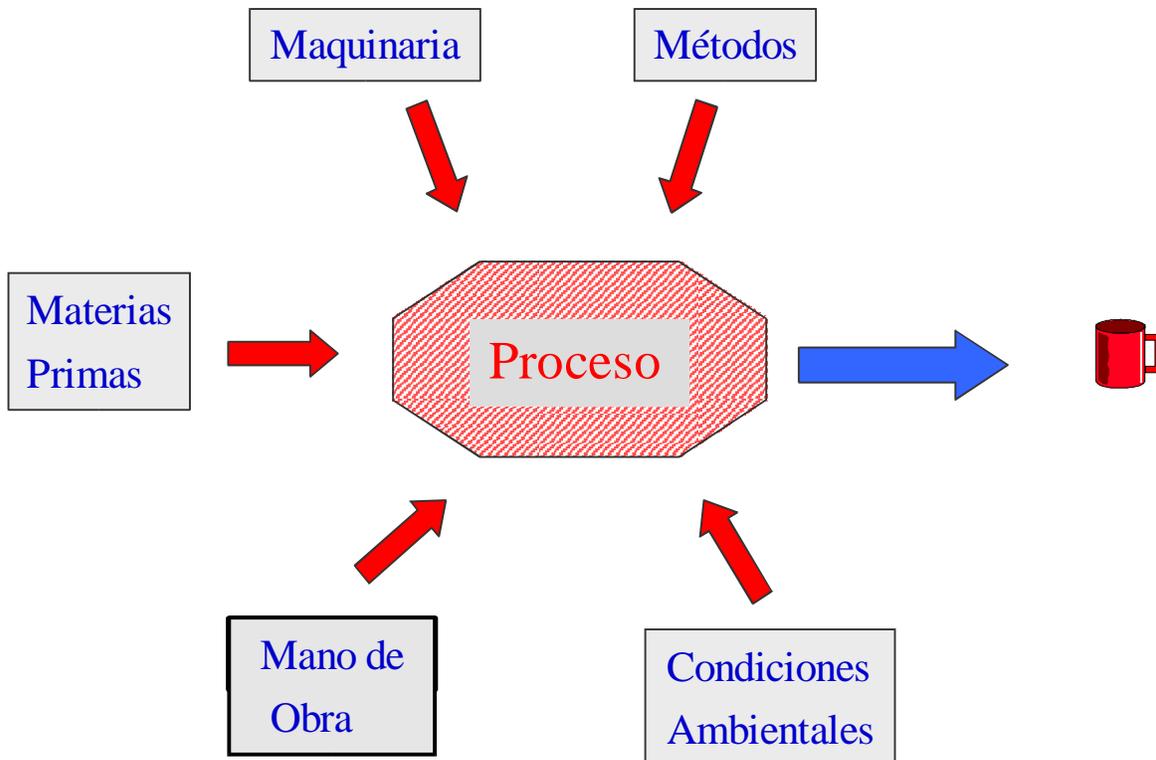


# Control Estadístico de Procesos

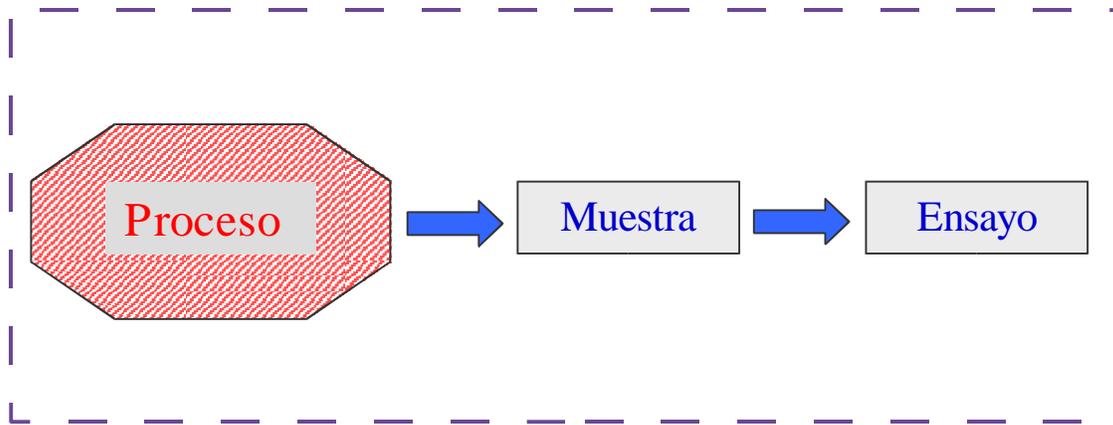
## Capacidad de Proceso

Un *proceso de fabricación* es un conjunto de equipos, materiales, personas y métodos de trabajo que genera un *producto fabricado*.



Para analizar el comportamiento del proceso, se toman muestras de producto fabricado y se realizan ensayos para determinar el valor de una característica de calidad seleccionada previamente.

Desde el punto de vista del control estadístico, es conveniente incluir la etapa de muestreo y ensayo dentro del proceso mismo.



Cualquier modificación en las condiciones del proceso (Modificación en el equipo, cambio de materias primas, etc.) conceptualmente debe considerarse como que se trata de otro proceso, diferente del anterior.

El primer paso para aplicar una técnica estadística es definir la característica de calidad que se va a medir en el producto fabricado. Desde el punto de vista estadístico, esta característica de calidad constituye una variable aleatoria, porque aún después de realizar una serie de mediciones, el valor que se obtendría en la siguiente medición no puede predecirse por cálculo.

El conjunto de todos los resultados de mediciones que pueden obtenerse es nuestro *universo* o *población*. Cualquier subconjunto de mediciones extraído del universo constituye una *muestra*. Con respecto al concepto de universo o población, cuando se aplica a resultados de mediciones en un proceso, es necesario puntualizar lo siguiente: La población o universo de resultados es el conjunto de datos que se obtuvieron hasta ese momento mas aquellos que se obtendrían si el *proceso continuara funcionando siempre bajo las mismas condiciones*. Esto se conoce como *Universo Hipotético* de mediciones de la característica de calidad.

Antes de aplicar cualquier técnica estadística, es necesario establecer algunas hipótesis bajo las cuales se va a desarrollar el análisis. En primer lugar, vamos a suponer que la característica de calidad (Variable aleatoria) es continua y de distribución normal. En segundo lugar, consideraremos que el proceso está bajo control estadístico, es decir que la variabilidad se debe solamente a un *sistema constante de causas aleatorias* (No intervienen causas asignables).

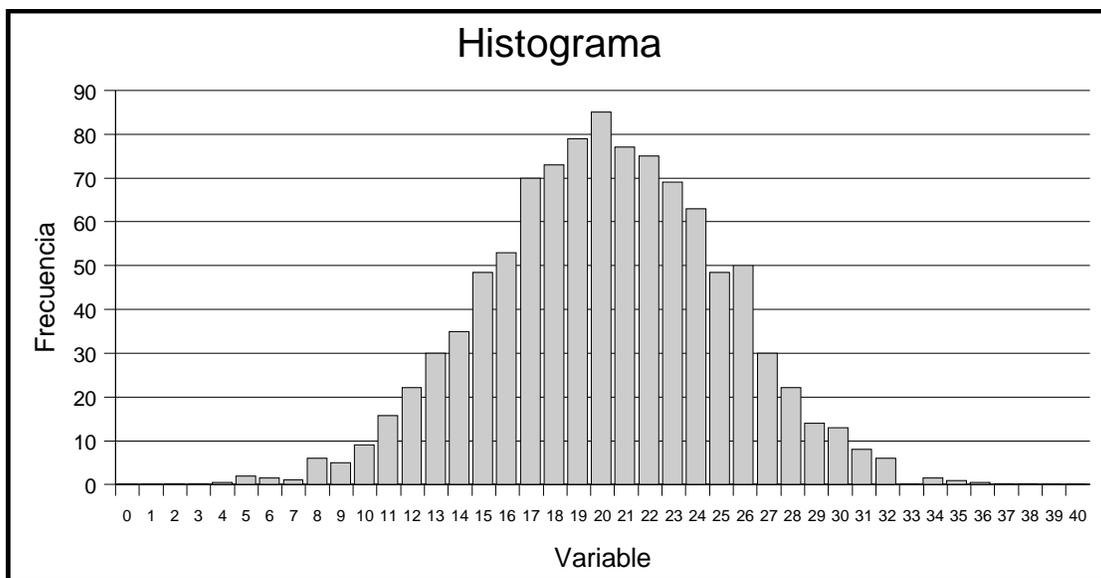
Al realizar una sucesión de mediciones de la característica de calidad sobre muestras del producto fabricado, encontramos que los valores fluctúan alrededor de un valor central. Esto es lo que llamamos la *fluctuación natural y esperable* del proceso. Esta variación de la característica de calidad medida se debe a un conjunto muy grande de causas que afectan el proceso, cuyo efecto individual es pequeño y que actúan en forma aleatoria (Sistema constante de causas aleatorias). La fluctuación natural del proceso es inherente al mismo y no puede eliminarse, sólo puede reducirse realizando modificaciones al proceso mismo, lo cual significa, como ya hemos dicho, trabajar con otro proceso. La fluctuación natural de un proceso puede cuantificarse a través de la desviación standard del mismo, con la cual podemos calcular *Límites de Tolerancia Natural* del proceso. Se debe insistir en que estos límites no pueden fijarse voluntariamente, dependen del proceso y de las variables no controlables del mismo. Generalmente se toma un rango para la fluctuación natural de 6 sigmas.

Los Límites de Especificación de un producto son fijados voluntariamente por el cliente, por el fabricante o por alguna norma. Estos límites constituyen un requisito a cumplir por el producto y no deben confundirse en ningún caso con los Límites de Control o con los Límites de Tolerancia Natural del proceso.

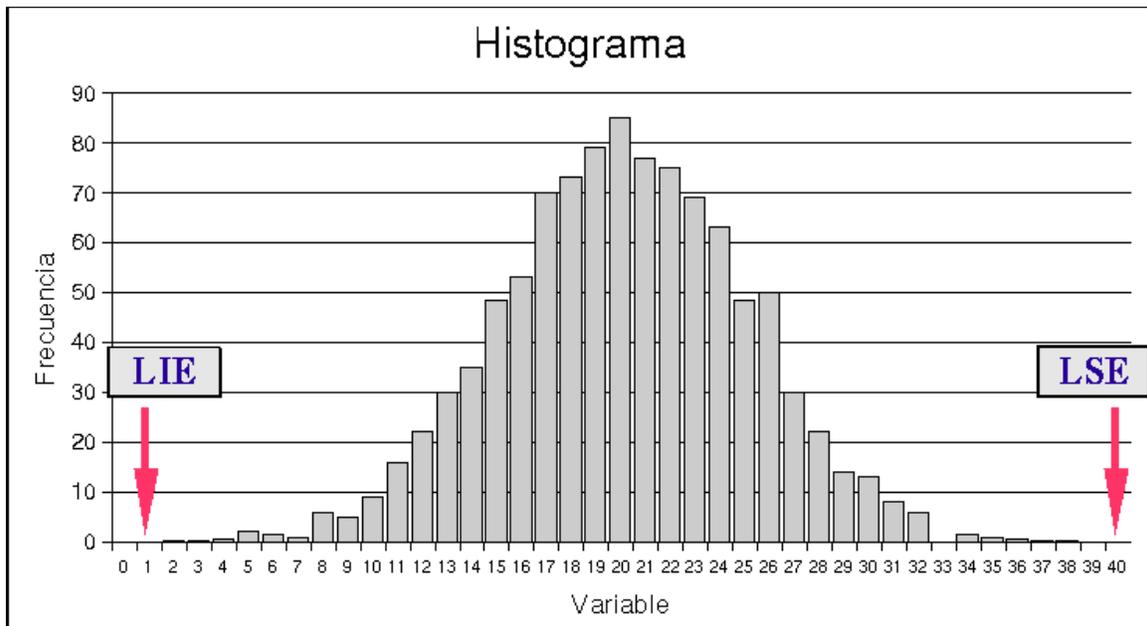
La Capacidad de un proceso es la aptitud para generar un producto que cumpla con determinadas especificaciones. En el mejor de los casos, es conveniente que los Límites de Tolerancia Natural del proceso se encuentren dentro de los Límites de Especificación del producto. De esta manera nos aseguramos que toda la producción

cumplirá con las especificaciones.

Para analizar la capacidad del proceso se puede utilizar un histograma de frecuencias. Si se dispusiera de todos los datos del universo para la característica de calidad medida y se hiciera un histograma este permitiría tener una idea exacta de la fluctuación natural del proceso. Como esto es imposible, es necesario tomar un cierto número de mediciones (Mínimo 100–200) y efectuar con ellas un histograma de frecuencias.



Este es el histograma de una *muestra* y por lo tanto es sólo una estimación del verdadero histograma del universo. Si representamos en las abscisas los Límites de Especificación del producto, podemos ver gráficamente si el proceso tiene aptitud (Capacidad) para fabricar dicho producto.



Para cuantificar la Capacidad de Proceso se utilizan coeficientes que permiten comparar el rango de especificaciones con la fluctuación natural del proceso. Uno de ellos es  $C_p$ :

$$C_p = \frac{(LSE - LIE)}{6 * \sigma}$$

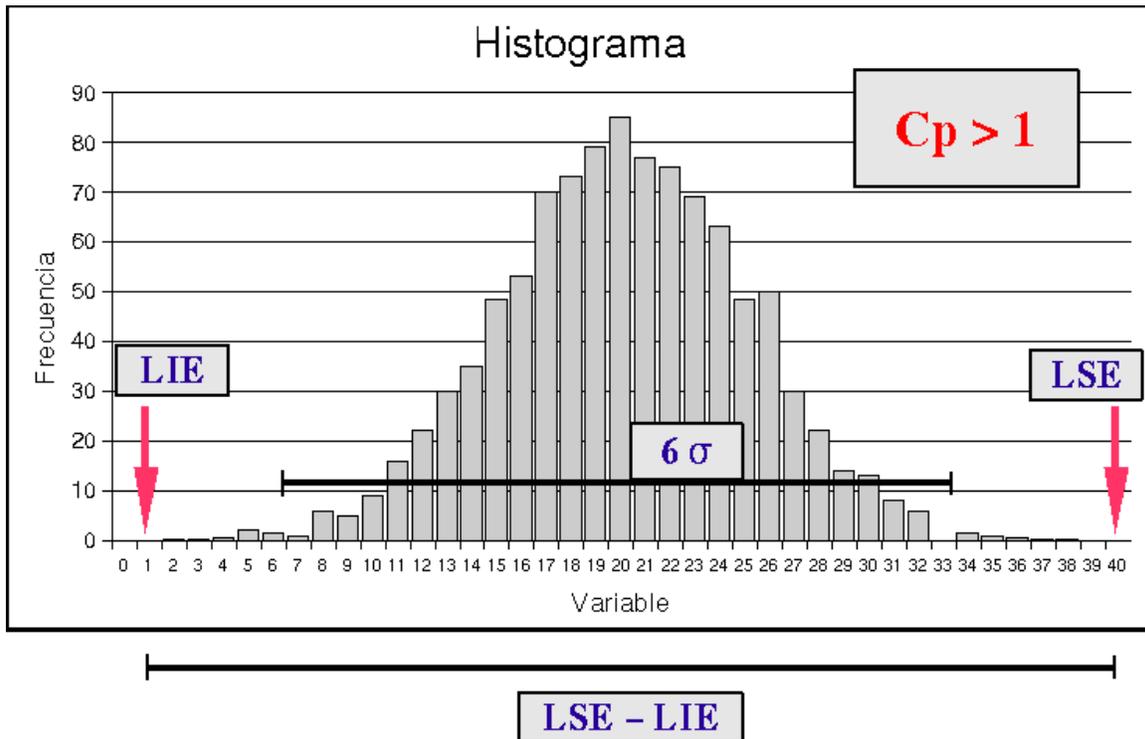
donde

$LSE$  es el Límite Superior de Especificación

y

$LIE$  es el Límite Inferior de Especificación

Si el proceso tiene capacidad para fabricar el producto, entonces  $C_p > 1$ . En general se exige  $C_p > 1.30$  para mayor seguridad.

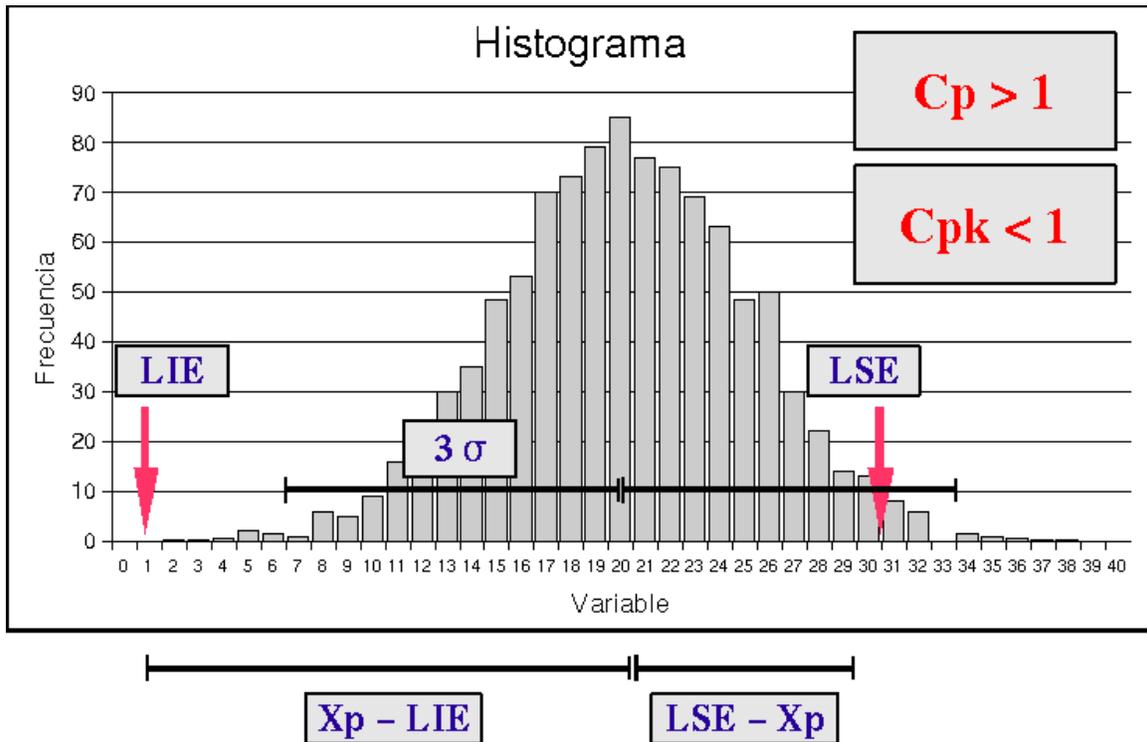


Este coeficiente tiene el inconveniente de que para poder aplicarlo el centro de gravedad del rango de especificaciones debe coincidir con la tendencia central de las mediciones del proceso. Cuando esto no ocurre se emplea el Cpk:

$$Cpk = \frac{\Delta}{3 * \sigma}$$

Donde:

$$\Delta = \text{Minimo entre } [LSE - \bar{X}] \text{ y } [\bar{X} - LIE]$$



En el gráfico podemos observar que una buena parte del producto está por encima del Límite Superior de Especificación (LSE). Aún así resulta  $C_p > 1$ , indicando erróneamente que el proceso tiene capacidad suficiente. En este caso se debe usar el segundo coeficiente que muestra claramente que el proceso no tiene capacidad suficiente ( $C_{pk} < 1$ ), tal como se puede observar en el gráfico.

El uso de un histograma para analizar la capacidad de un proceso tiene la ventaja de que se puede apreciar la *forma de la distribución*, con lo cual se puede confirmar o rechazar la hipótesis de que la misma es normal. Pero el problema es que no se puede detectar la presencia de *patrones no aleatorios*, con lo cual no es posible confirmar o rechazar la hipótesis de que *el proceso está bajo control estadístico*. Si el proceso no está bajo control estadístico los resultados del análisis de la capacidad de proceso no serán válidos y pueden llevar a conclusiones equivocadas.

Otra manera de analizar la capacidad de un proceso es por medio de los gráficos de control. La implementación de gráficos de control *exige necesariamente* colocar al proceso bajo control estadístico. En consecuencia, se puede utilizar la desviación standard utilizada para calcular los Límites de Control para calcular los coeficientes de capacidad de proceso Cp o Cpk. Si este es el caso, se debe hacer una aclaración muy importante. Cuando se utilizan gráficos X-R, en el gráfico de X se representan los promedios de subgrupos, es decir, *promedios muestrales*. No se debe confundir la desviación standard del proceso con la desviación standard de los *promedios muestrales*. Si la desviación standard del proceso es  $s$  y cada subgrupo tiene  $m$  mediciones, la desviación standard entre subgrupos es:

$$\sigma_m = \frac{\sigma}{m}$$

Si se utiliza por error la desviación standard entre subgrupos para calcular los coeficientes de capacidad del proceso, se obtendrán valores más altos que los que corresponden a la verdadera capacidad del proceso.

---