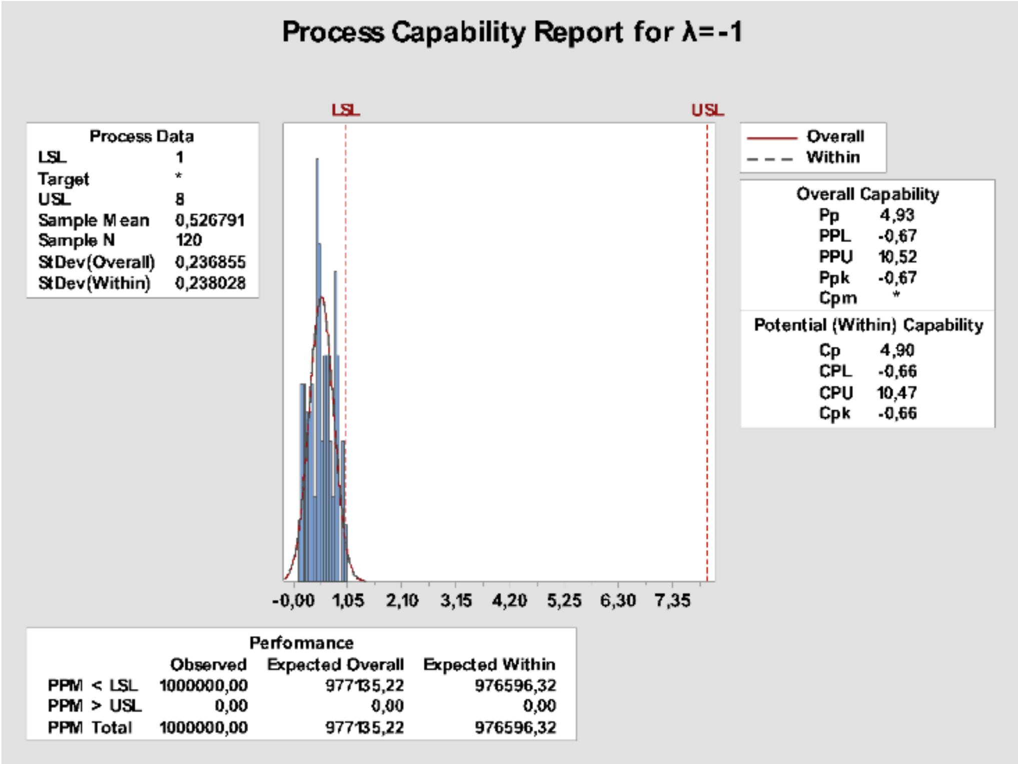


Figura #10: Análisis de Capacidad con Datos Transformados

Nótese en las figuras 9 y 10 el efecto que tiene el no transformar los datos a la hora de realizar el cálculo de los índices de capacidad (figura #9)

Que hacer en los casos en que no se ha podido identificar que hay dos poblaciones mezcladas y que tampoco las transformaciones usuales logran convertir los datos a la normalidad, se debe hacer ajustes en las fórmulas para trabajar con los datos no normales es decir redefinir el ancho del proceso en términos de los percentiles de la

distribución que sigan los datos, además de sustituir la media por la mediana (percentil 50), en las fórmulas de índices de capacidad. (Gutierrez Pulido & de la Vara Salazar, 2013), así se tendría:

$$C_P = \frac{LSE - LIE}{P_{0.99865} - P_{0.00135}}$$

$$C_{Pk} = MIN\left[\frac{LSE - P_{0.5}}{P_{0.99865} - P_{0.5}}, \frac{P_{0.5} - LIE}{P_{0.5} - P_{0.00135}}\right]$$

Cabe recordar que es un Percentil: Medida de posición de un conjunto de datos que es igual a un valor x tal que p% de las mediciones es menor o igual a x. De manera más formal, sea x1, x2, ..., xn un conjunto de n mediciones ordenadas en forma creciente, se define su percentil p como el valor x tal que p% de las mediciones es menor o igual a x, y el (100 – p)% mayor o igual. (Gutierrez Pulido & de la Vara Salazar, 2013).

Si volvemos a nuestros datos no normales sin transformar, tendríamos que:

Mediana = 1.972

$P_{0.00135}$= 1.019

$P_{0.99865}$= 11.500

$$C_P = \frac{8-1}{11.500 - 1.019} = 0.66$$

$$C_{Pk} = MIN\left[\frac{8 - 1.972}{11.500 - 1.972}, \frac{1.972 - 1}{1.972 - 1.019}\right] = MIN[0.63; 1.02] = 0.63$$

Podemos notar que este valor es cercano al obtenido con la transformación realizada.

Capacidad de Proceso para Atributos

En cuanto a los procesos que se controlan a través de atributos (defectos y defectuosos) es posible a partir de la aproximación a la distribución normal y las gráficas de control para atributos proponer las siguientes ecuaciones (Cuatrecasas, 2000), suponiendo que el limite inferior de especificación para estos casos, la mayoría de las veces es 0:

$$C_P = \frac{Limite\ Superior\ de\ Especificación}{6\left(\sqrt{n\bar{p}\times(1-\bar{p}}\right)}$$

$$C_{Pk} = MIN\left[\frac{LSE - n\bar{p}}{3\left(\sqrt{n\bar{p}\times(1-\bar{p}}\right)}, \frac{n\bar{p} - LIE}{3\left(\sqrt{n\bar{p}\times(1-\bar{p}}\right)}\right]$$

Recordar que LSE es el nivel aceptable de defectos del proceso.

Finalmente, siempre es posible echar mano de los índices más tradicionales para estos casos:

Indicador	Ecuación
Defectos por Unidad	$DPU = \frac{D}{U}; D: Defectos\ y\ U: Unidades$
Defectos por Millón de Unidades	$DPMU = \frac{D}{U}\times 10^6; D: Defectos\ y\ U: Unidades$
Defectos por Oportunidad	$DPO = \frac{D}{U\times O}; D: Defectos\ \ U: Unidades\ O: Oportunides\ de\ defecto$
Defectos por Millón de Oportunidades	$DPMO = \frac{D}{U\times O}\times 10^6; D: Defectos\ \ U: Unidades\ O: Oportunides\ de\ defecto$

Referencias Bibliográficas

Cuatrecasas, L. (2000). Gestión Integral de la Calidad Implatación, Control y Certificación. España: Gestion 2000.

Gutierrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2013). Control Estadistico de la Calidad y Seis Sigma. México, D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES.

Wortman, B. (2007). The Certified Six Sigma Black Belt Primer (Segunda ed.). Indiana: Quality Council of Indiana.

CAPACIDAD DE PROCESOS

PARA DATOS NO NORMALES

Efraín Pérez