



# EVALUACIÓN DEL ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE UN CASO INDUSTRIAL PARA DATOS NO NORMALES

José Mauricio Alcázar Román

## RESUMEN

El análisis de capacidad es una herramienta utilizada en el control de calidad para evaluar la capacidad de un proceso para producir productos o servicios dentro de los límites especificados. Sin embargo, la mayoría de los métodos de análisis de capacidad asumen que los datos siguen una distribución normal, lo cual puede no ser cierto en muchos casos reales. En caso de datos no normales, como aquellos que siguen una distribución sesgada, el análisis de capacidad puede ser inadecuado si se utiliza de manera directa. Por tanto, es necesario utilizar enfoques específicos que tengan en cuenta la no normalidad de los datos.

El artículo busca abordar esta cuestión y proporcionar una visión general de los enfoques y técnicas disponibles para realizar análisis de capacidad en situaciones donde los datos no siguen una distribución normal. Esto puede incluir métodos basados en transformaciones de datos, métodos basados en distribuciones no paramétricas o métodos que utilizan estadísticas robustas.

En resumen, el artículo de análisis de capacidad para datos no normales proporcionará una visión general de los enfoques y técnicas disponibles para abordar la no normalidad de los datos en el análisis de capacidad, resaltando la importancia de una evaluación adecuada de la capacidad del proceso.

**Palabras claves:** Análisis de capacidad, datos no normales, prueba de normalidad, nivel de confianza, Weibull, Minitab.

## ABSTRACT

Capability analysis is a tool used in quality control to assess the ability of a process to produce products or services within specified limits. However, most capability analysis methods assume that the data follow a normal distribution, which may not be true in many real cases. For non-normal data, such as those that follow a skewed distribution, capability analysis may be inadequate if used directly. Therefore, it is necessary to use specific approaches that take into account the non-normality of the data.

The article seeks to address this issue and provide an overview of the approaches and techniques available for performing capability analysis in situations where the data does not follow a normal distribution. This can include methods based on data transformations, methods based on non-parametric distributions, or methods using robust statistics.

In summary, the capability analysis for non-normal data article provides an overview of the approaches and techniques available to address data non-normality in capability analysis.

**Keywords:** Capacity analysis, data non-normality, normality test, confidence level, Weibull, Minitab.

José Mauricio Alcázar Román es Profesor de LEAD University en Ingeniería en Productividad Empresarial, Profesor en Universidad Técnica Nacional UTN y Profesor en Universidad de Costa Rica (UCR). Es egresado de la Maestría Profesional en Ingeniería Industrial con énfasis en Calidad y Manufactura de la UCR y Maestría Científica en Gerencia de la Calidad del ICAP. Socio Director de Opex Mentor. Actualmente Doctorando en Gestión Pública y Ciencias Empresariales del ICAP.

## INTRODUCCIÓN

La estadística posee dos grandes divisiones, la estadística descriptiva y la inferencial; ambas utilizadas en mejora de procesos con el uso de metodologías como Six Sigma o SPC (por sus siglas en inglés de Control Estadístico de Procesos), donde a través de herramientas de análisis inferencial, aplicado a muestras representativas se busca medir, analizar y mejorar los procesos productivos, tanto a nivel tangible como producción y manufactura, como a nivel intangible como operaciones de servicios. La inferencia estadística a través del análisis de estudios industriales o de experimentos diseñados se utiliza en muchas áreas científicas; los datos reunidos pueden ser discretos o continuos, según el área de aplicación.

Distinciones importantes se realizan entre datos discretos y continuos en la teoría de la probabilidad que nos permiten obtener inferencias estadísticas. Con frecuencia las aplicaciones de la inferencia estadística se encuentran cuando se trata de datos por conteo o discretos. (Walpole E. Ronald, 2007)

Para el desarrollo del caso de estudio se toman datos de la biblioteca de conjuntos de datos de Minitab en la web (<https://support.minitab.com/es-mx/datasets/>) que permitan desarrollar las herramientas, el análisis y las conclusiones al utilizar datos de orden continuo, que no muestran normalidad en su comportamiento, y son efecto de duda a nivel industrial, por la falsa creencia que todos los datos “bien procesados”, obedecen a un comportamiento normal.

## TIPOS DE VARIABLES

Según los tipos de variables, la data se puede dividir en cualitativos y cuantitativos. Los segundos, son datos que se dividen en discretos y continuos. Las variables discretas también conocidas como conteos adoptan sólo ciertos valores y existen vacíos entre ellos. Por otra parte, las observaciones de variable continua toman cualquier valor dentro de un intervalo específico, y generalmente se obtienen a través de instrumentos de medición. (Lind, 2012).

En este punto se une la estadística inferencial con el mundo probabilístico, donde según el tipo de variable, podemos tener distribuciones de probabilidad de orden discreto, como Binomial, Poisson o hipergeométrica, o distribuciones de probabilidad de orden continuo, como Uniforme, Weibull y la Normal.

Tales distribuciones de probabilidad ya sean discretas o continuas, se pueden presentar mediante frases como “se sabe que”, “suponga que” o, incluso en ciertos casos, “la evidencia histórica sugiere que”. Se trata de situaciones en las que la naturaleza de la distribución e incluso una estimación óptima de la estructura de la probabilidad se pueden determinar utilizando datos históricos, datos tomados de estudios a largo plazo o hasta de grandes cantidades de datos planeados. (Walpole, 2007).

## PRUEBAS DE NORMALIDAD

La distribución continua de probabilidad más importante en todo el campo de la estadística es la distribución normal. Su gráfica, que se denomina curva normal, es la curva con forma de campana simétrica, la cual describe aproximadamente muchos fenómenos que ocurren en la naturaleza, la industria y la investigación. En 1733, Abraham DeMoivre desarrolló la ecuación matemática de la curva normal. Ésta ofrece una base sobre la que se fundamenta gran parte de la teoría de la estadística inductiva. La distribución normal a menudo se denomina distribución gaussiana, en honor de Karl Friedrich Gauss (1777-1855), quien también derivó su ecuación a partir de un estudio de errores en mediciones repetidas de la misma cantidad. (Walpole, 2007).

La prueba de normalidad nos permite determinar si los datos siguen o no una distribución continua de orden normal. Esto se hace al establecer una hipótesis nula o  $H_0$ , que afirma que los datos siguen una distribución normal, o validar la hipótesis alterna o  $H_1$ , que afirma lo contrario: los datos no siguen una distribución normal.

El software especializado Minitab, en su versión 19 nos brinda tres tipos de pruebas de normalidad: 1) la Anderson-Darling (AD), 2) la Ryan-Joiner (RJ) y la 3) la Kolmogorov-Smirnov (KS). Para efectos de este documento se utilizará la primera, conocida como la AD, una prueba que es robusta en los datos de “colas” o datos extremos.

Para asegurar que los resultados sean válidos, considere las siguientes pautas al recopilar datos, realizar el análisis e interpretar los resultados:

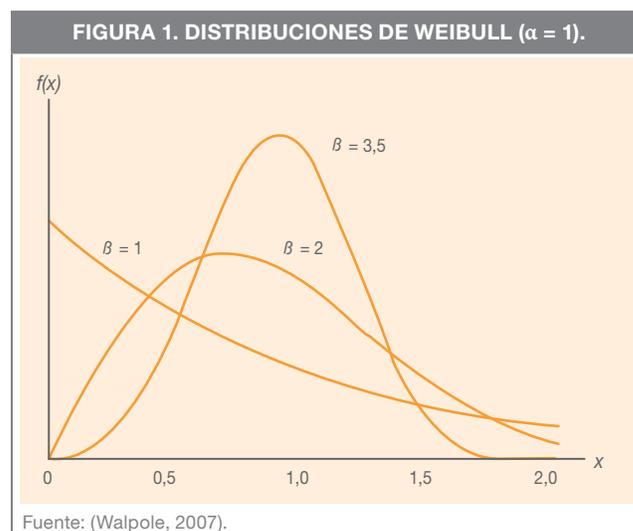
- a) **Conozca su proceso.** Cada proceso es único en sus condiciones y/o variables. En el mundo ideal se habla o se toma como base, procesos estables

- que algunas veces están lejos de la realidad por su inestabilidad o falta de control adecuado.
- b) **Los datos deben ser de orden continuo.** Se explicó que se tienen dos tipos de datos, discretos y continuos. Es una práctica no razonable, aplicar pruebas de normalidad a datos que son discretos.
  - c) **Respetar la selección aleatoria.** En estadística, las muestras aleatorias se utilizan para hacer generalizaciones, o inferencias, sobre una población. Si sus datos no se recopilan aleatoriamente, sus resultados podrían no representar la población.
  - d) **Tamaño y representatividad de la muestra:** Un tamaño de muestra que sea menor que veinte podría no proporcionar suficiente representatividad o potencia<sup>1</sup>, para detectar diferencias significativas entre los datos de su muestra y la distribución normal. Sin embargo, sea cauteloso con tamaños de muestras muy grandes, dado que podrían proporcionar demasiada potencia. Cuando una prueba tiene demasiada potencia, las diferencias pequeñas y posiblemente insignificantes entre los datos de su muestra y la distribución teórica parecen ser significativas.
  - e) **Potencia:** Minitab calcula la potencia de la prueba con base en la diferencia y tamaño de la muestra especificados. Por lo general, un valor de potencia de 0,9 se considera adecuado. Un valor de 0,9 indica que usted tiene una probabilidad del 90% de detectar una diferencia entre la media de la población ( $\mu$ ) y el objetivo cuando realmente exista una diferencia. Si una prueba tiene poca potencia, usted podría no detectar una diferencia y concluir erróneamente que no existe ninguna. Generalmente, cuando el tamaño de la muestra es más pequeño o la diferencia es más pequeña, la prueba tiene menos inferencia para detectar una diferencia. (Minitab, 2021)
  - f) **Normal no es sinónimo de bueno:** En la ciencia de la Probabilidad, se tienen muchos tipos de distribuciones que representan una gran gama

de comportamientos a nivel de la realidad, donde se busca emular matemáticamente comportamientos reales con algoritmos. El tener datos que no responden a una distribución normal, puede llevar a utilizar otro tipo de distribución que sea más fiel o apegada, a la realidad del proceso.

## DISTRIBUCIÓN WEIBULL

La distribución de Weibull es la distribución que más se utiliza para modelar datos de fiabilidad. Esta distribución es fácil de interpretar y muy versátil. La distribución de Weibull puede modelar datos que son asimétricos hacia la derecha, asimétricos hacia la izquierda o simétricos. Por lo tanto, la distribución se utiliza para evaluar la fiabilidad en diversas aplicaciones. La distribución de Weibull también puede modelar una función de riesgo que sea decreciente, creciente o constante, lo que le permite describir cualquier fase de la vida útil de un elemento. (Minitab, 2021).



En la figura uno se ilustran las gráficas de la distribución Weibull para  $\alpha = 1$  y diversos valores del parámetro  $\beta$ . Se observa como las curvas cambian de forma de manera considerable para diferentes valores del parámetro  $\beta$ . Si hacemos  $\beta = 1$ , la distribución de Weibull se reduce a la distribución exponencial (la media y la varianza de la distribución exponencial son  $\mu = \beta$ , y  $\sigma^2 = \beta^2$ ). Para

<sup>1</sup> Utilice el tamaño de la muestra para estimar cuántas observaciones necesita para estimar un parámetro dentro de cierto margen de error del valor de la población con un nivel de confianza especificado. Cuando los tamaños de muestra son más grandes, generalmente los márgenes de error son más pequeños. Conviene tener suficientes observaciones en la muestra para alcanzar un margen de error pequeño, pero no tantas como para perder tiempo y dinero en un muestreo innecesario. (Minitab, 2021).

valores de  $\beta > 1$ , las curvas se vuelven un poco en forma de campana y se asemejan a las curvas normales, pero muestran algo de asimetría. (Walpole, 2007).

## ANÁLISIS DE CAPACIDAD

Utilice la herramienta de Análisis de capacidad normal para evaluar la capacidad potencial (corto plazo) y general de su proceso con base en una distribución normal, esto cuando sus datos obedecen a un comportamiento de distribución normal. Para realizar el análisis, debe especificar un límite de especificación inferior o superior (o ambos) para definir los requisitos de su proceso. El análisis evalúa la dispersión de los datos del proceso en relación con los límites de especificación. Cuando un proceso es capaz, la dispersión del proceso es menor que la dispersión de especificación. El análisis también puede indicar si el proceso está centrado y si se encuentra en el objetivo. Además, el análisis estima la proporción de productos que no cumplen con las especificaciones. (Minitab, 2021).

Para el caso del análisis de capacidad no normal para evaluar la capacidad de su proceso con base en una distribución no normal, como ejemplo la distribución Weibull. Si no conoce cuál es la distribución no normal que se ajusta mejor a sus datos, utilice la herramienta Identificación de distribución individual, antes de realizar el análisis. Importante: el desarrollo de este documento no involucra ni sugiere, el uso de la herramienta de transformación de datos, que será comentado más adelante, para evitar utilizarla como una forma de “forzar” los datos hacia el comportamiento normal, cuando no es ni recomendado ni estrictamente necesario.

## EVALUAR LA CAPACIDAD POTENCIAL Cpk

Utilice el Cpk (capacidad que alcanza el proceso independientemente de que la media esté centrada entre los límites de especificación) para evaluar la capacidad potencial del proceso con base tanto en la ubicación como en la dispersión del proceso. La capacidad potencial indica la capacidad que se podría alcanzar si se eliminaran los cambios rápidos y graduales del proceso. Por lo general, los valores de Cpk más altos indican un proceso más capaz. Los valores de Cpk más bajos indican que el proceso puede necesitar mejoras. Compare

el Cpk con un valor de referencia que represente el valor mínimo que es aceptable para el proceso. Muchas industrias utilizan un valor de referencia de 1,33. Si el Cpk es menor que el valor de referencia, considere formas de mejorar el proceso, como reducir su variación o desplazar su ubicación (Minitab, 2021).

## MINITAB

Minitab es un programa de computadora diseñado para ejecutar funciones estadísticas básicas y avanzadas. Combina lo amigable del uso de Microsoft Excel con la capacidad de ejecución de análisis estadísticos. Es frecuentemente utilizado con la implantación de la metodología de mejora de procesos conocida como Six Sigma. (Minitab, 2021).

## DESARROLLO

Para el desarrollo del documento se utilizaron datos obtenidos de la página de Minitab, la cual tienen como contexto una empresa que produce azulejos para piso para venta a nivel local. Los encargados del área de calidad investigan una serie de quejas de los clientes sobre un producto en particular, el cual a la hora de instalar posee una deformación del azulejo. Para asegurar la calidad de la producción, los ingenieros miden la deformación en diez azulejos aleatoriamente cada día durante diez días. La deformación del producto es inherente al proceso de producción, siempre y cuando se mantenga dentro de rangos permisibles.

El límite de especificación superior (LES) para la medición de deformación es de 6 milímetros. Azulejos dentro de ese valor superior ( $< 6$ ), se considera que cumplen con las especificaciones del fabricante. Valores por encima ( $\geq 6$ ), pone en riesgo la calidad del producto, y con ello quejas y hasta su devolución.

Al ser diez días con muestras de diez piezas, se tienen 100 datos medidos en milímetros con instrumentos de medición especializados y calibrados.

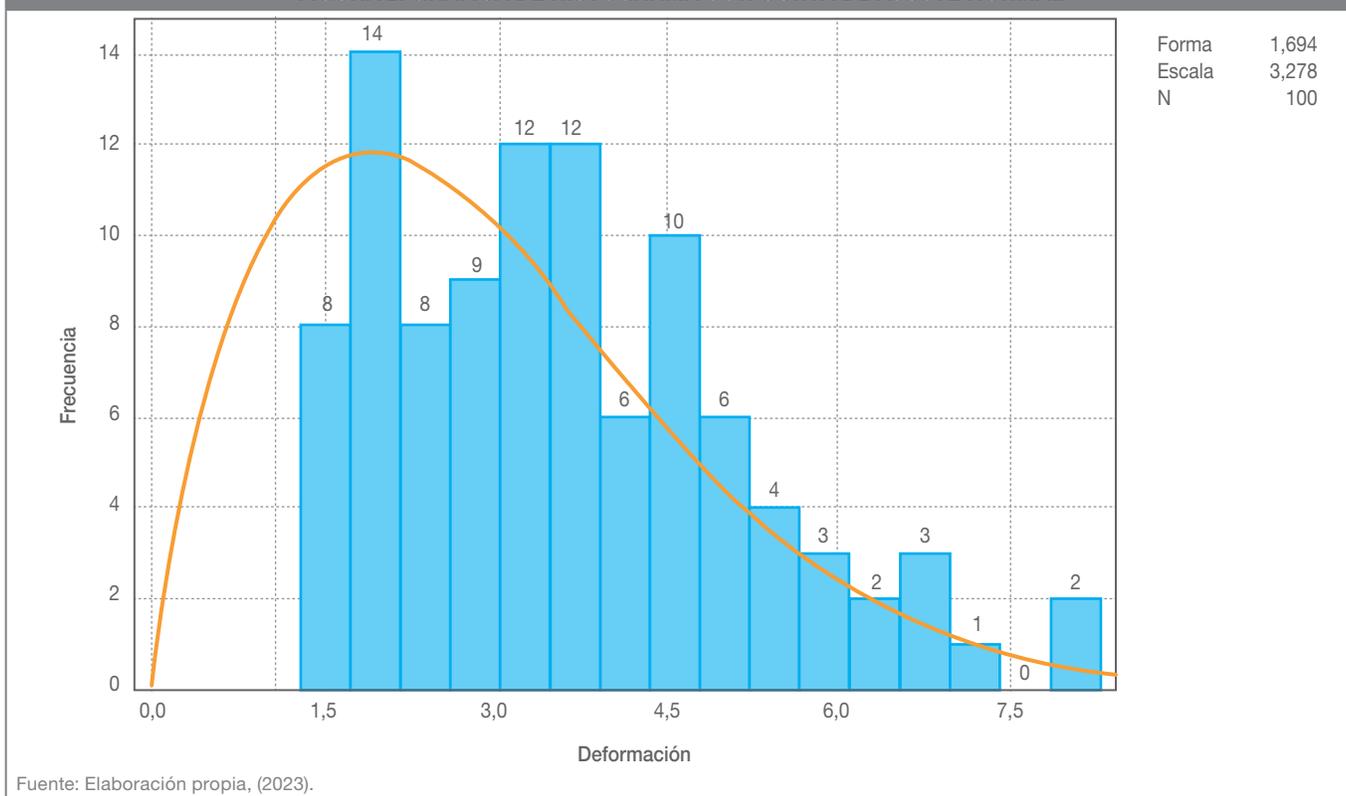
Como primer paso consiste en llevar los datos al software Minitab y se colocan en una sola columna. A continuación, antes de iniciar con el análisis inferencial, se realiza un histograma tradicional, con curva de ajuste de distribución normal, para mostrar el comportamiento de los datos. El histograma es una herramienta que pertenece a las siete herramientas de la calidad, y requiere que el tamaño de la muestra sea

**TABLA 1. MEDICIONES DE LA MUESTRA DE AZULEJOS DEL PROCESO PRODUCTIVO**

Datos de deformación de los azulejos										
N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1,6010	2,3143	0,5283	2,8953	0,4443	5,3123	1,2210	4,2446	1,1247	0,2819
2	0,8433	2,5564	1,0150	2,8685	2,4865	1,9228	6,3286	3,2127	0,7819	0,5707
3	3,0068	4,7235	1,1257	2,1861	3,9141	1,2259	3,8008	3,4812	4,1433	0,7053
4	1,2992	1,7536	2,5689	1,0534	2,2816	0,7615	4,2262	6,6692	5,3007	2,8484
5	2,2424	1,6250	4,2322	1,2556	0,9671	2,3993	4,3323	2,4422	3,7970	6,2583
6	2,6358	5,6386	1,3494	1,9727	4,9852	4,9609	0,4285	3,5125	3,2477	3,3752
7	0,3409	4,9541	2,8468	0,8440	5,7943	1,9678	1,2041	8,0325	5,0487	3,2354
8	6,9653	3,9541	0,7649	3,3289	2,5287	1,3501	3,4401	1,1382	3,0680	6,0812
9	3,4665	4,3890	2,7809	4,1543	3,0828	4,7908	2,5127	4,2791	2,4525	1,6674
10	1,4108	3,2407	0,6377	2,5787	3,8259	2,2054	8,0906	2,0591	4,6947	2,1226

Fuente: (Minitab, 2021).

**FIGURA 2. GRÁFICA DE HISTOGRAMA CON CURVA DE AJUSTE NORMAL**



Fuente: Elaboración propia, (2023).

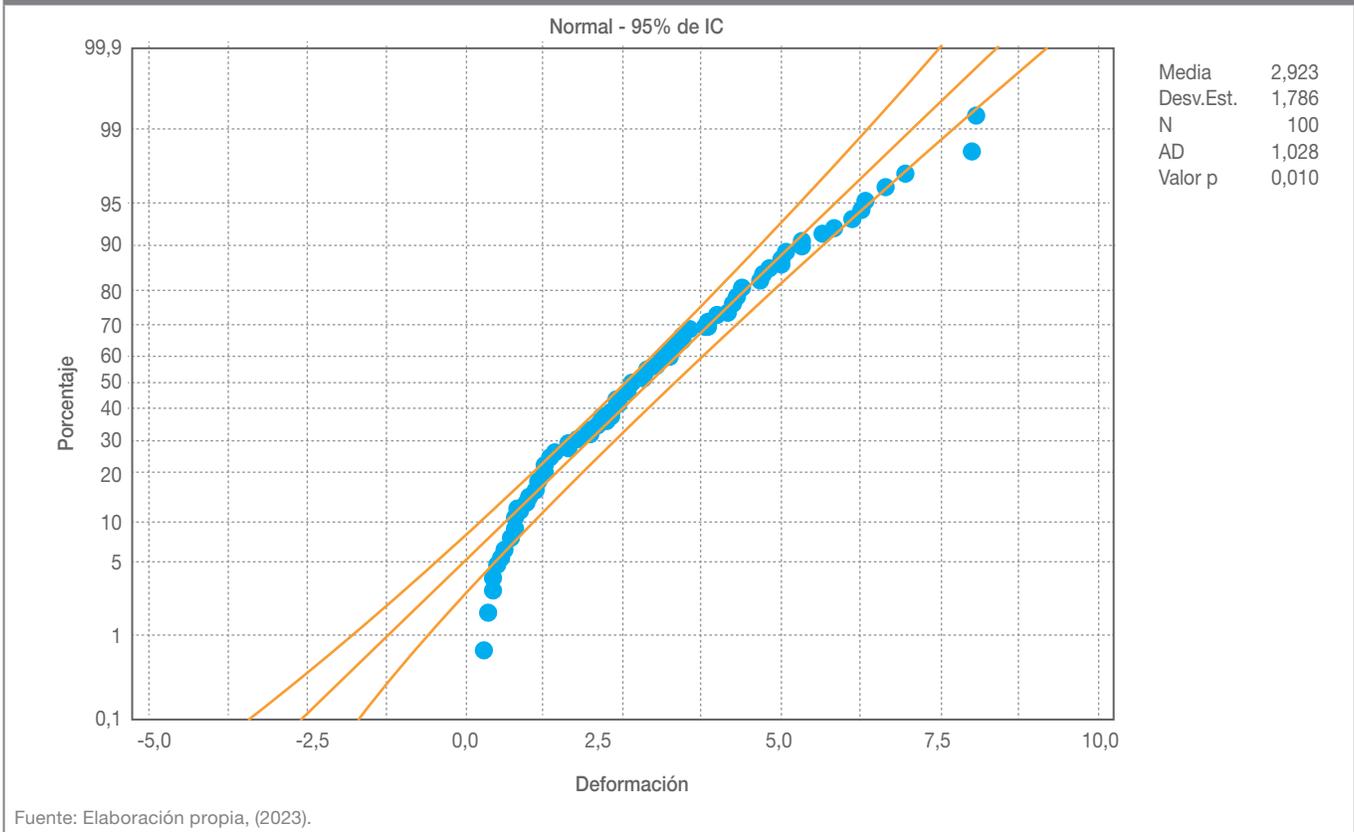
de veinte datos o mayor ( $n \geq 20$ ). Nos permite además analizar la forma en busca de comportamientos asimétricos, característicos de procesos industriales.

Se observa que los datos no se ajustan a la curva de referencia simétrica normal, en color rojo; más bien obedecen a un comportamiento asimétrico positivo, en su cola derecha donde se obtienen datos por

encima del valor permitido de deformación de 6,0 milímetros.

A nivel descriptivo y basado en la forma del histograma, podemos ir rechazando el comportamiento normal de los datos, lo cual la prueba de normalidad nos va a asegurar; e ir pensando en un comportamiento hacia otra distribución de probabilidad continua.

FIGURA 3. GRÁFICA DE PRUEBA DE PROBABILIDAD CON NORMAL



Al utilizar la herramienta gráfica de probabilidad, con un nivel de confianza del 95 % (considerado el estándar industrial), podemos observar primero descriptivamente que los datos no se encuentran en su totalidad dentro de los márgenes de la prueba, líneas en rojo. Esto asegura que los datos no obedecen a un comportamiento de distribución normal. Además, con mayor precisión el Valor p o valor de probabilidad de asegurar que la hipótesis nula es verdadera, es menor que el nivel de significancia o alfa, que tendríamos de 0,05 (5%). Con ello podemos asegurar que la hipótesis nula  $H_0$  donde se asegura que los datos obedecen a una distribución normal, es rechazada porque no cumplimos con el principio estadístico de Valor de  $p > \alpha$ . Es por ello que se acepta la hipótesis alternativa o  $H_1$ , que asegura que con un nivel de confianza del 95 % los datos no obedecen a una distribución normal.

A este punto muchos profesionales especializados en procesos, lo primero que piensan es aplicar pruebas de transformación de datos. Pero cuidado, esto puede conllevar a los datos en un proceso de transformación donde el comportamiento normal no tiene sentido, por

las características del proceso productivo. Para ello Minitab ofrece herramientas de análisis de capacidad para datos no normales, los cuales son robustos y confiables para el análisis y toma de decisiones.

Pero antes, lo primero a realizar es la herramienta de identificación de la distribución individual de los datos, para asegurar a cuál distribución se “apegan -comportan” mejor. Muchos análisis estadísticos, como el análisis de capacidad, se basan en el supuesto de que los datos siguen una distribución particular.

La herramienta nos proporciona cuatro grupos de identificación de distribución de probabilidad, conocidas como pruebas de bondad de ajuste. Se muestra la segunda que contienen la distribución exponencial, la exponencial de dos parámetros, la Weibull y la Weibull de tres parámetros. Se corrió nuevamente la herramienta con un nivel de confianza del 95 %. En la figura cuatro se observa como la distribución Weibull y la Weibull de tres parámetros, tienen un Valor p mayor al nivel de significancia, o 5 % (Valor  $p > \alpha$ ). Esto asegura que cualquiera de las dos permite el análisis de capacidad con sus características de distribución.

FIGURA 4. GRÁFICA DE PROBABILIDAD PARA DATOS DE DEFORMACIÓN

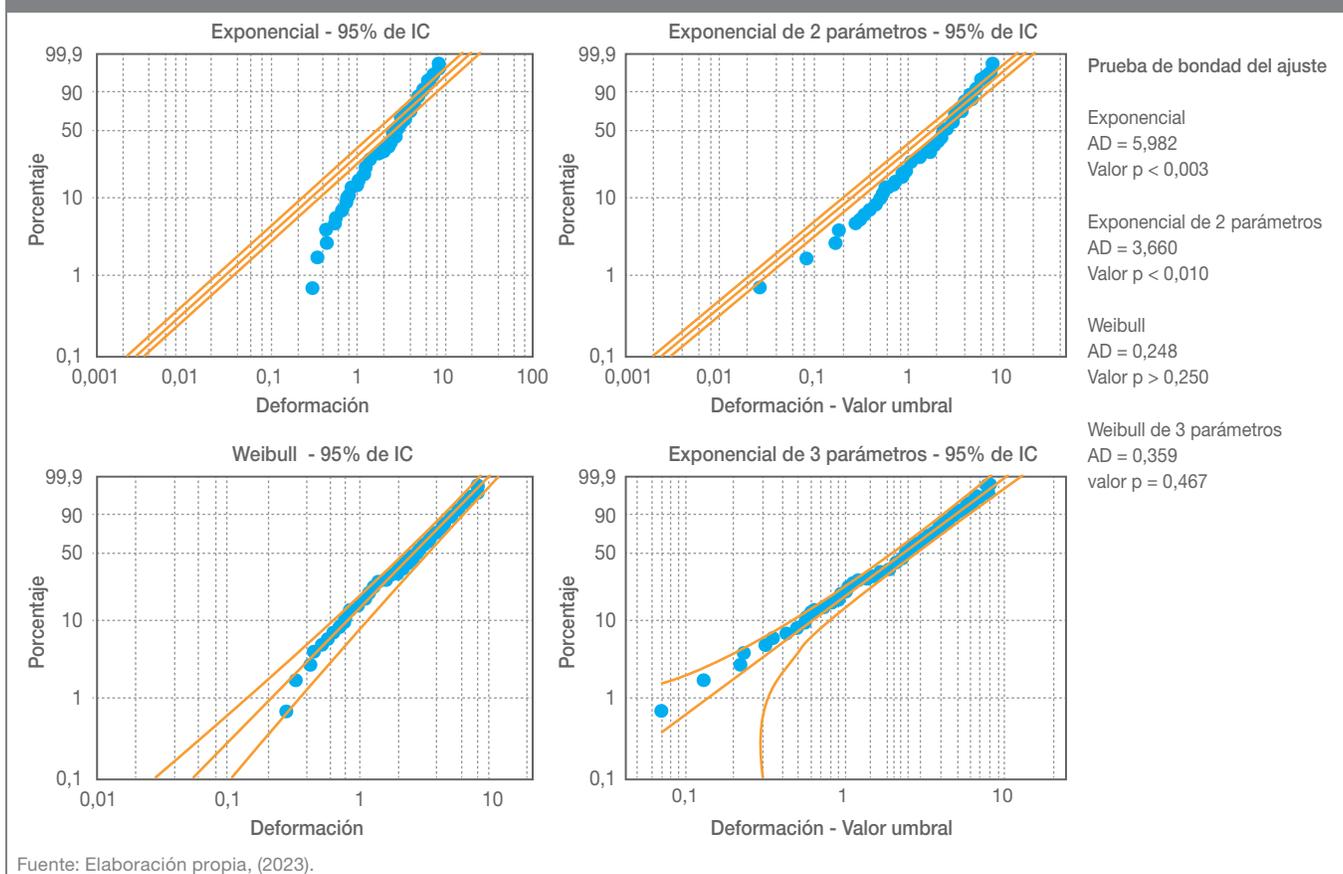


TABLA 2. TABLA DE VALORES DE PRUEBA DE BONDAD DEL AJUSTE

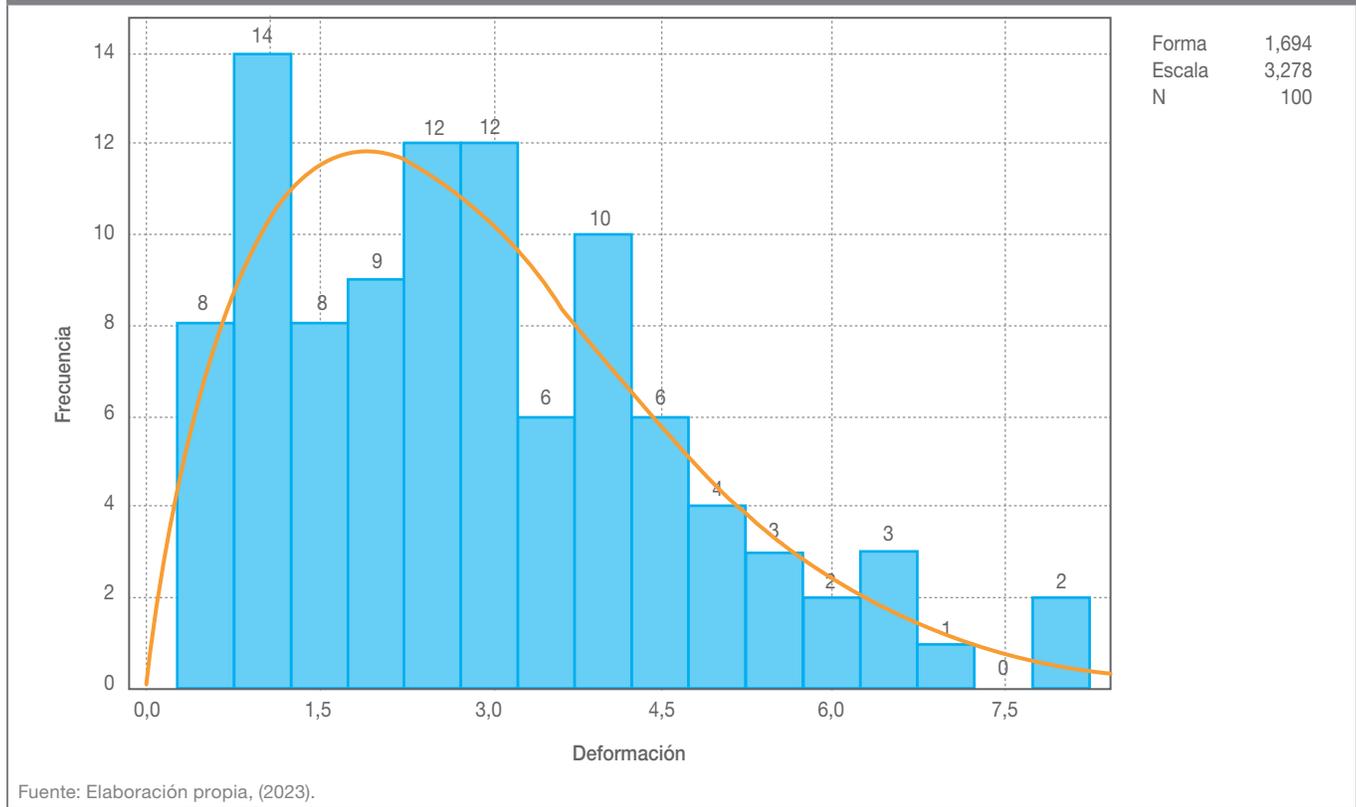
Distribución	AD	P
Normal	1,028	0,010
Transformación Box-Cox	0,301	0,574
Lognormal	1,477	<0,005
Lognormal de 3 parámetros	0,523	*
Exponencial	5,982	<0,003
Exponencial de 2 parámetros	3,660	<0,010
Weibull	0,248	>0,250
Weibull de 3 parámetros	0,359	0,467
Valor extremo más pequeño	3,410	<0,010
Valor extremo por máximos	0,504	0,213
Gamma	0,489	0,238
Gamma de 3 parámetros	0,479	*
Logística	0,879	0,013
Loglogística	1,239	<0,005
Loglogística de 3 parámetros	0,692	*
Transformación de Johnson	0,231	0,799

Fuente: Elaboración propia, (2023).

Al ser la prueba realizada con un nivel de significancia del 95 %, se permiten las distribuciones cuyo Valor p (columna P de la tabla) sea mayor al 5 %. En este caso tenemos las dos Weibull, valor extremo por máximo (se descarta por ser una distribución especial) y la Gamma. De las anteriores, la que posee el valor de AD menor, es la Weibull y se tomará como la distribución a utilizar en el análisis de capacidad del proceso. Es importante aclarar que el estadístico de bondad de ajuste de Anderson-Darling (AD) es una medida de las desviaciones entre la línea ajustada (con base en la distribución seleccionada), y seleccionamos la que contenga la menor de las medidas de las desviaciones de los datos.

Volviendo a la segunda figura, donde nuevamente se realiza un histograma, pero esta vez con la línea ajustada de mejor ajuste orientada hacia la distribución Weibull; el histograma permite realizar el ajuste con todas las distribuciones continuas de la tabla anterior.

FIGURA 5. GRÁFICA DE HISTOGRAMA CON CURVA DE AJUSTE WEIBULL



A diferencia del primer histograma, se observa como las barras se “acomodan” mejor a la curva de ajuste de distribución Weibull, por ser un proceso con características que se realizan a este tipo de comportamiento y se puede asegurar, que proporciona un mejor análisis del proceso respetando las particularidades de sus datos.

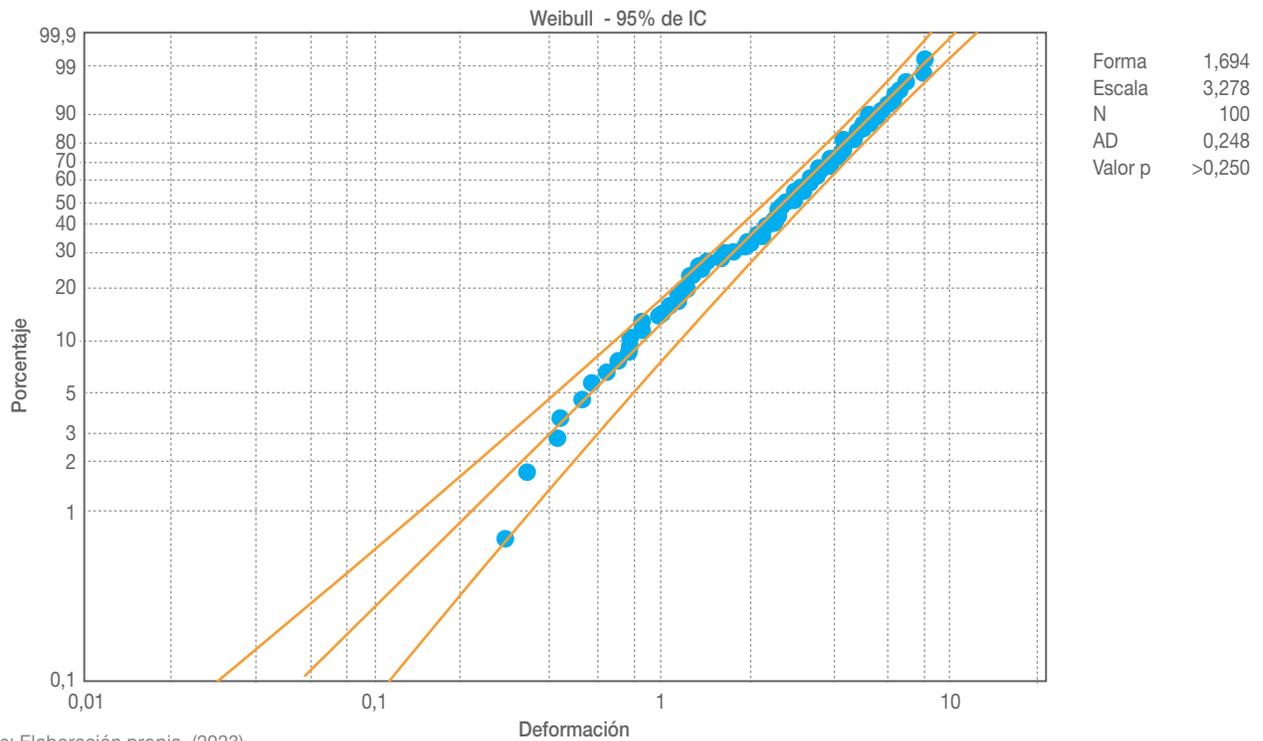
Nuevamente se realiza la gráfica de probabilidad de la figura tres, solo que se utiliza la distribución de Weibull con un nivel de confianza del 95 %. Esta prueba está de más, porque la prueba pasada de bondad de ajuste nos otorgó la misma información, pero se realiza para visualizar la gráfica y poder comparar con la realizada anteriormente con la distribución normal.

El Valor p y AD fue analizado anteriormente. Lo que, si se observa a diferencia de la figura tres, es que todos los puntos están dentro del rango descriptivo de la prueba (líneas rojas), lo cual asegura el comportamiento de la distribución establecida para los datos de deformación.

Dentro de las herramientas de calidad de Minitab se tiene el análisis de capacidad para distribuciones no normales. Se aplica la herramienta ajustada a la distribución Weibull, y se obtiene la siguiente información.

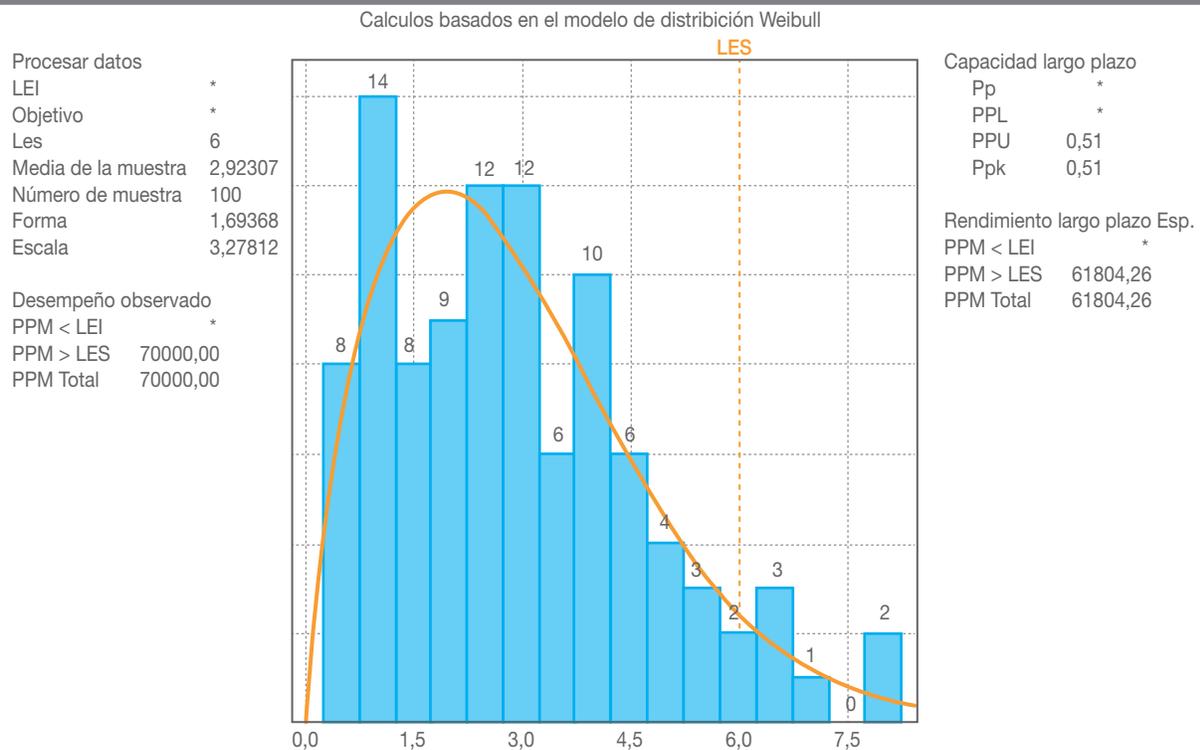
Los datos del proceso siguen la curva ajustada de la distribución de Weibull, la cual fue validada con pruebas robustas de bondad de ajuste. Sin embargo, varias de las mediciones de la cola derecha (asimetría positiva) del histograma se encuentran por encima del límite de especificación superior. Por lo tanto, la deformación de los azulejos llega a exceder el límite de especificación superior de 6,0 milímetros. El PPM (partes por millón) > LES (límite de especificación superior) observado indica que 70.000 (setenta mil) de cada millón de azulejos pueden estar por encima del límite de especificación superior. Por último, el Ppk (índice de capacidad preliminar a largo plazo) general es 0,51, que es inferior a la directriz generalmente aceptada en la industria de 1,33 (valores definidos a nivel industrial). Utilice el Ppk para evaluar la capacidad general del proceso con base tanto en la ubicación como en la dispersión del proceso. La capacidad general indica el rendimiento real del proceso que su cliente experimenta con el tiempo. Por lo general, los valores de Ppk más altos indican un proceso más capaz. Los valores de Ppk más bajos indican que el proceso puede necesitar mejoras.

FIGURA 6. GRÁFICA DE PRUEBA DE PROBABILIDAD CON WEIBULL



Fuente: Elaboración propia, (2023).

FIGURA 7. INFORME DE CAPACIDAD DEL PROCESO DE DEFORMACIÓN DE LOS AZULEJOS



La dispersión real del proceso es representada por 6 sigma.

Fuente: Elaboración propia, (2023).

## CONCLUSIONES

El uso de datos no normales para análisis de capacidad, estadísticos y de procesos, son prácticas comunes y permitidas en la industria; aunque genere cierto “temor” o resistencia por la costumbre de desarrollar y explicar basado en datos normales. Además, no fue necesario el proceso de transformación de datos para generar pruebas concluyentes en el análisis del caso.

Las pruebas de bondad de ajuste son críticas para comprender mejor el comportamiento de los datos y por ende, el mejor tratamiento a la hora de analizar un

proceso productivo. El software especializado Minitab cuenta con amplias herramientas de análisis que permite un completo y robusto análisis e interpretación de las condiciones de un proceso, que colaboran en la toma de decisiones basada en evidencias.

Al observar el histograma y luego la figura siete del informe de capacidad del proceso para la producción del azulejo, se puede concluir que el proceso no es completamente capaz de entregar piezas dentro de las especificaciones de producción; por ende, se deben realizar ajustes al proceso productivo inmediatamente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Lind, A.D. (2012). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. Mc Graw Hill.
- Minitab. (2021). *SopORTE técnico de Minitab*. <https://support.minitab.com/es-mx/>
- Walpole, E.R. (2007). *Probabilidad y Estadística para ingeniería y ciencias*. Pearson Educación.