



UNIVERSIDAD DON BOSCO
VICERRECTORÍA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

TRABAJO DE GRADUACIÓN
“APLICACIÓN DE ACCIONES DE MEJORA EN EL MÉTODO DE
CONTROL DE PESOS DE PLANTA PANIFICADORA”

PARA OPTAR AL GRADO DE
MAESTRO EN GESTIÓN DE LA CALIDAD

ASESOR:
OSCAR DAVID GUZMÁN JULIÁN

PRESENTADO POR:
PATRICIA LIZZETTE VALLADARES PÉREZ
ELMER ALEXANDER GARRIDO LÓPEZ

MAYO DE 2018
Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, Centroamérica

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

Por la culminación de nuestra tesis agradecemos principalmente a Dios por darnos bendiciones en nuestras vidas.

A nuestros padres, familiares y amigos que nos transmitieron conocimientos y nos dieron mucho apoyo en este proceso.

A la Universidad Don Bosco, por ser nuestra casa de formación en cuanto a conocimientos técnicos y teóricos.

ÍNDICE

Contenido	Página
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 OBJETIVOS.....	2
3 ALCANCE.....	3
4 MARCO TEÓRICO.....	4
4.1 INICIOS DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS.....	4
4.2 LA CALIDAD Y EL ENFOQUE ESTADÍSTICO.....	4
4.3 CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS (CEP).....	6
4.3.1 OBJETIVO DEL CEP.....	6
4.3.2 GRÁFICOS DE CONTROL.....	9
4.3.3 VARIABILIDAD.....	11
4.4 MÉTODOS GRÁFICOS PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO.....	12
4.4.1 MAPA DE PROCESOS.....	13
4.4.2 DIAGRAMA DE PARETO.....	14
4.4.3 DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO.....	15
4.4.4 HISTOGRAMAS.....	16
4.5 ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE PROCESOS.....	18
4.6 MUESTREO.....	21
4.7 MODELO DE LA INSTRUMENTACIÓN.....	22
4.7.1 IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS CONTINUOS.....	23
4.7.2 ANALISIS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	23
4.7.3 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD.....	25
4.7.4 COLECCIÓN PRELIMINAR DE DATOS.....	25
4.7.5 DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES DE CONTROL.....	26
5 DIAGNÓSTICO.....	29
5.1 DESCRIPCIÓN Y CONTEXTO DE LA ORGANIZACIÓN.....	29
5.1.1 HISTORIA.....	29
5.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN.....	29
5.2 PRODUCTOS TERMINADOS.....	33
5.2.1 Sistema de Calidad.....	33

5.3	PROCESOS PRODUCTIVOS	34
5.4	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA LINEA DE PANES 34	
5.5	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	37
5.5.1	PLAN DE MUESTREO ACTUAL.....	37
5.5.2	LÍNEA BASES DE ÍNDICES DE CAPACIDAD	37
6	PROPUESTA DE MEJORA	42
6.1	PLAN DE MUESTREO PROPUESTO	42
6.2	PLAN DE CONTROL.....	43
6.3	PLAN DE CAPACITACIONES	44
6.4	RESULTADOS	47
6.4.1	CUMPLIMIENTO AL PLAN DE CONTROL	47
6.4.2	CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE CAPACITACIONES.....	47
6.4.3	RESULTADOS DE ÍNDICES DE CAPACIDAD DE PROCESOS.....	47
7	CONCLUSIONES.....	52
8	RECOMENDACIONES	53
9	BIBLIOGRAFÍA	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
Tabla 1: Línea base de Cp y CpK.....	38
Tabla 2: Plan de muestreo propuesto.....	42
Tabla 3: Plan de Control de Proceso	43
Tabla 4: Plan de Capacitaciones.....	45
Tabla 5: Resultados posteriores a mejoras de Cp y CpK	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1: Factores que afectan al proceso.	9
Figura 2: Forma básica de un gráfico de control	10
Figura 3: Mapa de Procesos de Primer Nivel de Bimbo El Salvador	14
Figura 4: Ejemplo de Diagrama de Pareto	15
Figura 5: Ejemplo de Diagrama Causa y Efecto	16
Figura 6: Ejemplo de Diagrama de Pareto	17
Figura 7: Posición y extensión en la distribución de datos.....	18
Figura 8: Organigrama de la empresa.....	30
Figura 9: Diagrama de proceso de la línea de panes	36

LISTADO DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

CEP: Control estadístico de procesos.

Cp : índice de capacidad potencial de un proceso.

CpK : índice de capacidad real de un proceso.

LIE : límite inferior especificado.

LSE : límite superior especificado.

LCI : límite de control inferior

LCS : límite de control superior

LC : línea central

σ : letra griega sigma que representa la desviación estándar de una serie de datos.

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento da a conocer la situación en cuanto a cumplimiento de especificaciones de peso de la línea de panes blanco de una empresa Panificadora.

Los pesos han sido tomados de registros de producto en proceso (masas) y producto terminado (empacado y atado con plastinado).

Mediante la implementación de acciones de mejora en el método de evaluación de capacidad de proceso, se busca generar ahorro y cumplimiento de especificaciones de producto terminado. Las acciones deben atacar de raíz los problemas y dificultades observados en la línea de producción antes mencionada.

Existen variables en el proceso que pueden afectar el cumplimiento de la especificación de peso de producto terminado, entre ellas están: tipo y consistencia de masa, estado de bombas de vacío de la divisora de masa, estado y sincronización de cuchillas de corte de masa, estado de las guías de boleado, cantidad de harina de polveo aplicada en el molde, cantidad de desmoldante aplicada en el molde, tiempo de horneado, temperaturas de horneado, estado de las cintas rebanadoras.

Es requerido que estas condiciones de operación estén bien definidas y los equipos en óptimas condiciones de funcionamiento para poder garantizar que se cumple la especificación y no se genera aumento de costos por enviar producto con sobrepeso al mercado; pero para ello es necesario poder contar con datos de peso confiables, reales y suficientes para una correcta toma de decisiones en el proceso.

Los procesos actuales, fruto de la evolución tecnológica, son procesos que se caracterizan por presentar una cantidad muy baja de unidades no conformes. En estas circunstancias los procedimientos tradicionales de control ya no pueden ser utilizados debido a que incrementan el riesgo de falsas alarmas, esta necesidad motiva a desarrollar una serie de alternativas más potentes para el control y generar productos con atributos de la calidad deseada.

2 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO.

Evaluar y monitorear la capacidad de los procesos en la fabricación de los productos terminados en línea de panes blancos en una planta panificadora.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO.

- Identificar las herramientas de control estadístico de proceso adecuadas para el aseguramiento de Calidad en la línea de panes blancos de una planta panificadora.
- Determinar un plan de capacitación adecuado para el personal involucrado en la toma de decisiones críticas y de impacto en el CEP.
- Determinar la capacidad del proceso de la línea X. a fin de proponer acciones de mejora aplicables para hacer más efectivo el método de medición y evaluación del desempeño del proceso actual de producción de la línea de panes blancos.

3 ALCANCE

El estudio se realizó en una empresa de panificación ubicada en el municipio de Santa Tecla, La Libertad.

Los datos analizados corresponden exclusivamente a los productos elaborados en la línea de panes blancos en el año 2017.

Se incluyen datos de peso de producto en proceso (masa) y producto terminado (enfriado y embolsado).

Este caso de estudio es únicamente para la planta de panificación y no será replicado en otras empresas.

4 MARCO TEÓRICO

4.1 INICIOS DEL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

La estadística como ciencia se remonta sólo dos o tres siglos, con gran auge durante el siglo XX. Las primeras aplicaciones se realizaron en astronomía, física y en ciencias biológicas y sociales. Sin embargo, no fue hasta los años 1920 que la teoría estadística comenzó a ser aplicada al control de calidad de manera efectiva como resultado del desarrollo de la teoría del muestreo.

El primero en aplicar métodos estadísticos en el control de calidad fue Walter A. Shewhart, de la Bell Telephone Laboratories, quien emitió un documento el 16 de mayo 1924, en el que presentó un bosquejo de un moderno gráfico de control.

Shewhart continuó mejorando y trabajando en este tema y en 1931 publicó un libro sobre el control estadístico de calidad, "Economic Control of Quality of Manufactured Product". Este libro fijó las bases para la aplicación de los métodos estadísticos en el control de procesos.

En 1925 Fisher y Shewhart desarrollaron importantes aplicaciones de la estadística al entonces llamado Control Estadístico de la Calidad. A partir del año 1950, Deming revoluciona la industria japonesa cambiando el concepto del Control de Calidad al de Mejoramiento de la Calidad como una actividad continua que nunca termina. Su metodología se encuentra en el libro "Out of the crisis" publicado en 1986.

Desde el año 1980 ha habido un profundo crecimiento en el uso de los métodos estadísticos para el mejoramiento de la calidad, motivado en parte, por la amplia pérdida de negocios y mercados sufrida por muchas empresas.

Actualmente, las necesidades del mercado y la evolución tecnológica han motivado que se esté considerando el monitoreo y control de procesos que cuentan con altos estándares de calidad, es decir, procesos en los cuales la proporción de unidades no conformes, en condiciones normales, es muy baja.

4.2 LA CALIDAD Y EL ENFOQUE ESTADÍSTICO

La gran importancia del control de calidad puede vislumbrarse si se considera que ha pasado históricamente por tres etapas distintas. En una primera etapa, el énfasis se centraba en la labor de inspección y en el establecimiento de tolerancias para los productos. Las limitaciones de este enfoque son claras, no evita los defectos de fabricación.

Luego la segunda etapa del control de calidad se propone evitar las causas de los problemas de fabricación, por medio del análisis de capacidad de procesos y diseño de procesos. El control más importante es el control de la calidad en curso de fabricación; las tolerancias comienzan a contemplarse como estándares a superar y no como objetivos a conseguir. Las ventajas de este enfoque radican en su capacidad para mejorar procesos y prevenir la aparición de problemas.

Finalmente, como consecuencia de la intensa competencia internacional, la tercera etapa, desarrollada especialmente en Japón, prosigue la dirección de evitar los problemas antes de que aparezcan, y pone en énfasis en el diseño de productos que cumplan con estándares altos de calidad.

En la nueva concepción del control de calidad es la utilización masiva del método científico, en concreto, de la estadística, en la planificación de recogida y análisis de los datos necesarios para la toma de decisiones tendentes a mejorar todos los procesos evitando desviaciones en cada uno de ellos. Un control de calidad del que no se deriven actuaciones constantes para el perfeccionamiento de los sistemas no es un control de calidad verdadero.

La aplicación de las técnicas estadísticas, las cuales facilitan una apropiada utilización y análisis de datos disponibles es consecuencia de la existencia de la variabilidad que se puede observar en el comportamiento de los procesos, aún bajo condiciones de estabilidad aparente. Tal variabilidad puede notarse en las características medibles de los productos y procesos, las cuales pueden ser obtenidas durante las etapas del ciclo del producto desde las entradas de materia prima hasta la entrega del producto final.

La estadística puede ayudar a medir, describir, analizar, interpretar y modelar dicha variabilidad, aún con una cantidad limitada de información. Los análisis estadísticos de los datos ayudan a obtener un mejor entendimiento de la naturaleza, extensión y causa de la variabilidad. Esto ayuda a la pronta detección de desviaciones en los procesos y pronta corrección, aportando la mejora continua en cada proceso.

El mayor enfoque de la aplicación estadística en una empresa está en el control de proceso, cuya utilización tiene como propósito lo siguiente:

- Control estadístico de proceso
- Estudios de capacidad y control de proceso
- Análisis de datos
- Evaluación del desempeño

4.3 CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS (CEP)

El CEP o SPC por sus siglas en inglés (Statistical Process Control) constituye una metodología de diagnóstico de la “estabilidad” de un indicador de calidad, de un proceso y de su capacidad para cumplir con sus especificaciones o límites de tolerancia. Adicionalmente, y no menos importante, apoya las decisiones de gestión al permitir entender en profundidad el concepto de variación y sus tipos.

Sin contradecir las definiciones normalizadas internacionalmente del control estadístico de procesos y las que han realizado distintos autores como Bisell (1994), lo definiremos como “el uso de técnicas estadísticas y/o algoritmos de control estadísticos o estocásticos” para lograr uno o más de los siguientes objetivos:

- a) Incrementar el conocimiento acerca del proceso;
- b) Hacer que un proceso se comporte de una manera determinada;
- c) Reducir la variación de los parámetros de producto final, o de otra manera, mejorar el desempeño del proceso.

4.3.1 OBJETIVO DEL CEP

Los objetivos del CEP son muchos entre los cuales se encuentra el de establecer un sistema de observación, permanente e inteligente, que detecte prematuramente la aparición de causas especiales de variabilidad y ayude a identificar su origen, con el fin de eliminarlas del proceso y de tomar medidas que eviten su reaparición en el futuro.

Su fundamento es la toma periódica de muestras y la representación gráfica de estadísticos adecuadamente elegidos para monitorizar eficientemente los parámetros clave del proceso, y que actúan como señales de aviso de las salidas de control del proceso.

La principal herramienta del CEP es el gráfico de control. Estos gráficos de control, bien utilizados, constituyen una herramienta de mejora muy útil y poderosa por diferentes motivos: implican a operarios, encargados, técnicos y directivos en la gestión de la calidad; evitan tanto los problemas de sobreajuste o infraajuste de los procesos; permiten diferenciar entre problemas puntuales, que pueden resolverse mediante simples actuaciones locales, y problemas asociados a las causas comunes de variabilidad, cuya resolución exige actuaciones sobre el sistema que deben plantearse desde la Dirección; y posibilitan establecer la capacidad real del proceso.

El CEP tiene uno o más objetivos distintos del control estadístico de calidad y es importante enfatizar que los objetivos generales del CEP son:

- a) Aumentar el conocimiento acerca de los procesos;
- b) Hacer que un proceso se comporte de una manera determinada;

- c) Reducir la variación de los parámetros del producto final o de otra manera mejorar el desempeño del proceso.

El objetivo económico común del control estadístico de procesos es incrementar los bienes producidos aceptables para una cantidad determinada de recursos de entrada.

Dependiendo del mercado al que se está brindando servicio, la naturaleza del producto, tecnología, y las necesidades del cliente, la implementación efectiva del CEP reduce los costos e incrementa las ganancias de las siguientes formas:

- a) Gestionando el proceso de manera más económica con el propósito de contar con una mayor consistencia y mejoras;
- b) Reduciendo la variación alrededor de los valores objetivo ya sea en el producto final o el parámetro de salida del proceso;
- c) Proporcionando señales y evidencia de cómo se está comportando un proceso y como debería comportarse;
- d) Evaluando y cuantificando, qué niveles de calidad y consistencia, el proceso es capaz de producir actualmente;
- e) Identificando cuando, cuando no y en donde buscar causas de variación asignables o para llevar a cabo ajustes preventivos de proceso;
- f) Controlando y/o reduciendo las causas de variación aleatorias a lo largo de los cambios del diseño del proceso y otros cambios sistemáticos al proceso;
- g) Incrementando el conocimiento de cómo las causas de variación del sistema afectan al proceso, se pueden hacer mejoras al proceso.

El Control Estadístico de Procesos (CEP) es una herramienta estadística que se utiliza para conseguir el producto adecuado desde el inicio del proceso. Con este procedimiento se abarcan tres objetivos:

- a) seguimiento y vigilancia del proceso,
- b) reducción de la variación y
- c) menor costo por unidad.

Para implementar el CEP, el primer paso consiste en el análisis descriptivo de la característica bajo estudio. La distribución de frecuencias, por ejemplo, permite tener un primer conocimiento respecto a la forma de la distribución subyacente de la característica. También es un indicador de la capacidad del proceso para cumplir con determinados requerimientos. Si no se observan comportamientos anormales como presencia de valores atípicos, por ejemplo, en esta etapa es posible estimar los parámetros de la distribución.

Un concepto importante del CEP es; que los métodos estadísticos se basan en que no existen dos productos exactamente iguales en un proceso de manufactura, por lo tanto, la VARIACIÓN es inevitable y el análisis de esta variación se hace con el apoyo de la estadística.

En general, prácticamente todas las organizaciones tienen la necesidad de asegurar que sus productos o servicios estén libres de defectos, para evitar costos de recuperación, reproceso, devoluciones de clientes, etc., sin considerar los daños a la imagen para la marca de la empresa. El control estadístico de procesos o CEP no se aplica para controlar los productos fabricados, sino para la prevención de defectos durante la producción.

El muestreo que requiere CEP no es nada costoso, pero es un control preventivo que no se fabriquen productos defectuosos. El control estadístico de procesos es una herramienta Lean que proporciona bases científicas para definir controles óptimos que sustituyen la necesidad de tener que inspeccionar todos los productos, por lo que se minimizan los costos de control al mismo tiempo que se proporciona la garantía de que prácticamente todos los productos están siendo entregados al cliente libres de defectos.

La empresa debe de ser productiva, pero también deben de ofrecer a sus clientes productos con calidad. Visto desde esta perspectiva del CEP, cualquier proceso puede tener variabilidad. Por variabilidad entendemos aquellos cambios o errores inevitables que modifican el proceso, ya sean pequeños o casi imperceptibles, y que afectan posteriormente al producto que se entrega.

Los errores debidos a causas comunes, aleatorias, siempre se presentan en cualquier proceso. Por esto es necesario primero cuantificar esta variabilidad asociada a causas comunes para determinar si el proceso es aceptable. Si no lo fuera, será necesario implementar una mejora del proceso que nos ayude a disminuir dicha variabilidad. Una vez que la variabilidad del proceso está en un rango definido como aceptable, se puede decir que el proceso está bajo control estadístico.

Un proceso está bajo control estadístico o en condiciones estables cuando su variabilidad se encuentra dentro del rango de aceptación definido previamente.

Con el fin de controlar la estabilidad del proceso, se establecen límites de control superior e inferior de especificación (LSE y LIE), promedio del proceso: $X \pm 3 \sigma$. Si el proceso perdiera el control estadístico, se debería a una excesiva variación producida por una “causa asignable”. Por tanto, será necesario que se identifique esta causa asignable y una vez hecho, realizar una acción correctiva que re alinee el proceso, llevándolo hacia su variabilidad original.

Con todo método, el control estadístico de procesos está diseñado para buscar bases estadísticas que permitan prevenir errores sin incrementar los costos derivados del control de calidad. De hecho, es posible generar grandes reducciones de costos cuando se comprende apropiadamente cómo varía el proceso y cuáles son los factores que causan que el proceso se escape del control estadístico. Si estas causas son entendidas correctamente, es posible incluso reducir el número de controles, y aun así aumentar la productividad del proceso y aumentar las utilidades de la empresa.

El control de calidad es una herramienta que permite de una forma adecuada y consistente analizar procesos con el fin de estudiar su comportamiento y poder evaluarlo, de tal forma que si se hallan procesos fuera de control se puedan hallar las variables que ejercen ese comportamiento. Con la finalidad de que se puedan generar mecanismos que conminen a restablecer el control del proceso de tal forma que se puedan cumplir con las especificaciones planteadas dentro del mismo.

En cualquier proceso productivo, por muy bien que se diseñe y por muy cuidadosamente que se controle, siempre existirá una cierta variabilidad inherente, natural, que no se puede evitar. Esta variabilidad natural, es el efecto acumulado de muchas pequeñas causas de carácter, esencialmente, incontrolable. Siendo uno de los objetivos fundamentales del CEP el detectar la presencia de causas asignables para emprender acciones correctivas que evite la elaboración de productos defectuosos o la disminución de los mismos.

La Figura 1 muestra en resumen los posibles factores que afectan al proceso.

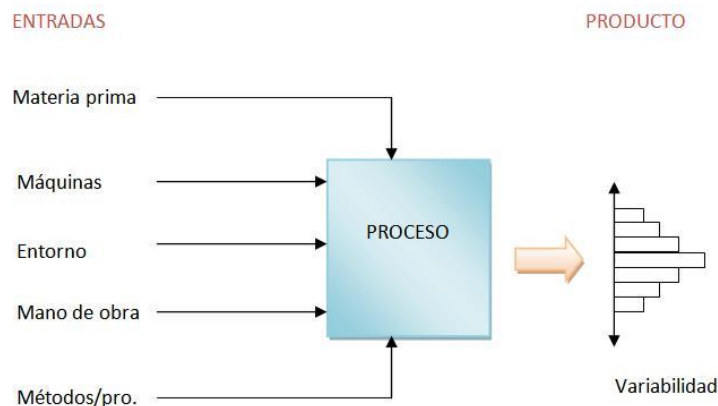


Figura 1: Factores que afectan al proceso.

Fuente: Albert Prat Bartes. Fuente: Métodos estadísticos: control y mejora de la calidad.

Alcanzar un estado de control estadístico de proceso puede requerir un gran esfuerzo, pero es sólo el primer paso. Una vez alcanzado, podremos utilizar la información de dicho control como base para estudiar el efecto de cambios planificados en el proceso de producción con el objetivo de mejorar la calidad del mismo.

4.3.2 GRÁFICOS DE CONTROL

De todos los procedimientos utilizados para analizar datos de procesos productivos (servicios) probablemente los más valiosos son los gráficos de control. La aplicación más difundida de los gráficos de control corresponde a los gráficos de control de Shewhart. Estos gráficos sirven para descubrir y diferenciar causas comunes de causas especiales de variación y proporcionan un

medio de vigilancia y retroalimentación en los sistemas operativos de control. Cuando Shewhart desarrolló los gráficos de control, él buscaba una forma económica y sencilla de controlar un proceso, es decir, que sólo se tomaran acciones sobre el proceso cuando ocurriera una causa especial de variación.

Básicamente, un gráfico de control es una representación de una característica de calidad medida o calculada a partir de una muestra, repitiendo este muestreo en el tiempo. El gráfico tiene una línea central (LC) que representa el valor medio de la característica correspondiente en estado de control, es decir, cuando solamente causas naturales afectan al proceso. Junto con la línea central se colocan otras dos líneas horizontales que corresponden a los límites de control, uno superior (LSC) y otro inferior (LIC). Estos límites se fijan de manera que, si el proceso se encuentra bajo control, prácticamente todos los valores muestrales graficados se ubicarán entre ellos. Cuando esto sucede no es necesario tomar ninguna acción sobre el proceso.

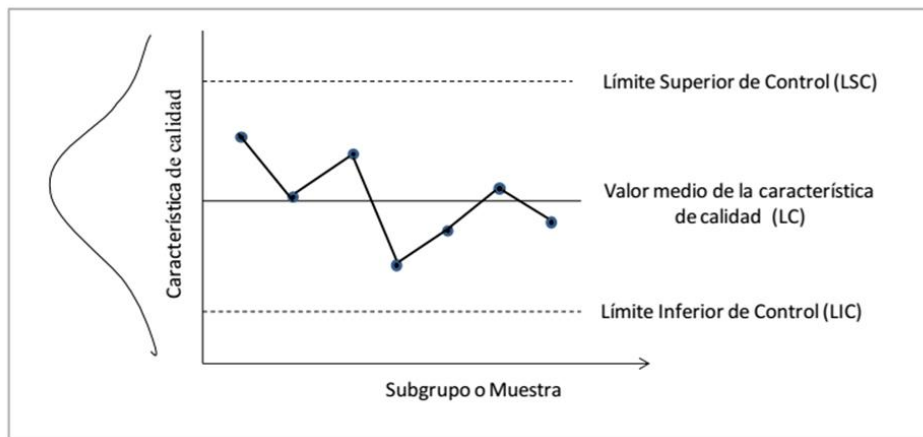


Figura 2: Forma básica de un gráfico de control

Desde el punto de vista estadístico, un gráfico de control es básicamente una prueba de hipótesis de que el proceso está bajo control estadístico y como cualquier prueba de hipótesis, se pueden cometer los errores Tipo I (con probabilidad α) y Tipo II (con probabilidad β) al tomar una decisión. Este concepto, netamente estadístico, muy pocas veces se conoce y en consecuencia se suele proceder de manera equivocada.

Para que un gráfico de control funcione adecuadamente, se debe establecer un plan de muestreo que minimice la variación del proceso dentro de cada muestra o subgrupo. Esto es así, debido a que se supone que las unidades producidas bajo condiciones similares de operación constituyen un subgrupo homogéneo. Por lo tanto, la variación presente entre unidades de un mismo subgrupo, reflejan sólo la variación dentro del subgrupo. Esta variación se conoce habitualmente como variación natural del proceso, variación por causas comunes o variación de corto plazo y para los estadísticos es la medida del error experimental. Esta variación no está influenciada por el efecto de diferentes máquinas, diferentes operadores, cambios de materia prima,

mantenimiento de equipos, temperatura ambiente o humedad, factores que suelen tener efecto entre subgrupos. La desviación estándar estimada sólo a partir de la variación dentro de los subgrupos representa la consistencia de un proceso en un período corto de tiempo y por ello se la conoce como variación de corto plazo.

Las muestras o subgrupos se obtienen luego a lo largo del proceso a intervalos de tiempo regulares (frecuencia de muestreo), de manera que, de verificarse causas especiales, ellas se produzcan entre subgrupos. La desviación estándar estimada de la combinación de la variación dentro y entre subgrupos (variación total), refleja el desempeño del proceso sobre un largo período de tiempo.

Cuando un proceso se encuentra en “perfecto estado de control” la variación entre los promedios de subgrupos debe ser nula y, en consecuencia, las desviaciones de corto y largo plazo deberían ser iguales. Evidentemente, el estado de “perfecto control” rara vez se encuentra en la práctica y la variación entre medias de subgrupos es generalmente mayor a la variación dentro de subgrupos o de corto plazo.

Si un proceso se encuentra “bajo control estadístico” el estudio de su capacidad se puede entender como un estudio de la predictibilidad de un proceso o de su habilidad para lograr determinados requerimientos.

Entonces, teniendo en cuenta todos estos conceptos, en una primera etapa de control, se identifican y eliminan las causas especiales de variación para estabilizar el proceso y en una segunda etapa se consolida la estabilidad mediante acciones de mejora y reacción a causas especiales. De esta manera se va realimentando el sistema

Es importante destacar que no existe ninguna relación entre los límites de control y los límites de especificación de un proceso. Los primeros surgen de la variabilidad natural del proceso medida por la desviación estándar de la característica bajo estudio, esto es, por los límites de tolerancia natural del proceso. Los límites de especificación, en cambio, son determinados por el departamento de diseño en base a requerimientos de clientes.

4.3.3 VARIABILIDAD

La variabilidad es una medida de la uniformidad, existen dos formas de variabilidad:

- Variabilidad inherente o instantánea que existe en un momento dado y
- Variabilidad a lo largo del tiempo.

Una medida de la variabilidad es el rango que se obtiene restando el valor más bajo de un conjunto de observaciones del valor más alto.

La calidad de los procesos sin duda determina la calidad de los productos que se obtienen, razón por la cual la gran meta de todo proceso de mejora es controlar la variabilidad, de tal forma que los procesos sean estables, consistentes y predecibles.

4.4 MÉTODOS GRÁFICOS PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO

Un gráfico CEP o “gráfico de control” es un gráfico de datos derivados de muestras que se extraen periódicamente de un proceso y se grafican en la secuencia. Además, el gráfico CEP se distingue por los “límites de control” que describen la variabilidad inherente del proceso cuando éste es estable.

La función de un gráfico de control es ayudar a evaluar la estabilidad del proceso, y esto se consigue examinando los datos graficados en relación con los límites de control. Se puede graficar cualquier variable (datos que resultan de la medición) o atributo (datos contados) que represente una característica de interés de un producto o proceso. En el caso de datos variables, normalmente se utiliza un gráfico de control para hacer el seguimiento de los cambios en el centro del proceso y se utiliza un gráfico de control diferente para hacer el seguimiento de los cambios en la variabilidad del proceso.

Para datos de atributos, generalmente se mantienen gráficos de control del número o proporción de unidades no conformes o del número de no conformidades encontradas en las muestras extraídas del proceso

La forma convencional del gráfico de control para datos variables es el llamado gráfico "Shewhart". Existen otras formas de gráficos de control, cada una con propiedades que son adecuadas para su aplicación en circunstancias especiales. Ejemplos de estos incluyen los "gráficos cusum", que permiten incrementar la sensibilidad a pequeños cambios en el proceso, y el "gráfico de promedios móviles" (simple o ponderado) que sirve para suavizar las variaciones puntuales para mostrar tendencias persistentes en el tiempo.

Entre alguno de los beneficios que esta técnica ofrece se encuentra que además de presentar los datos en una forma visible para el usuario, los gráficos de control facilitan la respuesta apropiada a la variación del proceso, ayudando al usuario a distinguir la variación aleatoria que es inherente a un proceso estable, de la variación que puede ser debida a “causas asignables” (es decir, para la cual puede asignarse una causa específica), cuya detección y corrección oportuna puede ayudar a mejorar el proceso.

Sin embargo, también existen limitaciones como lo puede ser que es importante que se tomen las muestras de un proceso de la manera que mejor revele la variación de interés, y a dicha muestra se le llama “subgrupo racional”. Esto es esencial para la utilización y la interpretación

eficaz de gráficos CEP, y para entender las fuentes de variación del proceso. Los procesos de periodo corto presentan especiales dificultades, puesto que raramente se presentan suficientes datos para establecer los límites de control apropiados. Siempre existe un riesgo de “falsas alarmas” al interpretar los gráficos de control (es decir, el riesgo de concluir que ha ocurrido un cambio cuando este no es el caso). También existe el riesgo de fallar en detectar un cambio que sí ha ocurrido. Estos riesgos pueden ser mitigados, pero nunca eliminados.

Si bien es cierto, estas herramientas son parte importante del CEP, en realidad solo incluyen el aspecto técnico del tema. El CEP es una actitud (un deseo de todos los individuos en la organización para el mejoramiento continuo de la calidad y productividad por medio de la reducción sistemática de la variabilidad). El diagrama de control o grafico de control es la más poderosa herramienta del CEP.

Por lo general, existen algunas características que son críticas para establecer la calidad del producto. Normalmente se realizan mediciones de estas características y se obtienen datos numéricos. Si se mide cualquier característica de calidad de un producto, se observará que los valores numéricos presentan una fluctuación o variabilidad entre las distintas unidades del producto fabricado. Estas herramientas nos permiten realizar un análisis adecuado de los datos del proceso para mejorar su calidad, entre las más utilizadas se tienen:

- Mapa de Procesos
- Diagrama de Pareto

4.4.1 MAPA DE PROCESOS

Un proceso es un conjunto de actividades y recursos interrelacionados que transforman elementos de entrada en elementos de salida aportando valor añadido para el cliente o usuario. Los recursos pueden incluir: personal, finanzas, instalaciones, equipos técnicos, métodos, etc. El propósito que ha de tener todo proceso es ofrecer al cliente o usuario un servicio correcto que cubra sus necesidades, que satisfaga sus expectativas, con el mayor grado de rendimiento en costo, servicio y calidad. Un procedimiento es la forma específica de llevar a término un proceso o una parte del mismo.

Los resultados deseados en los procesos dependen de los recursos, la habilidad y motivación del personal involucrado en el mismo, mientras los procedimientos son sólo una serie de instrucciones elaboradas para que las siga una persona o conjunto de personas.

El mapa de proceso puede ser de tres niveles: macro (toda la organización), nivel local (todo un proceso) y micro (un subproceso específico).

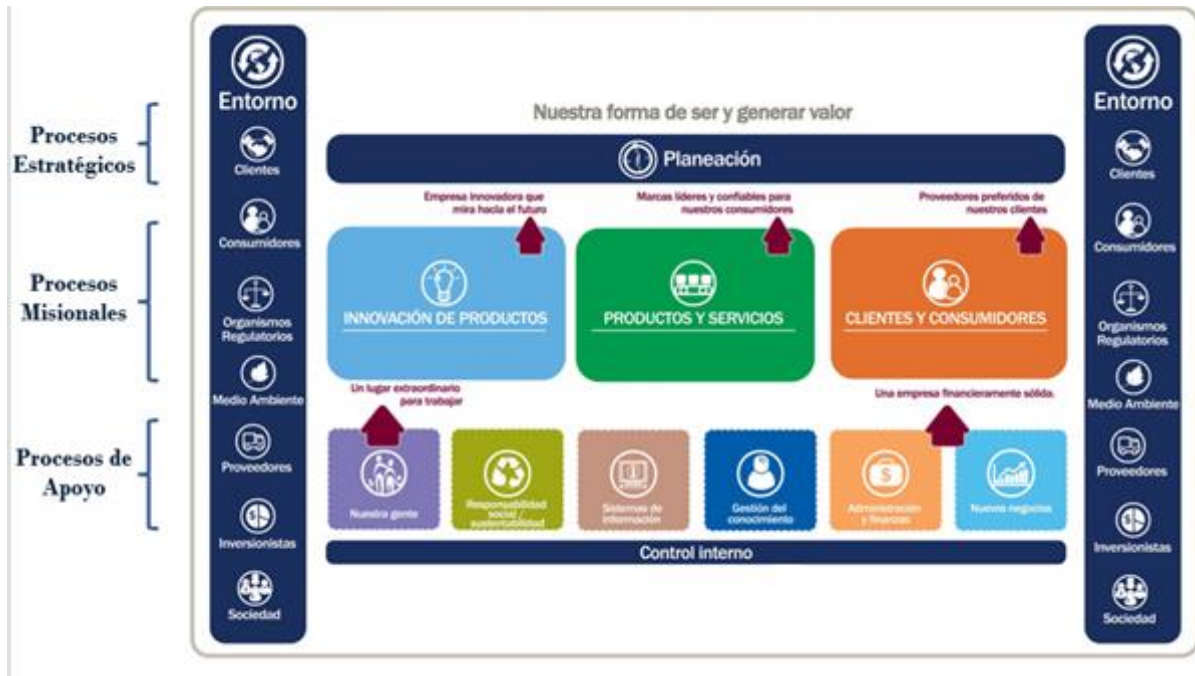


Figura 3: Mapa de Procesos de Primer Nivel de Planta Panificadora
Fuente: Manual de Procesos

4.4.2 DIAGRAMA DE PARETO

Cuando un proceso es complejo existen múltiples causas que pueden provocar fallos y afectar a la calidad de forma significativa. Un análisis minucioso del proceso puede llevarnos a la conclusión de que no todos los tipos de fallos posibles ocurren con la misma frecuencia ni tienen la misma repercusión. Para este análisis se utiliza el diagrama de Pareto. Este principio de concentración fue popularizado por el italiano Vilfredo Pareto en el siglo XIX en su estudio de la distribución de la renta en Italia.

El diagrama de Pareto es llamado también curva 80-20 o distribución A-B-C, es una forma especial de gráfico de barras verticales el cual ayuda a determinar que problemas resolver y en qué orden. El hecho de hacer un diagrama de Pareto basado en hojas de inspección o en otras formas de recolección de datos es una ayuda para dirigir la atención y esfuerzos a los problemas realmente importantes.

Se obtendrán mejores resultados al analizar los problemas en orden de importancia.

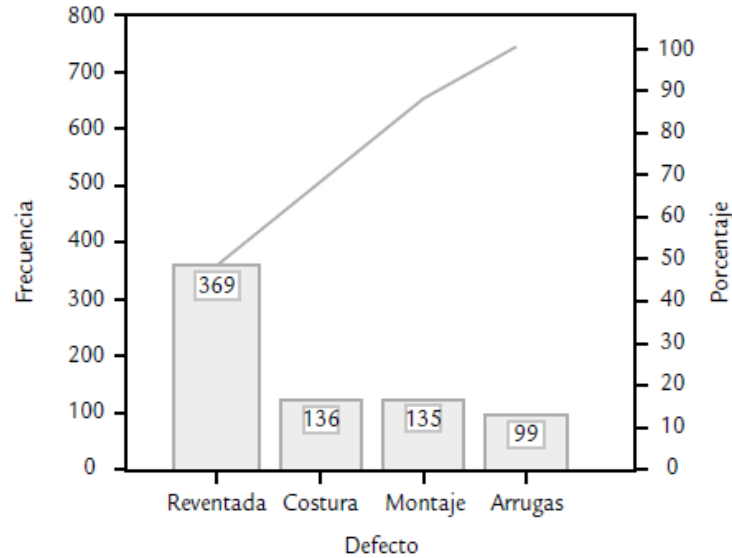


Figura 4: Ejemplo de Diagrama de Pareto
Fuente: Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, Humberto Gutiérrez Pulido.

4.4.3 DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO

El diagrama causa efecto fue desarrollado para representar la relación entre algún efecto y todas las posibles causas que lo influyen. El efecto o problema es colocado en el lado derecho del diagrama y las influencias o causas principales son listadas a su izquierda. Se empieza seleccionando un problema que sea controlable dentro de su departamento o área de trabajo. Los diagramas de causa y efecto son trazados para ilustrar claramente las diferentes causas que afectan un proceso, identificándolas y relacionándolas una con otras.

Para cada efecto generalmente surgirán varias categorías de causa principales que pueden ser resumidas en las llamadas 4 M's, mano de obra, maquinaria, métodos y materiales; en el área administrativa es más recomendable usar las 4 P's: pólizas, procedimientos, personal y planta. Se usan cualquier categoría principal que surja para ayudar al grupo a pensar creativamente. Un diagrama de causa y efecto bien detallado tomará la forma del esqueleto de un pez, por lo que también recibe el nombre de diagrama de espina de pescado.

De la lista definida de causas, las más comunes son identificadas y seleccionadas para un análisis mayor; a medida que se examine cada causa, hay que ubicar todo lo que ha cambiado, así como las desviaciones de las normas o patrones, es importante curar las causas, no los síntomas del problema. Es necesario eliminar las causas tanto como sea posible

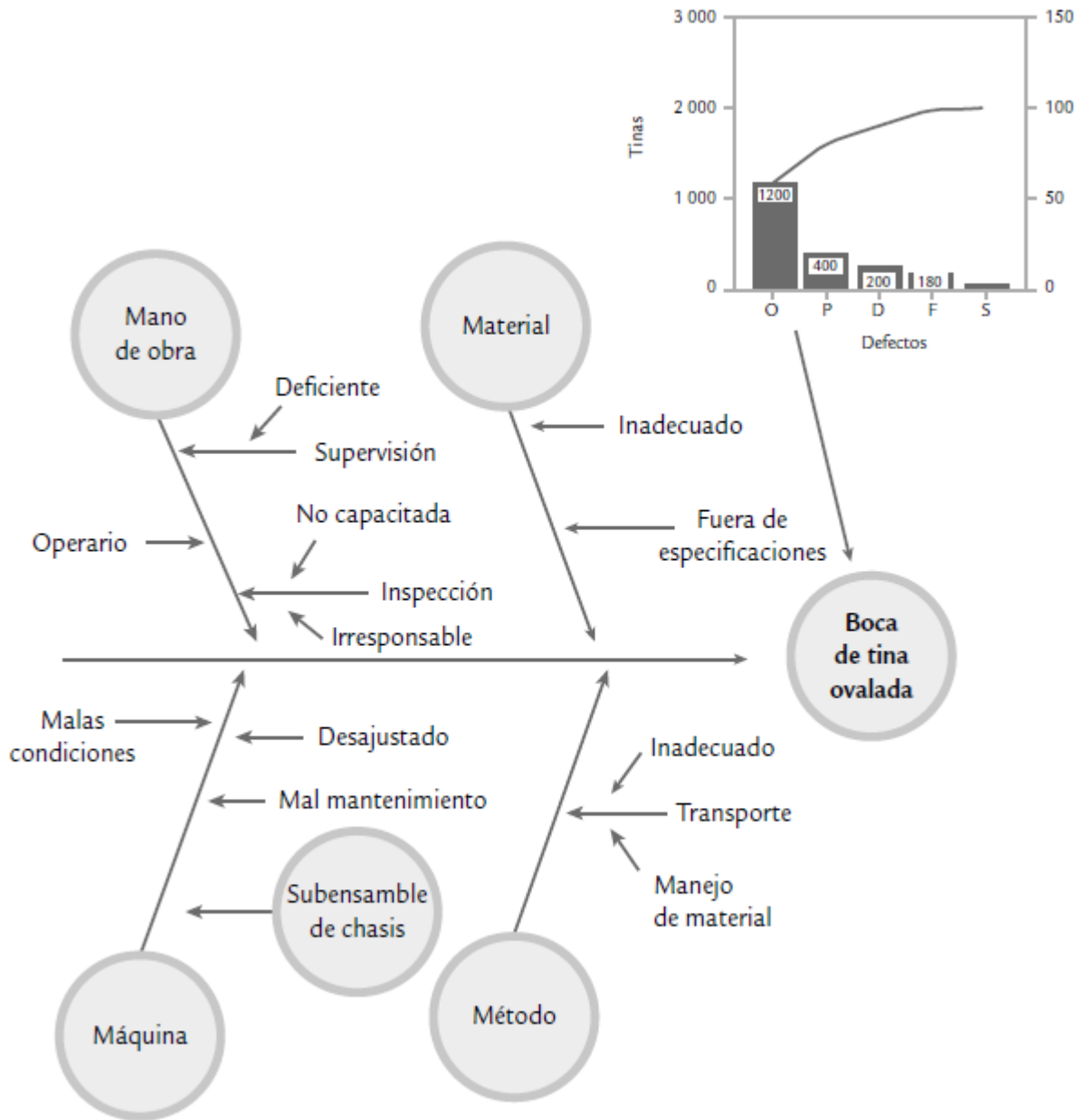


Figura 5: Ejemplo de Diagrama Causa y Efecto
Fuente: Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, Humberto Gutiérrez Pulido.

4.4.4 HISTOGRAMAS

Los histogramas como herramienta en el CEP son representaciones gráficas de datos recopilados mediante una medición en hojas de verificación u otro medio. Esta recopilación es en forma ordenada, a fin de apreciar la cantidad de veces en que ocurren las variaciones de los datos, representándose en forma de barras.

Los datos obtenidos del proceso en estudio, por si solos no nos indican lo que pasa, requerimos de las herramientas estadísticas para comprender sus características; con ellas podemos conocer que tan repetida, que tan dispersa es respecto a un punto central y cuál es su distribución relativa en forma individual y en conjunto, como se puede ver en la figura 2.3.

El histograma ayuda a describir, analizar, evaluar e interpretar el proceso, incluso en forma general, y a compararlo con respecto a otros.

Los histogramas se utilizan para estudiar los procesos en los siguientes aspectos¹:

- Se puede conocer el porcentaje de los materiales que están fuera de especificación, el número de defectos, de errores registrados, etc.
- Indica cómo se distribuyen los datos.

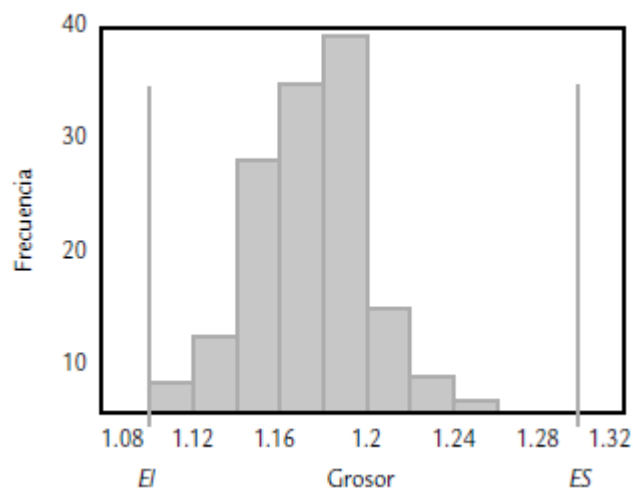


Figura 6: Ejemplo de Diagrama de Pareto
Fuente: Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, Humberto Gutiérrez Pulido.

Los valores en un conjunto de datos recabados de un proceso tendrán inevitablemente variaciones. Aunque los valores cambian en todo el tiempo, al ordenarlos podremos tomar decisiones respecto al conjunto que representa, preparando una tabla de frecuencias, y de esta un histograma, que nos permitirá comprender de un vistazo su distribución.

Ishikawa² mencionó que las distribuciones son la herramienta más sencilla, más utilizada y eficaz y aquel que no sepa ni siquiera utilizarla, no podrá aplicar métodos estadísticos más avanzados.

¹ NMX-CC-006/4-1996-IMNC ISO 9004-4:1993. - Administración de la calidad y elementos del sistema de calidad. Parte 4: Directrices para el mejoramiento de la calidad. COTENNSISCAL– IMNC AMC. 1996, p. 26-28

² Kaoru Ishikawa, Introducción al control de calidad, Editorial Díaz de Santos, 1990, p. 124-129

Una distribución³ está determinada por su posición o tendencia central, su extensión o dispersión, y su forma, como se observa en la Figura 7. Esto también se puede interpretar de la siguiente manera: si su pico está desplazado hacia la izquierda o la derecha (asimetría), o es agudo (apuntamiento o curtosis), o plano (aplastamiento). Aunque en una distribución generalmente se expresa cuantitativamente (medidas) la tendencia central y su dispersión, su forma en un histograma se indica mediante su asimetría y apuntamiento.

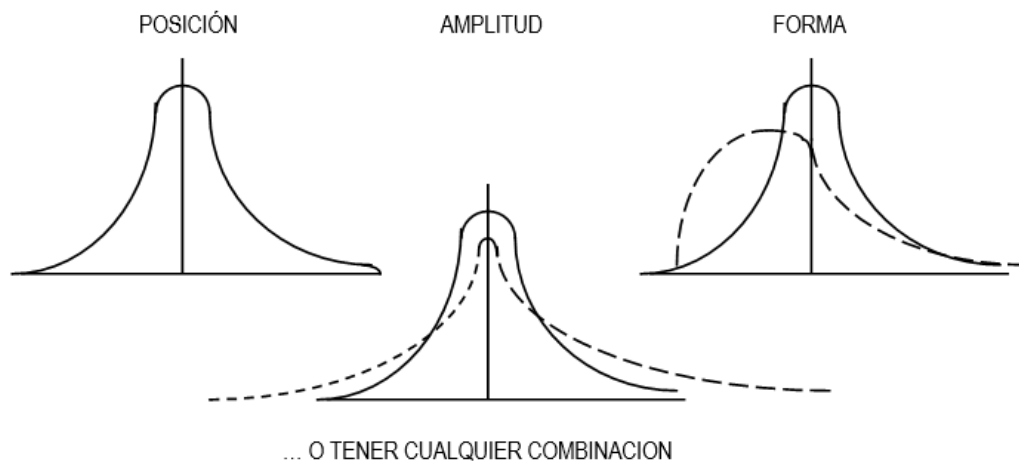


Figura 7: Posición y extensión en la distribución de datos
Fuente: Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, Humberto Gutiérrez Pulido.

4.5 ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE PROCESOS

El análisis de la capacidad de proceso es el examen de la variabilidad y distribución inherente de un proceso, con el fin de estimar su habilidad para producir resultados que sean conformes con el rango de variación permitido por las especificaciones. Cuando los datos son variables medibles (del producto o proceso), la variabilidad inherente del proceso se establece en términos de la "dispersión" del proceso cuando está en un estado de control estadístico, y habitualmente se mide como seis veces la desviación estándar de la distribución del proceso. Si los datos del proceso tienen una distribución normal de la variable ("en forma de campana"), esta dispersión abarcará (en teoría) el 99,73 % de la población.

La capacidad de proceso puede expresarse convenientemente como un índice, que relaciona la variabilidad real del proceso con la tolerancia permitida por las especificaciones. Un índice de

³ Dr. Primitivo Reyes Aguilar Apuntes de clase Control Estadístico del Proceso: Distribución normal, Universidad Iberoamericana – La Salle, 2000, p.11

la capacidad de proceso utilizado ampliamente para datos variables es C_p (una razón de la tolerancia total dividida entre 6, que es una medida de la capacidad teórica de un proceso que está perfectamente centrado entre los límites de especificación. Otro índice utilizado ampliamente es C_{pk} , el cual describe la capacidad real de un proceso que puede o no estar centrado; el C_{pk} es especialmente aplicable a situaciones que involucran especificaciones unilaterales. Otros índices de la capacidad han sido concebidos para describir mejor la variabilidad de larga y corta duración, y para la variación alrededor del valor objetivo del proceso pretendido.

Cuando los datos del proceso involucran “atributos” (por ejemplo, porcentaje de no conformes, o número de no conformidades), la capacidad de proceso se declara como la proporción promedio de unidades no conformes, o la tasa promedio de no conformidades.

El análisis de la capacidad de proceso se utiliza para evaluar la capacidad de un proceso para producir los resultados que sean conformes a las especificaciones de manera coherente, y para estimar la cantidad de productos no conformes que pueden esperarse. Este concepto puede aplicarse a la evaluación de la capacidad de cualquier subconjunto de un proceso, tal como una máquina en particular. El análisis de “capacidad de una máquina” puede utilizarse, por ejemplo, para evaluar el equipo específico o para evaluar su contribución a la capacidad global del proceso.

Entre alguno de los beneficios que esta técnica ofrece se encuentra que el análisis de la capacidad de proceso proporciona una evaluación de la variabilidad inherente de un proceso y una estimación del porcentaje de elementos no conformes que pueden esperarse. Esto permite que la organización estime los costos de la no conformidad, y pueda ayudar a guiar las decisiones con respecto a la mejora del proceso. La fijación de estándares mínimos para la capacidad de proceso puede guiar a la organización en la selección de procesos y equipos capaces que deberían producir un producto aceptable. El análisis de la capacidad de proceso es el examen de la variabilidad y distribución inherente de un proceso, con el fin de estimar su habilidad para producir resultados que sean conformes con el rango de variación permitido por las especificaciones. Cuando los datos son variables medibles (del producto o proceso), la variabilidad inherente del proceso se establece en términos de la "dispersión" del proceso cuando está en un estado de control estadístico, y habitualmente se mide como seis veces la desviación estándar de la distribución del proceso. Si los datos del proceso tienen una distribución normal de la variable ("en forma de campana"), esta dispersión abarcará (en teoría) el 99,73 % de la población.

La capacidad de proceso puede expresarse convenientemente como un índice, que relaciona la variabilidad real del proceso con la tolerancia permitida por las especificaciones. Un índice de la capacidad de proceso utilizado ampliamente para datos variables es C_p (una razón de la tolerancia total dividida entre 6, que es una medida de la capacidad teórica de un proceso que

está perfectamente centrado entre los límites de especificación. Otro índice utilizado ampliamente es Cpk, el cual describe la capacidad real de un proceso que puede o no estar centrado; el Cpk es especialmente aplicable a situaciones que involucran especificaciones unilaterales. Otros índices de la capacidad han sido concebidos para describir mejor la variabilidad de larga y corta duración, y para la variación alrededor del valor objetivo del proceso pretendido.

Cuando los datos del proceso involucran “atributos” (por ejemplo, porcentaje de no conformes, o número de no conformidades), la capacidad de proceso se declara como la proporción promedio de unidades no conformes, o la tasa promedio de no conformidades.

El análisis de la capacidad de proceso se utiliza para evaluar la capacidad de un proceso para producir los resultados que sean conformes a las especificaciones de manera coherente, y para estimar la cantidad de productos no conformes que pueden esperarse. Este concepto puede aplicarse a la evaluación de la capacidad de cualquier subconjunto de un proceso, tal como una máquina en particular. El análisis de “capacidad de una máquina” puede utilizarse, por ejemplo, para evaluar el equipo específico o para evaluar su contribución a la capacidad global del proceso.

Entre alguno de los beneficios que esta técnica ofrece se encuentra que el análisis de la capacidad de proceso proporciona una evaluación de la variabilidad inherente de un proceso y una estimación del porcentaje de elementos no conformes que pueden esperarse. Esto permite que la organización estime los costos de la no conformidad, y pueda ayudar a guiar las decisiones con respecto a la mejora del proceso. La fijación de estándares mínimos para la capacidad de proceso puede guiar a la organización en la selección de procesos y equipos capaces que deberían producir un producto aceptable.

Sin embargo también existen limitaciones como lo puede ser que el concepto de capacidad es estrictamente aplicable a un proceso en estado de control estadístico. Por lo que el análisis de la capacidad de proceso debería realizarse juntamente con métodos de control para proporcionar una verificación continua del control. La estimación del porcentaje de producto no conforme está sujeta a la suposición de normalidad. Cuando no se tiene una normalidad estricta en la práctica, dichas estimaciones deberían tratarse con precaución, especialmente en el caso de procesos con altos índices de capacidad. Los índices de capacidad pueden ser engañosos cuando la distribución del proceso no es substancialmente normal.

Las estimaciones del porcentaje de unidades no conformes deberían estar fundamentadas en métodos de análisis desarrollados para distribuciones apropiadas para tales datos. Lo mismo vale para el caso de procesos que están sujetos a causas asignables de variación sistemática, tal como el desgaste de herramientas, por lo que deberían utilizarse métodos especializados para calcular e interpretar la capacidad de proceso.

Sin embargo, también existen limitaciones como lo puede ser que el concepto de capacidad es estrictamente aplicable a un proceso en estado de control estadístico. Por lo que el análisis de la capacidad de proceso debería realizarse juntamente con métodos de control para proporcionar una verificación continua del control. La estimación del porcentaje de producto no conforme está sujeta a la suposición de normalidad. Cuando no se tiene una normalidad estricta en la práctica, dichas estimaciones deberían tratarse con precaución, especialmente en el caso de procesos con altos índices de capacidad. Los índices de capacidad pueden ser engañosos cuando la distribución del proceso no es substancialmente normal.

Las estimaciones del porcentaje de unidades no conformes deberían estar fundamentadas en métodos de análisis desarrollados para distribuciones apropiadas para tales datos. Lo mismo vale para el caso de procesos que están sujetos a causas asignables de variación sistemática, tal como el desgaste de herramientas, por lo que deberían utilizarse métodos especializados para calcular e interpretar la capacidad de proceso.

4.6 MUESTREO

El muestreo es un método estadístico sistemático para obtener información sobre alguna característica de una población mediante el estudio de una fracción representativa de la población (es decir, la muestra). Existen varias técnicas de muestreo que se pueden emplear (tales como, muestreo aleatorio simple, muestreo estratificado, muestreo sistemático, muestreo secuencial, muestreo de lotes salteados, etc.), y la selección de la técnica se determina según el propósito del muestreo y de las condiciones bajo las cuales se va a llevar a cabo.

El muestreo puede dividirse sin mucha rigidez en dos amplias áreas no excluyentes: “muestreo de aceptación” y “muestreo para evaluación”. El muestreo de aceptación se ocupa de la toma de decisión con respecto a aceptar o no aceptar un “lote” (es decir, un grupo de elementos) basada en el resultado de una muestra seleccionada de ese lote. Se dispone de una amplia gama de planes de muestreo de aceptación para satisfacer los requisitos o las aplicaciones específicas. El muestreo para la evaluación se utiliza en estudios enumerativos o analíticos para estimar los valores de una o más características en una población, o para estimar cómo se distribuyen esas características entre la población.

El muestreo para la evaluación está frecuentemente asociado con sondeos donde la información se recopila de las opiniones del público sobre un tema, como en las encuestas de clientes. Puede igualmente aplicarse a la recopilación de datos para otros propósitos, tales como las auditorías. Una forma especializada del muestreo para la evaluación es el muestreo exploratorio, el cual se utiliza en estudios enumerativos para conseguir información sobre una o varias características de una población o de un subconjunto de una población. También lo es el muestreo de

producción, que puede realizarse para llevar a cabo, por ejemplo, un análisis de la capacidad del proceso.

Entre algunos de los beneficios que esta técnica ofrece se encuentra que un plan de muestreo desarrollado correctamente permite un ahorro de tiempo, costo y trabajo en comparación con un censo de la población total o con una inspección del 100 % de un lote. Donde la inspección de un producto involucra ensayos destructivos, el muestreo es la única manera práctica de obtener información pertinente.

El muestreo ofrece una forma económica y oportuna de obtener información preliminar con respecto al valor o la distribución de una característica de interés en una población. Sin embargo, también existen limitaciones como lo puede ser que Al construir un plan de muestreo se debería poner atención a las decisiones respecto al tamaño de muestra, frecuencia de muestreo, selección de la muestra, las bases para hacer subgrupos y otros aspectos diversos de la metodología de muestreo.

El muestreo requiere que la muestra se seleccione libre de sesgo (es decir, la muestra es representativa de la población de la cual se ha extraído). Si no se hace esto, dará como resultado una estimación pobre de las características de la población. En el caso de muestreo de aceptación, las muestras no representativas pueden dar como resultado el rechazo innecesario de lotes de calidad aceptable, o la aceptación indebida de lotes de calidad inaceptable. Aún con muestras libres de sesgo, la información derivada de muestras está sujeta a un cierto grado de error.

La magnitud de este error puede reducirse al tomar un tamaño de muestra mayor, pero no puede eliminarse. Dependiendo de la cuestión específica y del contexto del muestreo, el tamaño de muestra requerido para alcanzar el nivel de confianza y la precisión deseados puede ser demasiado grande para tener valor práctico.

4.7 MODELO DE LA INSTRUMENTACIÓN

El propósito principal de este apartado es proporcionar una orientación para la selección de un sistema, esquema o plan para la correcta selección de la(s) técnica(s) estadísticas de acuerdo a las características de producción y características de calidad determinadas durante el proceso. La selección del sistema, esquema o plan depende de varias condiciones y de las circunstancias que prevalecen. En cualquier situación de suministro.

4.7.1 IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS CONTINUOS

Aun cuando todos los sistemas de producción difieren en algo, existen dos tipos básicos de sistemas de producción. Uno de ellos está basado en la producción intermitente, y el otro en la producción continua. Ejemplos de producción continua serían las refinerías de petróleo, las plantas de productos químicos, las plantas para papel y cartón, y las industrias de producción en masa, tales como las que producen automóviles y artículos para el hogar.

El sistema de producción continua es el empleado por las empresas que producen un determinado producto, sin cambios, por un largo período. El ritmo de producción es acelerado y las operaciones se ejecutan sin interrupción. Como el producto es el mismo, el proceso de producción no sufre cambios seguidos y puede ser perfeccionado continuamente. Este tipo de producción es aquel donde el contenido de trabajo del producto aumenta en forma continua. Es aquella donde el procesamiento de material es continuo y progresivo.

El tiempo requerido para la producción generalmente es menor en los sistemas de producción continua que en los sistemas de producción intermitente. Como un sistema de producción continua está basado en uno o en algunos productos estándar que se fabrican en una secuencia predeterminada de operaciones. Como se fabrican varios productos el sistema de producción continua utiliza equipo para propósitos especiales.

Entonces la operación continua significa que, al terminar el trabajo determinado en cada operación, la unidad se pasa a la siguiente etapa de trabajo sin esperar todo el trabajo en el lote. Para que el trabajo fluya libremente los tiempos de cada operación deberán de ser de igual longitud y no debe aparecer movimiento hacia fuera de la línea de producción. Por lo tanto, la inspección deberá realizarse dentro de la línea de producción de proceso, no debiendo tomar un tiempo mayor que el de operación de la unidad. Además, como el sistema esta balanceado cualquier falla afecta no solo a la etapa donde ocurre, sino también a las demás etapas de la línea de producción. Bajo esas circunstancias la línea se debe considerar en conjunto como una entidad aislada y no permitiéndose su descompostura en ningún punto.

4.7.2 ANALISIS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

El análisis debería realizarse para determinar la estabilidad del proceso de producción, la exactitud en la producción y en los equipos de medición, la calidad de los productos producidos y los patrones de correlación entre los tipos y causas de no conformidades.

Se requieren las condiciones de las operaciones de producción y la calidad del producto para hacer arreglos, si son necesarios, que ajusten el proceso de producción y los equipos; así como para delinear planes para el control estadístico del proceso de producción.

Esto ayudará a seleccionar con precisión el lugar más óptimo para establecer controles y para identificar rápidamente las irregularidades en el desempeño del proceso de producción que permitan una acción correctiva inmediata.

Debería hacerse un análisis detallado del proceso de producción para determinar:

- a) El tipo y la localización de las causas que pueden originar irregularidades;
- b) El efecto de la imposición de especificaciones;
- c) El método y la localización de la inspección;
- d) Todos los otros factores pertinentes que puedan afectar el proceso de producción.

Aunque la calidad del producto se va a establecer en función del comportamiento de sus características, no debemos olvidar que las técnicas estadísticas, son mucho más eficaces cuando el control se realiza, no sobre características del producto, sino sobre los propios factores del proceso.

Para llevar a cabo el análisis del proceso es necesario determinar lo siguiente:

- a) Los niveles óptimos de los factores del proceso;
- b) Los puntos de control de la calidad.

En la determinación de los niveles óptimos de los factores del proceso, el objetivo final es controlar los procesos a través de la identificación de un conjunto de valores establecidos para los parámetros del control del proceso. Estos valores son aquellos que proporcionan el valor objetivo de la característica de control y/o una disminución de la variación en el resultado del proceso.

Mediante el control de estos parámetros, es posible evitar la medición de las características clave en las piezas, reduciendo drásticamente el número de gráficos de control mantenidos para piezas individuales.

En primer lugar, hay que decidir en qué momento se van a realizar las mediciones a partir de las cuales se va a estimar la variación.

La elección es muy simple: desde el primer momento en que sea posible. Hay dos motivos fundamentales; el primero es que, si existe algún problema, se pueda tomar medidas desde el primer momento y el segundo es que, si la variación es excesiva e inutiliza la pieza, el valor añadido a esta, y por lo tanto el despilfarro, sean mínimos. Además, si es posible, se elegirá un punto de inspección tal que permita la recogida de datos.

Es útil en esta actividad tener en cuenta la experiencia anterior de piezas y procesos similares, así como la realización de diagramas de flujo de los procesos, para obtener una mejor visión del proceso.

4.7.3 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD

El primer paso es la adquisición de datos respecto a las características de un producto determinado. Estos datos, que deben estar relacionados con el criterio de fabricación y con criterios de diseño, se recogen de toda la documentación disponible: planos, especificaciones de diseño y de fabricación, estadísticas de rechazo tanto internos como externos, reclamaciones en garantía, utilización del producto, etc.

Es necesario seleccionar las CC de un producto siendo estas aquellas que tienen un mayor interés, tanto desde el punto de vista de la utilización del producto, lo que se llama condiciones de diseño (actuaciones y tiempo de vida para el cliente externo), como del de fabricación (ajuste, alta probabilidad de ocurrencia de fallo y baja probabilidad de detección para el cliente interno). Todo esto para el programa de control.

Normalmente las características que afectan el desempeño del producto deberían ser objeto de una primera atención. Estos pueden ser aspectos del material usado, de componentes del producto; así como del producto final entregado al cliente. Los métodos estadísticos de control deberían primeramente introducirse en donde los gráficos de control asistan generando información de salida sobre el proceso de una manera temporal, de suerte que el proceso pueda corregirse y se genere un mejor producto. Las CC de un producto deberían seleccionarse de forma que tengan un efecto decisivo sobre la calidad del producto y asegurar la estabilidad del proceso.

En algunos casos las CC pueden venir determinadas por el cliente, tanto en los criterios de diseño como de fabricación.

4.7.4 COLECCIÓN PRELIMINAR DE DATOS

Definimos la colección de datos como el proceso mediante el cual el sujeto, a través de la observación sistemática, y apoyado de varios instrumentos, registra de manera selectiva y codificada los indicadores del estado de las variables. Esta colección depende de algún conocimiento técnico, de la familiaridad con las condiciones de producción y de las condiciones bajo las cuales se obtuvieron los datos.

Puede ser una ventaja que, mediante la identificación de cada subgrupo con un tiempo o un origen, las causas específicas de un problema pueden rastrearse y corregirse más fácilmente. La inspección y los registros de los ensayos clasificados en el orden en el que las observaciones se tomaron, proveen una base para formar subgrupos con respecto al tiempo. Comúnmente esto es útil en la manufactura para la que es importante mantener constante el sistema de producción en función del tiempo.

Siempre debería recordarse que se facilitará mucho el análisis si, cuando se planea la colección de datos, se tiene cuidado para seleccionar las muestras de tal manera que los datos de cada subgrupo puedan tratarse adecuadamente como un subgrupo racional y que esos subgrupos se identifiquen de forma que esto sea posible.

La frecuencia puede depender del costo de tomar y analizar las muestras y el tamaño de los subgrupos puede depender de consideraciones prácticas. Entendemos por tamaño muestral el número de observaciones necesarias para representar cada punto en una técnica estadística. Entendemos por frecuencia muestral los intervalos de tiempo en los que se van a recoger las observaciones.

Para establecer el intervalo idóneo, se debe estudiar cada proceso teniendo en cuenta la experiencia con procesos similares. Los puntos básicos a tener en cuenta son:

- No establecer tomas de muestra en periodos que la experiencia nos garantice continuidad del proceso.
- Establecer tomas de muestra siempre que exista posibilidad de actuación de una causa especial;
- Cambio de turno.
- Relevo de operario.
- Cambio de materia prima.
- Cambio de herramienta.
- Parada y arranque de la instalación.

Debe tenerse cuidado de que, durante el curso de esta colección inicial de datos, el proceso no esté indebidamente influenciado intermitentemente por factores externos; tales como cambios en la alimentación de materia prima, en las operaciones, en los parámetros de operación de las máquinas, etc. En otras palabras, el proceso debería exhibir un estado de estabilidad durante el periodo en el que se colectan los datos preliminares.

4.7.5 DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES DE CONTROL

Se entiende por variación los cambios acaecidos en el valor de la característica medida, siendo esta característica la respuesta de un proceso determinado. El control de la calidad mediante el

termino variable se designa a cualquier característica de calidad “medible” tal como una longitud, un voltaje, un peso, una resistencia a la rotura, un volumen, etcétera, mediante que se denomina atributo a las características de la calidad que no son medibles y que presentan diferentes estados (normalmente dos) tales como conforme y no conforme o defectuoso y no defectuoso.

El control bajo técnicas estadísticas reconoce dos tipos de variabilidad. El primer tipo es la variabilidad aleatoria debida a “causas de suerte” (conocidas también como “causas comunes”). Esto es debido a la amplia variedad de causas que están presentes y no fácilmente identificables, cada una de los cuales constituye un componente muy pequeño del total de la variabilidad, pero ninguna contribuye con una cantidad significativa. Sin embargo, la suma de las contribuciones de todas estas causas aleatorias no identificables es medible y se asume que es inherente al proceso. La eliminación o corrección de las causas comunes requiere una decisión de la dirección para destinar recursos para mejorar el proceso y el sistema.

El segundo tipo de variabilidad representa un cambio real en el proceso. Tal cambio puede ser atribuido a algunas causas identificables que no son parte inherente del proceso y que pueden, al menos teóricamente, eliminarse. Éstas causas identificables se les refiere como “causas asignables” o “causas especiales” de variación. Pueden ser atribuibles a la falta de uniformidad en el material, una herramienta descompuesta, mano de obra, procedimientos o al desempeño irregular de manufactura o equipo de ensayo.

Las técnicas estadísticas ayudan en la detección de patrones no naturales de variación en los datos que resultan de los procesos repetitivos y proporcionan un criterio para la detección de la falta de control estadístico. Un proceso está en control estadístico cuando la variabilidad resulta solo de causas aleatorias. Una vez que este nivel de variación se determina, cualquier desviación de ese nivel se asume que es resultado de causas asignables que deben ser identificadas y eliminadas o reducidas.

Los datos de variables representan observaciones obtenidas por medio de la medición y registro de la magnitud numérica de una característica para cada una de las unidades en el subgrupo bajo consideración. Ejemplos de mediciones de variables son la longitud en metros, la resistencia en ohms⁴, ruido en decibeles, etc.

Las técnicas estadísticas de control por variables son particularmente útiles por algunas razones:

- a) La mayoría de los procesos y sus salidas tienen características que son medibles, por lo que el potencial de aplicación es amplio.
- b) Un valor de medición contiene más información que un simple “si-no o pasa-no pasa”.

⁴ Ohms: Abreviatura de Ohmio, (símbolo Ω) es la unidad derivada de resistencia eléctrica en el Sistema Internacional de Unidades

- c) El desempeño de un proceso puede analizarse sin tener en cuenta la especificación. La gráfica comienza con el proceso en sí mismo y proporciona una imagen independiente de que puede hacer el proceso. Luego, el proceso puede o no compararse con la especificación.
- d) Aunque generalmente es más costoso obtener un conjunto de datos medidos que obtener un conjunto de datos pasa/no pasa, los tamaños del subgrupo para variables son casi siempre mucho más pequeños que aquellos para atributos, y por lo tanto son más eficientes. Esto ayuda a reducir el total del costo de inspección en algunos casos y a reducir el tiempo entre la producción de partes y la acción correctiva.

Las técnicas estadísticas por variables pueden describir los datos de procesos en términos tanto de dispersión (variabilidad pieza a pieza) como de localización (promedio del proceso). En cambio, los datos por atributos representan observaciones obtenidas al notar la presencia o ausencia de alguna característica (o atributo) en cada una de las unidades del subgrupo bajo consideración, después de contar cuantas unidades poseen o no los atributos o cuántos de esos eventos se presentan en la unidad, grupo o área. Los datos de atributos generalmente rápidos y poco costosos de obtener y a menudo no requieren habilidades de colección especializadas.

Existen fundamentalmente dos tipos de gráficos de control: gráficos de control por variables y gráficos de control por atributos. Se utilizarán los gráficos de control por variables cuando las características a estudiar sean de tipo cuantitativo (intervalo o ratio), mientras que cuando las características a estudiar sean de tipo cualitativo (nominal u ordinal) se utilizarán los gráficos de control por atributos.

5 DIAGNÓSTICO

5.1 DESCRIPCIÓN Y CONTEXTO DE LA ORGANIZACIÓN

5.1.1 HISTORIA

La Compañía se constituyó originalmente bajo la denominación de Promoción de Negocios, S.A. En 1978, Posteriormente, en 1981 adoptó la modalidad de Sociedad Anónima de Capital Variable. El 24 de agosto de 1999, mediante escritura número 35,462, otorgada ante el licenciado Rogelio Magaña Luna, titular de la Notaría Pública número 156 del Distrito Federal, cuyo primer testimonio quedó inscrito en el Registro Público de Comercio del Distrito Federal en el folio mercantil número 9506.

Don Lorenzo Servitje Sendra y Don Jaime Sendra Grimau, aprovechando la experiencia adquirida por ambos en la industria panadera, decidieron crear una fábrica de pan de caja estilo americano e invitaron a participar como socio industrial al señor Don Alfonso Velasco y a los señores Don Jaime Jorba Sendra y Don José T. Mata. Otro fundador fue don Roberto Servitje Sendra quien, aunque no participó como socio al iniciar la Compañía, colaboró desde un inicio como supervisor de ventas y poco a poco adquirió mayores responsabilidades, participando de igual forma en la toma de decisiones. Más tarde, Don Roberto Servitje compró acciones de la empresa y posteriormente se convirtió en Director General, puesto que dejó en el año de 1994, fecha en la que fue nombrado presidente del Consejo de Administración en sustitución de Don Lorenzo Servitje, quien desempeñó dicha función desde su fundación.

Para la creación de la fábrica de pan de caja, los socios fundadores atendieron fundamentalmente las necesidades que el mercado planteaba en ese momento: (i) atención periódica y de calidad a los clientes y (ii) frescura requerida para el producto. Para satisfacer dichas necesidades, se determinaron los productos que debían fabricarse, las características de su envoltura y se implantaron sistemas de distribución directa y de sustitución del producto no vendido cada dos días. De esta manera, el 2 de diciembre de 1945 quedó formalmente fundada Panificación en la Ciudad de México.

5.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN

La estrategia general del Grupo está basada en su misión corporativa, esto es, en el desarrollo del valor de sus marcas y, fundamentalmente, en el compromiso de ser una compañía altamente productiva y plenamente humana, así como innovadora, competitiva, orientada a la satisfacción total de sus clientes y consumidores y como aspecto primordial, ser líder a nivel internacional en la industria de la panificación, con visión a largo plazo.

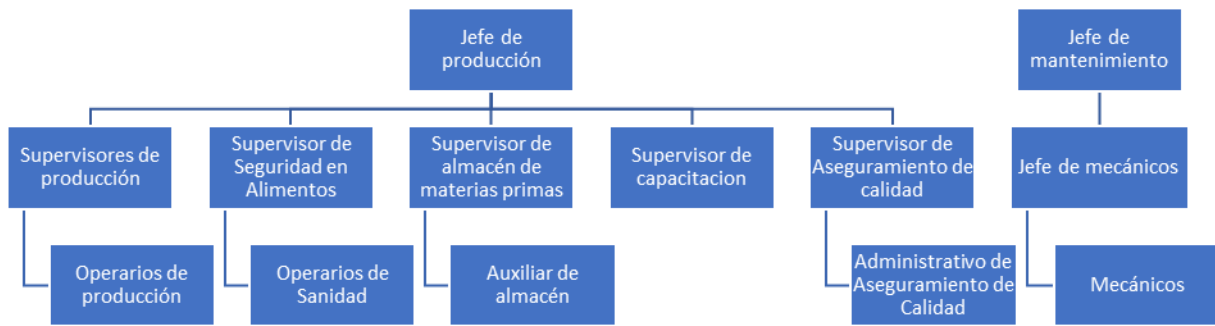


Figura 8: Organigrama de la empresa
Fuente: Manual de Procesos de la organización

Asimismo, la Compañía, a través de su estrategia general, se orienta al incremento del valor de la misma, reflejándose en un mayor valor para sus accionistas.

Para fortalecer la misión y estrategia general de la organización, existen estrategias particulares que a continuación se describen:

- **Calidad y precio.** Desde su establecimiento, la Compañía se ha enfocado en ofrecer al consumidor productos de la más alta calidad conforme a los parámetros más estrictos de higiene, frescura, innovación y precio, lo cual ha logrado a través de la eficiencia en todos sus procesos productivos, mediante la red de distribución más extensa en el país y una de las más importantes del continente americano, procurando atención y contacto continuo con los clientes. Como parte de esta estrategia y tomando en cuenta que el mercado objetivo del Grupo es la población masiva, a lo largo de su existencia y a través de mantener costos bajos, ofrece a sus consumidores productos de calidad a precios competitivos.
- **Servicio a clientes.** En todas las marcas del Grupo se está llevando a cabo una nueva segmentación de los clientes, con el objeto de ofrecerles un servicio que satisfaga sus necesidades específicas. Lo anterior busca ampliar rentablemente la distribución de nuestros productos a nuevos clientes y optimizar el servicio para los existentes, mejorando así nuestra propuesta de valor.
- **Aprovechamiento de sinergias y consolidación operativa.** La organización desarrolla un programa de máximo aprovechamiento de su infraestructura a través de la consolidación de operaciones, lo que le ha permitido y permitirá en el futuro la disminución de costos al evitar duplicidades en sus procesos para hacerlos más eficientes y productivos.

- Desarrollo del valor de las marcas. Estudios realizados por la organización a nivel nacional muestran que siete de las principales categorías de productos en las que participa (pan, pan dulce, pastelitos, tortillas de maíz, tortillas de harina, tostadas, confitería) son mencionadas como las marcas más recordadas (“Top of Mind”) por los consumidores. La Compañía cuenta con laboratorios de análisis fisicoquímico, microbiológico y sensorial, así como con plantas piloto para reproducir a escala los procesos de fabricación encaminados al desarrollo y lanzamiento de nuevos productos.

Del mismo modo, cuenta con estrictos controles de calidad en diversas etapas del proceso productivo y con procesos de innovación acordes a las necesidades de nuestros consumidores. Asimismo, La Organización ha puesto especial interés en que las empresas con las que ha realizado adquisiciones o asociaciones cuenten con marcas de reconocido prestigio y presencia en los mercados a los que atienden, permitiendo acceder rápidamente a los canales de distribución desarrollados por las empresas adquiridas y asociadas.

- Apoyo a los insumos estratégicos. Como parte de la estrategia de abastecimiento oportuno y cumpliendo con las normas más altas de calidad, La organización ha establecido contratos de suministro a largo plazo con sus principales proveedores de insumos estratégicos, lo que le permite, entre otras cosas, tener un mayor control en el abastecimiento, crear economías de escala, establecer estándares de calidad de acuerdo con las especificaciones de sus productos, aprovechar sus medios de transporte y llevar un mejor sistema de inventarios. En adición a lo anterior, La Organización tiene inversiones de carácter minoritario en el capital de algunos de sus principales proveedores de insumos, como es el caso de productoras de harina de trigo, huevo, azúcar, cremas pasteleras, envases y envolturas. Tanto las empresas proveedoras en donde La Organización mantiene inversiones minoritarias, como las empresas de proveeduría internas y externas, deben operar bajo los estándares de proveedor de clase mundial.
- Crecimiento y consolidación de operaciones internacionales. A fin de lograr una posición de liderazgo a nivel internacional y consolidar a la Compañía como líder en el continente americano, el Grupo ha realizado y podría seguir realizando inversiones, tanto en Latinoamérica como en EE.UU., a través de asociaciones estratégicas y/o la adquisición de empresas del sector que le permitan obtener una red de canales de distribución y venta todavía más importante, consolidando operativamente a estas regiones. Estas operaciones le han significado y le significarán a La Organización inversiones de capital, las cuales prevé ir consolidando en el futuro.

El interés de La Organización por participar en los mercados internacionales, particularmente los latinoamericanos, se debe al gran potencial de crecimiento que presentan éstos en la relación de consumo entre pan tradicional y pan empacado, así como a la creciente participación de la mujer en la vida laboral de los distintos países, aspecto que favorece la preferencia de nuestros productos.

- Diversificación de productos. Desde sus inicios se ha caracterizado por ofrecer a sus consumidores no sólo productos de la más alta calidad a un precio competitivo, sino también por brindar a los mismos la alternativa de elegir entre una variedad muy extensa de productos, lo cual le permite alcanzar a los diferentes sectores económicos en las regiones que atiende, al mismo tiempo que aprovecha las sinergias que como Grupo ha desarrollado y las cuales pretende seguir desarrollando en el futuro.
- Certificación, mejora e innovación de procesos. En todas las operaciones del Grupo, sean de manufactura, comerciales o de servicios, se realiza periódicamente la certificación de los procesos de acuerdo con estándares internacionales (ISO 9000, HACCP, GMP, BASC, Bioterrorismo), en conjunto con entidades especializadas nacionales e internacionales (AIB, DNV, GFTC, IMNC, FDA, QBA, US Customs Service, Secretaría de Salud, PROFEPA, etc.). Asimismo, se cuenta con un sistema interno de evaluación, mejora e innovación de procesos para incrementar la productividad y el desempeño de todas las actividades, optimizando el valor que agregan a los resultados de la Compañía
- Estrategia social. La Organización siempre ha buscado la formación de una empresa plenamente humana. Ha insistido y seguirá insistiendo en la integración de jefes y colaboradores en una sola misión que es la de servir, atender y satisfacer plenamente al cliente. Asimismo, ha generado y seguirá impulsando en el futuro, un ambiente de trabajo que facilite la integración y la identificación del personal con la Compañía. Su objetivo en esta materia es que el trabajador se vaya desarrollando y con ello se propicie el desempeño productivo y la satisfacción personal. La Organización ha sido señalada dentro de las empresas más admiradas de acuerdo con encuestas realizadas por la revista.

Aun cuando la administración de la Compañía considera que el manejo de las estrategias descritas es el más conveniente para La Organización, ésta no puede garantizar que las mismas tengan los efectos esperados sobre las operaciones del Grupo, ni que se mantengan como estrategias en el futuro, ya que la administración del Grupo revisa periódicamente la orientación e impacto de las mismas.

5.2 PRODUCTOS TERMINADOS

De acuerdo con el modelo de distribución actual, los inventarios de productos terminados de panificación son prácticamente nulos, debido a que la producción diaria es transportada de manera inmediata a los centros de distribución, grandes clientes y/o agencias para ser distribuida a los puntos de venta. En el caso de botana salada y confitería, se tiene un promedio de tres días de inventario en las agencias.

El bajo nivel de inventarios de producto terminado se debe a que las ordenes de producción de la gran mayoría de los productos que elabora la Compañía tienen como base los pedidos que cada vendedor genera de acuerdo con la demanda diaria, apoyados también en la estadística de consumo por tipo de mercado, cliente y estacionalidad.

No obstante, debido a la incorporación de tecnologías que proporcionan mayor vida de anaquel al producto terminado y conforme a sus características particulares, algunos productos secos y de larga vida, tales como pan tostado y molido, galletas, dulces, chocolates y botanas saladas se mantienen en inventario por periodos un poco mayores.

El flujo de información diario entre las áreas de manufactura, logística y comercial permite ubicar y controlar los inventarios de producto terminado por cantidad y tipo.

5.2.1 Sistema de Calidad

La Compañía tiene plena conciencia de la importancia y la necesidad de la calidad, es por eso que trabaja con un modelo de Gestión de Calidad. Un elemento fundamental de este sistema es la consistencia en la calidad e inocuidad del producto, así como el respeto al medio ambiente. Cada vez es más importante la inocuidad de todo alimento y su control a lo largo de toda la cadena de valor para evitar que pueda afectar la salud de los consumidores.

Para Grupo La Organización, la calidad es uno de sus valores y derivado de lo anterior, la implementación del sistema está encaminada a tener un control estricto y una mejora de insumos, procesos y manejo de producto terminado para dar confianza a nuestros clientes y consumidores sobre nuestra capacidad de cumplir con sus requisitos y con los más rigurosos estándares mundiales de la industria alimenticia.

5.3 PROCESOS PRODUCTIVOS

Como parte de las estrategias para responder a las necesidades cambiantes del mercado, se han implantado mecanismos para incrementar, en capacidad y calidad, el potencial de producción de las diversas líneas de fabricación, a través del rediseño de instalaciones actuales o de la incorporación de nueva tecnología (parte desarrollada por el Grupo y parte adquirida de terceros), llevando a las plantas a incrementar en forma significativa su capacidad instalada y logrando importantes reducciones en los costos de producción.

Los equipos utilizados en los procesos de manufactura de la Compañía cuentan con tecnología de punta, que entre otros incluye, tecnología de control de procesos, automatización, control de operación y/o elaboración de producto, logrando así una alta competitividad en el costo por producto. Es importante mencionar que, como resultado de las mejoras en producción y con la finalidad de aprovechar al máximo los recursos con los que cuenta cada planta, éstas hacen el diagnóstico particular de su proceso y, en conjunto con las áreas de soporte corporativo, realizan las mejoras pertinentes al referido proceso.

Debido a las diversas líneas de productos que maneja la Compañía, se tienen procesos diferentes para la elaboración de sus productos; sin embargo, todos los procesos se realizan de manera similar en forma continua y automatizada.

5.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA LINEA DE PANES

A continuación, se presentan, a manera de ejemplo, diagramas de algunos de los procesos para las líneas de panes y bollería, tortillas. Cabe mencionar que los diagramas corresponden a los principales procesos productivos, sin embargo, se tienen procesos diferentes para la elaboración de otros productos alimenticios como: tortillas, chocolates, cacahuates, cajetas, etc.

1. Cloración: adición de cloro al agua de proceso para cumplimiento de Normativa Salvadoreña para el agua potable (NSO 13.07.01:08).
2. Recepción (certificado, transporte y análisis de materia prima): se recibe materia prima de proveedor autorizado y certificado de calidad del material contra entrega de cada lote. Se realiza análisis microbiológico y fisicoquímico según programa establecido para validar cumplimiento de parámetros de especificación interna y normativas aplicables a cada materia prima.
3. Pesado de ingredientes: pesado de ingredientes menores utilizados para la elaboración de esponjas y masas. Se agregan según las fórmulas definidas por el área de producción.
4. Esponjas: elaboración de esponjas (preparado inicial para masas).

5. Fermentación: la esponja se deja fermentar según el tiempo definido para cada tipo de producto.
6. Masas: adición de ingredientes menores a esponja y mezclado para formación de masa.
7. Dividido: la masa es dividida en pequeñas fracciones, según peso correspondiente para cada producto.
8. Boleado: las fracciones de masa adquieren forma redonda y simétrica
9. Modelado: las bolas de masa toman una forma cilíndrica
10. Fermentado: paso de la masa por la cámara de vapor, a una temperatura y humedad relativa controlada.
11. Horneado: se hornea el producto según el tiempo y temperaturas definidas para cada producto.
12. Desmoldeado: El producto se retira de los moldes calientes
13. Enfriado de producto: se enfría el producto según tiempos definidos en cada línea, para lograr la temperatura adecuada de embolsado.
14. Detector de metales: el producto pasa por el punto crítico de control para validar ausencia de material extraño (metal).
15. Empacado: el producto es empacado de acuerdo a presentación definida y codificado. En este paso se toman muestras para análisis (pH, aW, humedad, análisis microbiológico y fisicoquímico).
16. Levantado: el producto es colocado en bandejas plásticas según cupos y cantidades establecidas.
17. Almacenaje y distribución: el producto es enviado a bodega de despacho para ser distribuido a las agencias y centros de ventas correspondientes.
18. Clientes: distribución a clientes y consumidores.

Este proceso se muestra en la Figura 9:

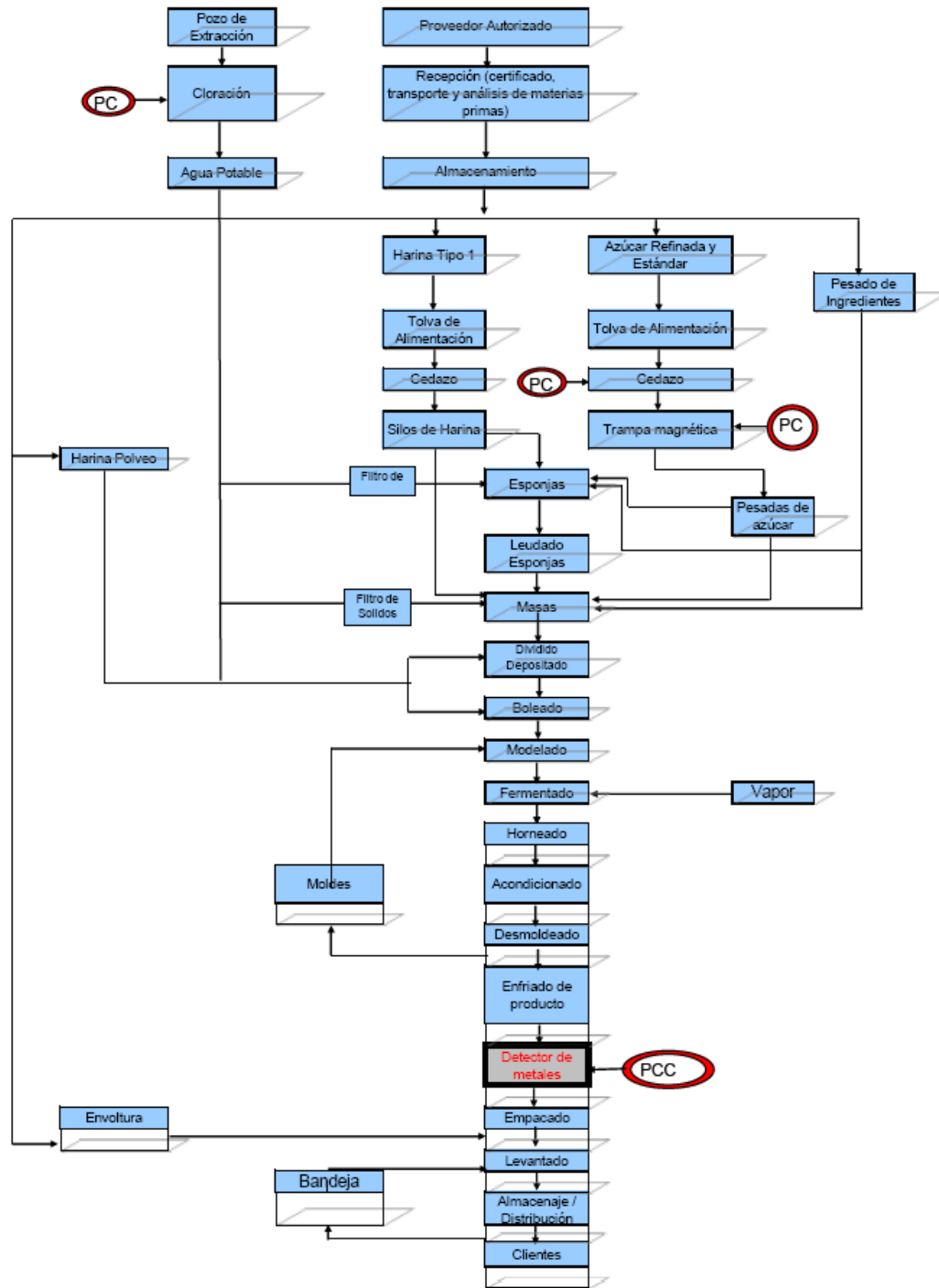


Figura 9: Diagrama de proceso de la línea de panes
Fuente: Manual de Procesos de la organización

5.5 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

5.5.1 PLAN DE MUESTREO ACTUAL

Actualmente la organización no tiene definido un plan de muestreo basado en Military standard o algún otro estándar interno o interno para la toma de datos de pesos. Los operadores tienen únicamente las siguientes instrucciones:

- Deben tomar al menos 10 pesos por hora.
- Deben “incrementar” la frecuencia y cantidad de pesos si detectan problemas.

Estas instrucciones son conocidas por los operadores por “costumbre”, no existe alguna documentación de soporte que indique por qué se ha establecido de esta forma, así como tampoco son lineamientos claros. Sin embargo, sí se cuenta con registro de los pesos tomados por los operadores en la línea de producción como evidencia del cumplimiento del RTCA. Los registros del último mes de producción han sido utilizados para determinar la línea base de índices de capacidad (Cp y CpK).

5.5.2 LÍNEA BASES DE ÍNDICES DE CAPACIDAD

A continuación, se presentan los resultados de analizar los datos registrados durante un mes para las 4 claves fabricadas en la línea en estudio. Cabe considerar que las especificaciones están definidas de modo de no incumplir el RTCA de producto preempacado, para lo cual se ha determinado:

- Límite Inferior de Especificación: se ha considerado como límite inferior el nominal de peso neto declarado en el empaque del producto, por ejemplo, para la clave 369, el peso nominal declarado es de 580g, el mínimo de especificación es de 580
- Objetivo de Especificación: el objetivo se ha definido a partir del nominal declarado más 5 g, para el ejemplo de la clave 369, el objetivo es entonces de $580\text{g} + 5\text{g} = 585\text{ g}$.
- Límite Superior de Especificación: buscando simetría en la especificación, se ha definido como máximo el objetivo más 5g; para el caso de la clave 369, el máximo de especificación es de 590 gramos.

Otra consideración importante es que únicamente se rechaza producto por incumplimiento del límite inferior de especificación, no por incumplimiento del límite superior de especificación ya que es preferible entregar sobrepeso adicional al mercado que descartar o reprocesar el producto.

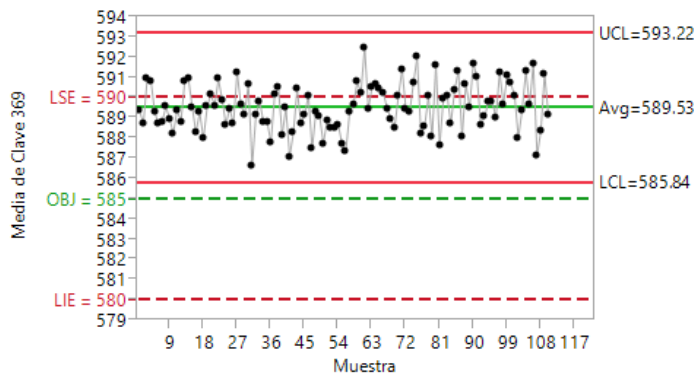
Los resultados de promedio, desviación estándar, Cp y CpK se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Línea base de Cp y CpK

Clave	N	LIE	OBJ	LSE	Promedio	Desv Estándar	Cp	CpK
369	1107	580	585	590	589.5	3.86	0.43	0.04
1675	350	450	455	460	457.9	2.83	0.59	0.25
8705	270	540	545	550	548.7	3.11	0.54	0.14
7788	200	480	485	490	488.9	2.79	0.59	0.14

Análisis Clave 369

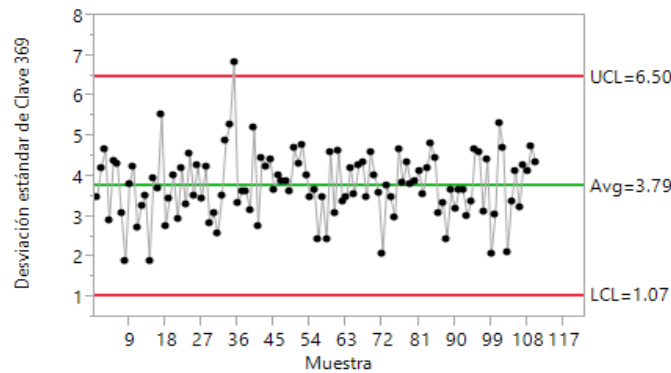
X-Barra de Clave 369



Del total de las muestras tomadas se observa que todas presentan 9 gramos arriba del LIE propuesto y 4 gramos arriba del OBJ.

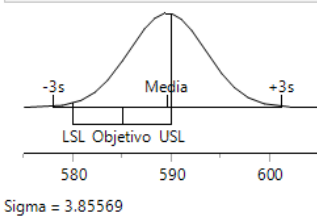
Este comportamiento cumple únicamente con la condicionante del LI lo que se traduce en un desperdicio para la compañía.

S de Clave 369



El proceso en promedio se encuentra bajo control dado que los valores de la muestra se encuentran dentro de los LC establecidos, los parámetros que salen de rango son casos excepcionales que en un análisis real son excluidos del estudio, para efectos de aprendizaje se han dejado todos los datos incluidos.

Sigma a largo plazo

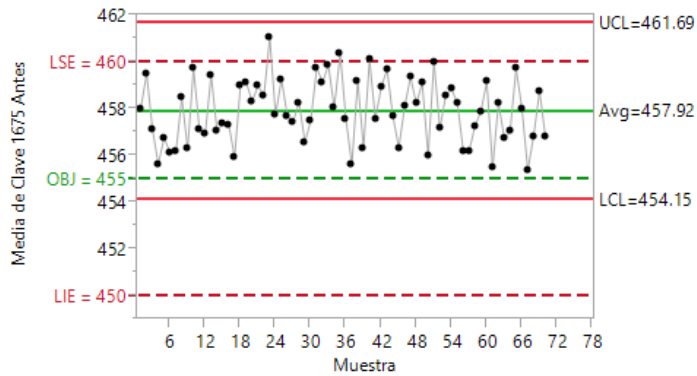


Capacidad	Índice	Extremo inferior del IC	Extremo superior del IC
CP	0.432	0.414	0.450
CPK	0.041	0.021	0.060
CPM	0.280	0.271	0.290
CPL	0.824	0.784	0.863
CPU	0.041	0.021	0.060

Porción	Porcentaje	PPM	Calidad sigma
Por debajo del LSL	0.6725	6725.0982	3.972
Por encima del USL	45.1471	451470.54	1.622
Total de externos	45.8196	458195.63	1.605

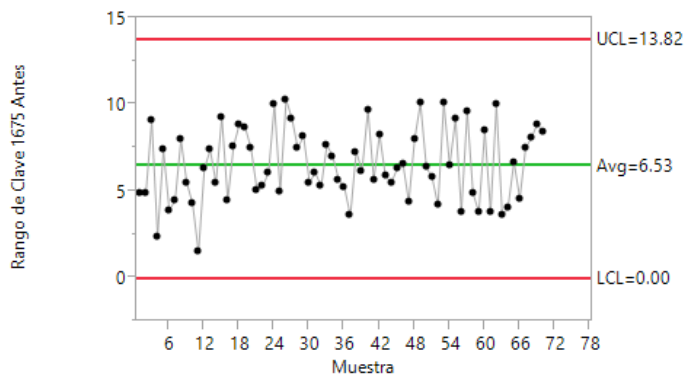
Un índice de capacidad menor a 1 indica que el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones propuestas, sobrepasando el LSE.

X-Barra de Clave 1675 Antes



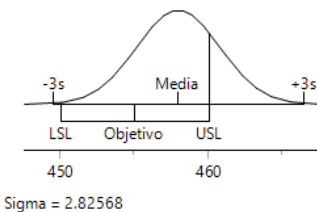
Se mantiene el comportamiento de cumplimientos de la primera muestra, los datos tienden a estar por encima del promedio y por encima del LSE, además de esto se observa un patrón cíclico atribuido a las variaciones de temperatura del proceso.

R de Clave 1675 Antes



La gráfica muestra que el proceso se encuentra bajo control estadístico, presentando variaciones al inicio de la producción atribuibles a ajustes de máquina.

Sigma a largo plazo



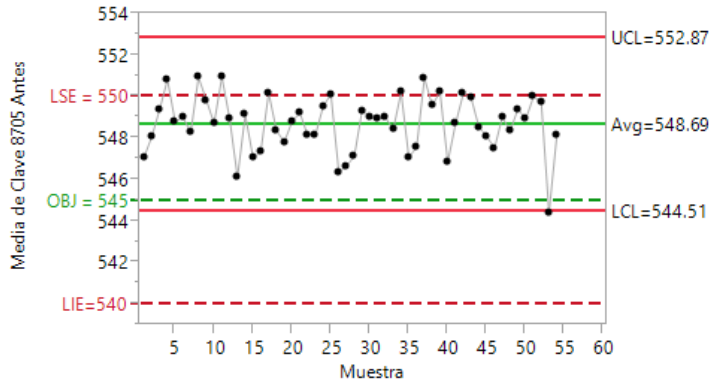
Capacidad	Índice	Extremo inferior del IC	Extremo superior del IC
CP	0.590	0.546	0.634
CPK	0.245	0.206	0.285
CPM	0.410	0.384	0.437
CPL	0.934	0.856	1.012
CPU	0.245	0.206	0.285

Porción	Porcentaje	PPM	Calidad sigma
Por debajo del LSL	0.2535	2534.9353	4.303
Por encima del USL	23.0741	230740.92	2.236
Total de externos	23.3276	233275.85	2.228

Pese a que la dispersión de los datos no permite cumplir aún con los límites de control establecidos se observa una normalización en el comportamiento, acercándose un poco más a la media y mejorando el Cp.

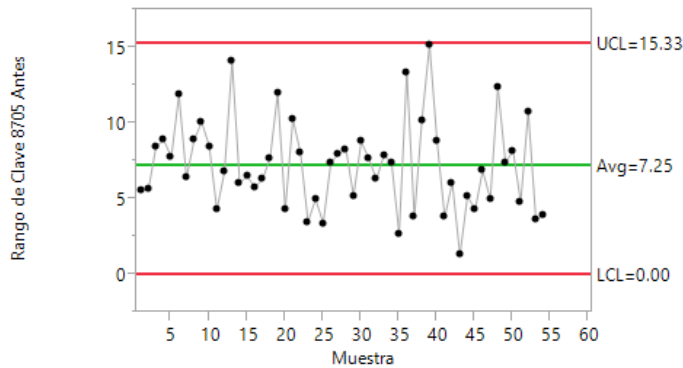
Análisis Clave 8705

X-Barra de Clave 8705 Antes



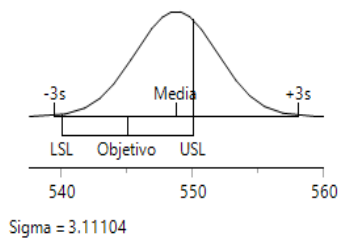
Este grupo de muestras presenta un mayor cumplimiento de los límites de control, teniendo como línea base el dato objetivo propuesto.

R de Clave 8705 Antes



A pesar de que los datos se acercan al objetivo la dispersión entre ellos es bastante alta, viéndose en la gráfica que el proceso no se encuentra controlado estadísticamente.

Sigma a largo plazo



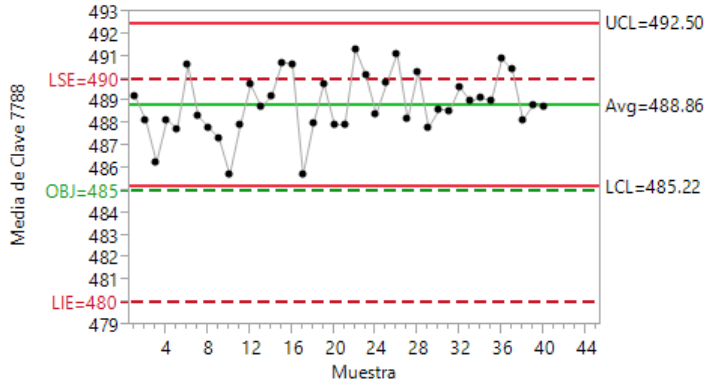
Capacidad	Índice	Extremo inferior del IC	Extremo superior del IC
CP	0.536	0.490	0.581
CPK	0.140	0.099	0.182
CPM	0.345	0.322	0.369
CPL	0.931	0.843	1.019
CPU	0.140	0.099	0.182

Porción	Porcentaje	PPM	Calidad sigma
Por debajo del LSL	0.2610	2609.7820	4.293
Por encima del USL	33.6804	336804.36	1.921
Total de externos	33.9414	339414.14	1.914

Un Cp menor a 1 refleja que el proceso no es apto para cumplir con las especificaciones establecidas y tener un Cpk menor al Cp sólo confirma que la media del proceso está fuera de las especificaciones.

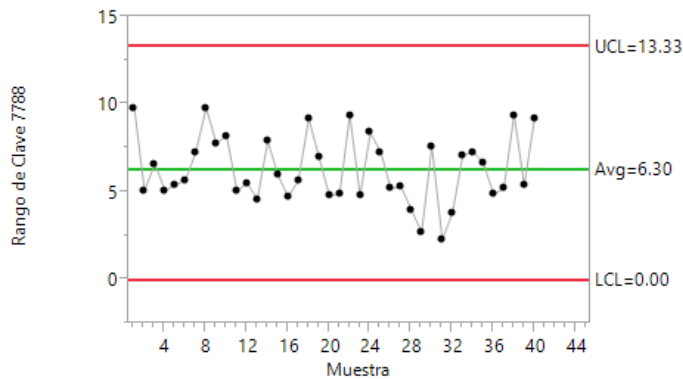
Análisis Clave 7788

X-Barra de Clave 7788



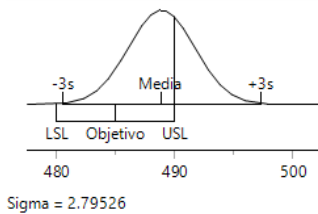
El gráfico demuestra que los datos tienden a acercarse al objetivo en las primeras corridas, pero su promedio está muy alejado de cumplir los límites de control establecidos

R de Clave 7788



La dispersión de los datos se comprueba en el gráfico de rangos donde se observa una normalización antes de finalizar el proceso.

Sigma a largo plazo



Capacidad	Índice	Extremo inferior del IC	Extremo superior del IC
CP	0.596	0.538	0.655
CPK	0.136	0.088	0.184
CPM	0.350	0.324	0.376
CPL	1.056	0.943	1.170
CPU	0.136	0.088	0.184

Porción	Porcentaje	PPM	Calidad sigma
Por debajo del LSL	0.0764	763.5786	4.669
Por encima del USL	34.1632	341632.37	1.908
Total de externos	34.2396	342395.95	1.906

El Cp vuelve a ser menor a 1, indicando que el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones planteadas. Todos los datos tienden a estar arriba del LSE.

6 PROPUESTA DE MEJORA

Se plantean mejoras básicas para definir un método robusto de monitoreo y control estadístico de proceso basado en cuatro factores fundamentales los cuales se describen en los siguientes apartados.

6.1 PLAN DE MUESTREO PROPUESTO

Para la propuesta del plan de muestreo rutinario de la línea de panes se consideran los siguientes factores:

- **Tamaño del batch de producción:** todos los tamaños de batch son iguales para las cuatro claves fabricadas. El peso de cada batch es de 100 kg.
- **Duración del batch de producción:** dependiendo de la clave a fabricar, por sus características de peso y cocción, los batch pueden durar de 30 a 60 minutos.
- **Cantidad de unidades fabricadas por cada batch:** en función del peso del producto terminado, los batch pueden generar de 172 a 222 unidades de producto terminado.
- **Nivel de inspección:** Especial S-3⁵. Teniendo en cuenta que el muestreo debe ser realizado por personal de la línea con actividades operativas (no dedicado a control de calidad), se plantea el nivel de inspección especial S-4 para obtener un número de muestras representativo, pero más bajo que los niveles generales de inspección I-III. Además de que el problema actual es de sobrepeso y no de incumplimiento de RTCA, por lo cual el riesgo no es alto en términos legales.

Basado en estos factores se propone un plan de muestreo basado en frecuencias y número de unidades fabricadas. Se ha tomado el número mayor de unidades fabricadas por batch, de modo de estandarizar la cantidad de muestras en un periodo de tiempo, facilitando así la comprensión de los operadores, y tomando una cantidad de muestras representativas para todos los productos:

- **Frecuencia:** cada media hora, abarcando así el batch con menor duración.
- **Cantidad de unidades a muestrear:** 8 unidades.

El plan de muestreo y los datos usados se resumen en la Tabla 2. Para su monitoreo se propone el uso de carta de control de tipo X-R.


Clave de producto	Peso nominal del producto (g)	Unidades teóricas por batch	Duración del batch (min)	Tamaño de muestra por batch
369	580	172	30	5
1675	450	222	48	75
8705	540	185	60	10
7788	480	208	44	7

⁵ ISO 2859-1 Tabla 1A – Letras código del tamaño de muestra por atributos

6.2 PLAN DE CONTROL

Para controlar el proceso y buscar mejores resultados en el control de pesos de los productos, se ha determinado un plan de control básico el cual ha sido estructurado en 3 secciones como se muestra a continuación

Tabla 3: Plan de Control de Proceso

Cód	Parámetro	Frecuencia	Responsable	Mínimo	Objetivo	Máximo	Unidades	Prioridad	Estrategia
Nombre del Producto: Pan Blanco Código: 369 Ingredientes: Harina de trigo, leche, emulsificantes (ésteres de ácido diacetil tartático, monoglicéridos de ácidos grasos), levadura, sal, azúcar, fosfato monocálcico y cloruro de amonio, ácido cítrico, ácido sórbico, ácido ascórbico, sorbato de potasio, azodicarbonamida.  Presentación: 580 g									
Cheques de Calidad y Productividad									
101	Limpieza por cambio de producto	2 veces / turno	Masero	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
102	Limpieza por cambio de alérgenos	2 veces / turno	Masero	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Parámetros Operativos									
201	Velocidad de divisora	2 veces / turno	Masero	250	250	250	rpm		Fija
202	Tiempo de mezclado	2 veces / turno	Masero	14	14	14	min	A	Fija
203	tiempo de enfriamiento	2 veces / turno	hornero		60		min	A	Móvil
204	Temperatura de batido	2 veces / turno	Esponjero	22		25	°C	A	Fija
205	Temperatura de masas	2 veces / turno	Masero	23		27	°C	A	Fija
206	Cantidad de ingredientes	2 veces / turno	Pesador	Según cada fórmula			g	A	Fija
Cheques Preventivos y Predictivos									
301	Inspección de equipo de enfriamiento	Semanal	Mtto	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
302	Verificación de termómetro	Quincenal	Mtto	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
303	Verificación de mezcladora	Semanal	Mtto	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Para monitorear si se está realizando de forma adecuada el registro de los parámetros de operación de acuerdo con los planes de control y las frecuencias establecidas se han determinado los siguientes KAIs:

- Porcentaje de Apertura de Planes (AP)

$$\%AP = \frac{\text{Cantidad de planillas de control registradas}}{\text{Cantidad de planillas de control que debieron registrarse}}$$

- Porcentaje de Settings en Control (SEC)

$$\%SEC = \frac{\text{Total de settings registrados dentro de rango}}{\text{Total de settings registrados}}$$

Puesto que las condiciones de operación pueden variar a lo largo de un turno de 8 horas, como por ejemplo ajustes, se necesitará registrar los datos de la siguiente forma:

- Frecuencia mínima 2 veces al turno considerando:
 - Apertura de turno hasta un máximo de dos horas después de iniciar el turno como confirmación de los parámetros de operación.
 - Cierre de turno hasta un máximo de 2 horas previas al cierre del turno para confirmar los parámetros con que se entregará al siguiente operador.
- En cada cambio de variedad o producto.

Adicional al monitoreo de estos indicadores, un elemento importante para apoyar el fortalecimiento de una cultura de procesos será el acompañamiento de mandos medios y mandos altos con rutinas periódicas de verificación y diálogo sobre los parámetros de proceso con los operadores.

6.3 PLAN DE CAPACITACIONES

A continuación, se muestra el plan de capacitaciones basado en un periodo de 6 meses para el cumplimiento del mismo. El enfoque está en desarrollar los conocimientos del personal de modo que cuenten con las competencias necesarias para asegurar los resultados esperados del control estadístico de los procesos, cubriendo conocimientos básicos de CEP, herramientas estadísticas hasta nociones básicas de metrología según se muestra en el siguiente detalle.

Tabla 4: Plan de Capacitaciones

Entrenamiento	Objetivo	Frecuencia	Personal al que se imparte	Responsable de impartirlo	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Control estadístico de proceso	Que los colaboradores sean capaces de definir que es un estándar de proceso, que puede llegar a afectarlo, como seleccionar tareas para ser controladas estadísticamente y que tipo de gráfica puede emplearse para este propósito	Anual	<ul style="list-style-type: none"> • Auxiliar de laboratorio • Supervisor de calidad • Supervisor de producción 	Externo	x					
Herramientas estadísticas de calidad	Enseñar a los colaboradores a aplicar los principios y las técnicas necesarias para desarrollar e implementar las 7 Herramientas Estadísticas, usando un método práctico y confiable que permita incrementar la efectividad de su Sistema de Gestión de Calidad	Anual	<ul style="list-style-type: none"> • Auxiliar de laboratorio • Supervisor de calidad • Supervisor de producción 	Externo		x				
Minitab	Que los colaboradores aprendan el análisis de datos en minitab para importar datos, desarrollar enfoques efectivos para explorar los datos, crear e interpretar graficas convincentes y exportar los resultados	Anual	<ul style="list-style-type: none"> • Auxiliar de laboratorio • Supervisor de calidad • Supervisor de producción 	Externo			x			
Mantenimiento y uso de basculas y balanzas	Enseñar a los colaboradores la forma del correcto mantenimiento y las buenas prácticas al momento de utilizar básculas y balanzas para el correcto pesado de producto	Anual	<ul style="list-style-type: none"> • Auxiliar de laboratorio • Supervisor de producción • Mecánicos • Maestros de masas y embolsado 	Supervisor de calidad				x		

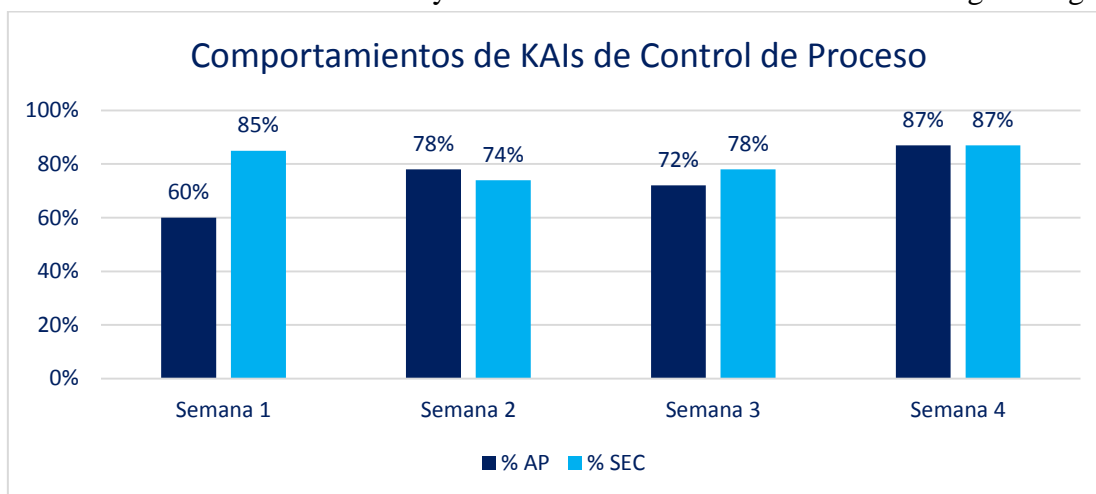
Tabla 4: Plan de Capacitaciones

Entrenamiento	Objetivo	Frecuencia	Personal al que se imparte	Responsable de impartirlo	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Planes de muestreo	Dar a conocer los planes de muestreo establecidos internamente para lograr su cumplimiento	cada 6 meses	<ul style="list-style-type: none"> • Maestros de masas y embolsado • Supervisor de producción • Auxiliar de laboratorio 	Supervisor de calidad					x	
RTCA contenido neto	Conocer las normativas aplicables a preenvasados, tolerancias permitidas	Semestral	<ul style="list-style-type: none"> • Auxiliar de laboratorio • Supervisor de producción • Mecánicos • maestros de masas y embolsado 	Supervisor de calidad						x
Perdida de humedad por horneado	Conocer los porcentajes de pérdida por horneado en las diferentes etapas del proceso, clasificados por tipo de producto	Anual	<ul style="list-style-type: none"> • Todo el personal 	Supervisor de calidad						x

6.4 RESULTADOS

6.4.1 CUMPLIMIENTO AL PLAN DE CONTROL

Los resultados de monitoreo de % AP y % SEC de 4 semanas se muestran en el siguiente gráfico:



Se observa una tendencia al incremento en el cumplimiento de estos índices, aunque no con una pendiente constante, pero sí se observan mejoras especialmente si se compara la semana 4 contra la semana 1. Esto probablemente se deba a que son actividades nuevas que aún necesitan

6.4.2 CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE CAPACITACIONES

Puesto que el plan de capacitaciones está diseñado para llevarse a cabo en un periodo de 6 meses no es posible evaluar en 4 semanas su implementación ni efectividad.

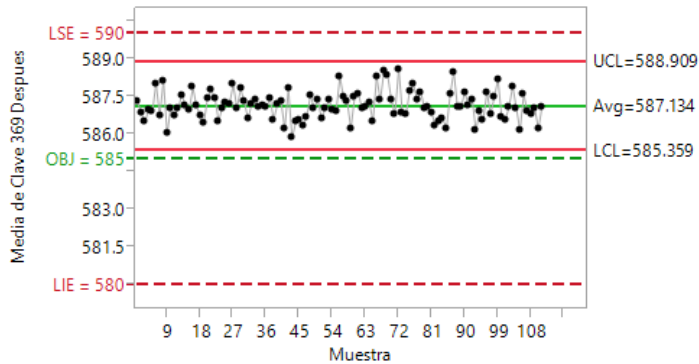
6.4.3 RESULTADOS DE ÍNDICES DE CAPACIDAD DE PROCESOS

La Tabla 5 muestra los resultados de Cp y CpK durante un mes de monitoreo luego de la implementación de las mejoras.

Tabla 5: Resultados posteriores a mejoras de Cp y CpK								
Clave	N	LIE	OBJ	LSE	Promedio	Desv Estándar	Cp	CpK
369	555	580	585	590	587.1	1.35	1.26	0.72
1675	455	450	455	460	456.4	1.63	1.02	0.73
8705	185	540	545	550	456.4	1.73	0.96	0.70
7788	175	480	485	490	486.8	1.49	1.11	0.73

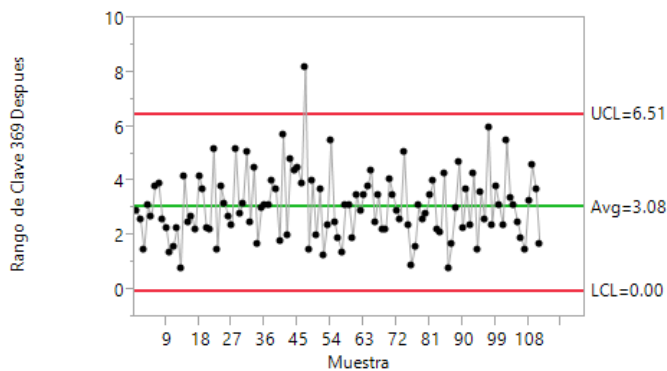
Análisis Clave 369 Después

X-Barra de Clave 369 Despues



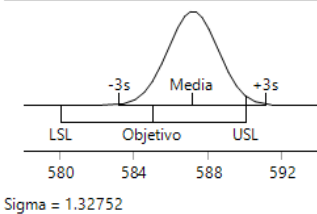
La gráfica muestra una tendencia definida a mantener un promedio constante, no se cumple con el objetivo, pero los datos se encuentran dentro de los límites de control.

R de Clave 369 Despues



Excluyendo el dato causado por una anomalía, el proceso se encuentra controlado estadísticamente.

Sigma a largo plazo



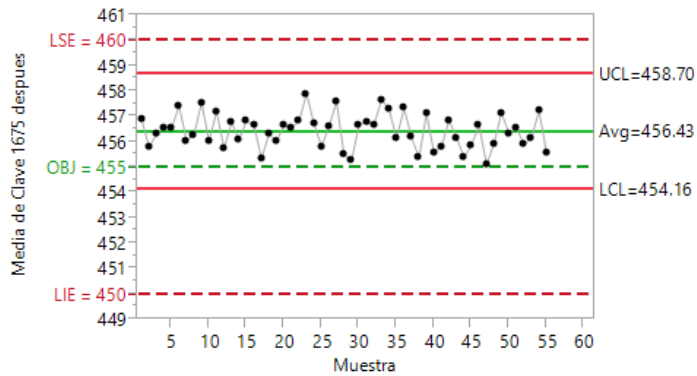
Capacidad	Índice	Extremo inferior del IC	Extremo superior del IC
CP	1.255	1.182	1.329
CPK	0.720	0.669	0.770
CPM	0.663	0.636	0.690
CPL	1.791	1.682	1.900
CPU	0.720	0.669	0.770

Porción	Porcentaje	PPM	Calidad sigma
Por debajo del LSL	0.0000	0.0385	6.874
Por encima del USL	1.5425	15424.941	3.659
Total de externos	1.5425	15424.979	3.659

El Cp refleja que el proceso es adecuado para cumplir las especificaciones planteadas. Se tiene un Cpk que tiende a uno por lo que se podría asegurar que con ajustes pequeños los datos concordarán con los límites de control establecidos.

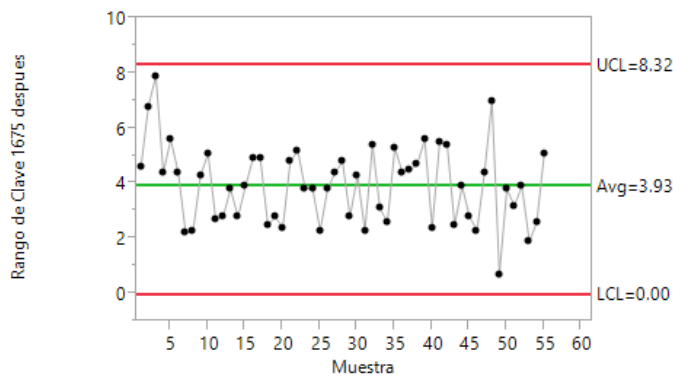
Análisis de Clave 1675 después

X-Barra de Clave 1675 después



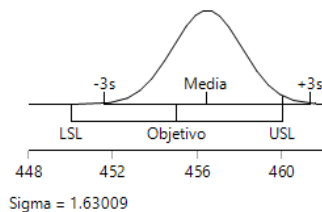
La gráfica refleja un proceso bastante controlado dentro de los límites de control establecidos, no se observan tendencias en la gráfica por lo que se puede decir que el proceso es estable.

R de Clave 1675 después



La gráfica de rango refleja que el proceso es controlable estadísticamente; las variaciones que se dan al inicio y finalización del batch de producción reflejan ajustes en máquinas cuando se inicia la producción.

Sigma a largo plazo



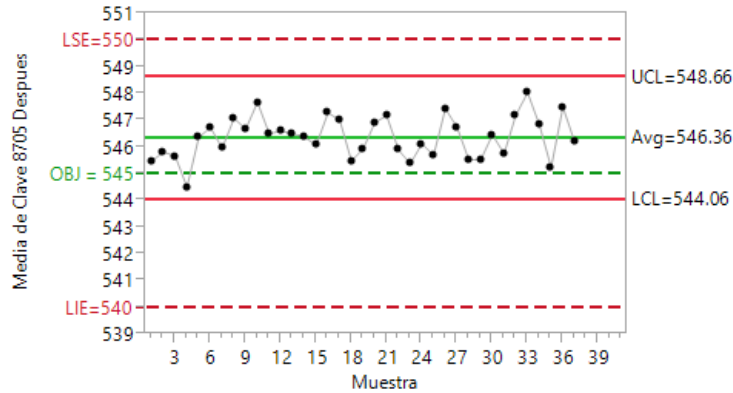
Capacidad	Índice	Extremo inferior del IC	Extremo superior del IC
CP	1.022	0.937	1.108
CPK	0.730	0.657	0.803
CPM	0.768	0.711	0.827
CPL	1.315	1.198	1.432
CPU	0.730	0.657	0.802

Porción	Porcentaje	PPM	Calidad sigma
Por debajo del LSL	0.0040	39.8775	5.445
Por encima del USL	1.4280	14279.859	3.690
Total de externos	1.4320	14319.736	3.688

Un Cp bastante sano respecto a los procesos iniciales, datos parcialmente dispersos, pero se cumple con los límites establecidos.

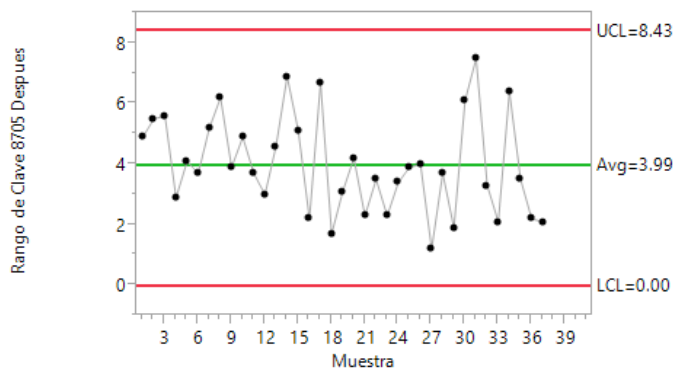
Análisis de Clave 8705 después

-Barra de Clave 8705 Despues



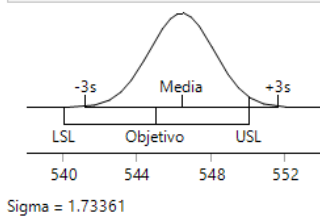
La gráfica refleja un proceso bastante controlado dentro de los límites de control establecidos, no se observan tendencias en la gráfica por lo que se puede decir que el proceso es estable.

R de Clave 8705 Despues



La gráfica de rango refleja que el proceso es controlable estadísticamente; las variaciones que se dan al inicio y finalización del batch de producción reflejan ajustes en máquinas cuando se inicia la producción.

Sigma a largo plazo



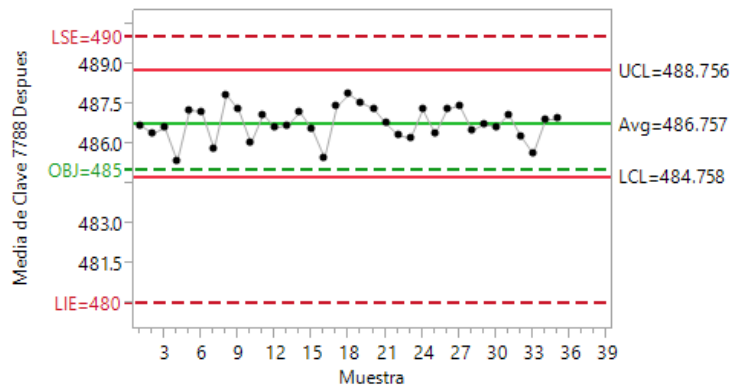
Capacidad	Índice	Extremo inferior del IC	Extremo superior del IC
CP	0.961	0.863	1.059
CPK	0.699	0.613	0.786
CPM	0.756	0.686	0.828
CPL	1.223	1.089	1.357
CPU	0.699	0.613	0.785

Porción	Porcentaje	PPM	Calidad sigma
Por debajo del LSL	0.0121	121.3277	5.170
Por encima del USL	1.7934	17934.206	3.598
Total de externos	1.8056	18055.534	3.596

Un Cp bastante sano respecto a los procesos iniciales, datos parcialmente dispersos, pero se cumple con los límites establecidos casi llegando al 1.

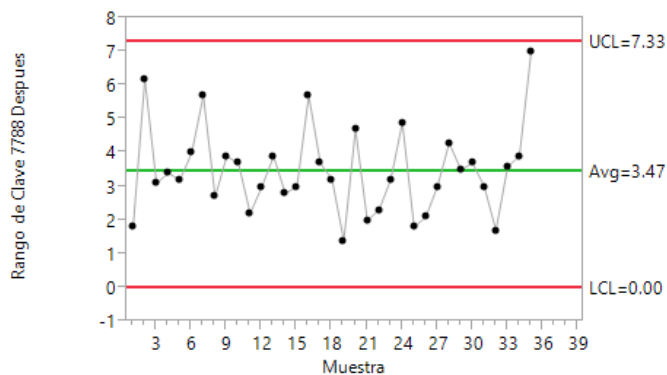
Análisis de Clave 7788 después

- Barra de Clave 7788 Despues



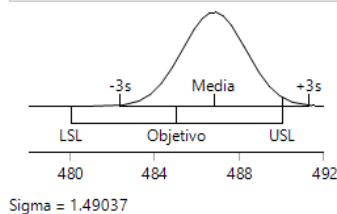
La gráfica refleja un proceso bastante controlado dentro de los límites de control establecidos, no se observan tendencias en la gráfica por lo que se puede decir que el proceso es estable.

R de Clave 7788 Despues



La gráfica de rango refleja que el proceso es controlable estadísticamente; las variaciones que se dan al inicio y finalización.

Sigma a largo plazo



Capacidad	Índice	Extremo inferior del IC	Extremo superior del IC
CP	1.118	1.001	1.236
CPK	0.725	0.634	0.816
CPM	0.723	0.663	0.786
CPL	1.511	1.345	1.677
CPU	0.725	0.634	0.816

Porción	Porcentaje	PPM	Calidad sigma
Por debajo del LSL	0.0003	2.8956	6.034
Por encima del USL	1.4782	14782.272	3.676
Total de externos	1.4785	14785.168	3.676

Un Cp bastante sano respecto a los procesos iniciales, datos parcialmente dispersos, pero se cumple con los límites establecidos.

7 CONCLUSIONES

1. Actualmente no se cuenta con un procedimiento y monitoreo sistemático de la capacidad de los procesos. No hay un mecanismo establecido ni estandarizado que permita dar seguimiento al cumplimiento de especificaciones ni un mecanismo establecido de comunicación entre las áreas involucradas donde se expongan y evalúen los resultados.
2. Para contar con una información confiable y con datos suficientes para realizar un adecuado análisis de capacidad de cumplimiento es necesario que se cumpla el plan de muestreo propuesto.
3. El plan de muestreo es una pieza fundamental para iniciar con la estandarización de la toma y análisis de datos que sean representativos y para facilitar la comprensión de los operadores.
4. Los resultados de la capacidad previos a la aplicación de las acciones de mejora reflejan que existen áreas de oportunidad para incrementar la capacidad del proceso, especialmente en el producto 369.
5. Es fundamental incluir los datos de cantidades producidas (en piezas) de producto terminado, ya que aquellos que tengan mayores porcentajes serán los que tendrán un impacto mayor en los indicadores del CEP y estos requerirán de mayor cantidad de datos a analizar, por lo que es importante que se realicen muestreos en todas las corridas
6. El plan de capacitación definido busca la formación e integración de todas las áreas críticas en el proceso que deben actuar de forma rápida para evitar pérdidas económicas por sobrepeso y que puedan realizar un buen análisis de los resultados.

8 RECOMENDACIONES

1. Es necesario que los colaboradores involucrados en el control estadístico de proceso tengan una formación adecuada para su rol de desempeño dentro de la organización y que, para esto, se defina un plan de capacitación adecuado para cada puesto.
2. Es importante que se conforme un equipo robusto que apoye y lidere la toma de decisiones en cuanto a la mejora del CEP y la determinación de las causas de las desviaciones para la pronta solución.
3. Es necesario realizar un estudio de pérdida de peso por horneado como mínimo una vez al año y cuando surjan nuevos productos con especificaciones diferentes a las existentes, que contribuya a determinar con más exactitud los parámetros de comportamiento que tendrá el producto y el cumplimiento de sus especificaciones y evaluar este en determinado número de corridas.
4. Para la mejora del proceso será necesario crear un procedimiento estandarizado para la evaluación del CEP en la planta y una base que incluya todos los productos ahí elaborados con sus parámetros definidos en su especificación.

9 BIBLIOGRAFÍA

- Bartes, Albert Prat. Métodos estadísticos: control y mejora de la Calidad.
- NMX-CC-006/4-1996-IMNC ISO 9004-4:1993. (1996)- Administración de la calidad y elementos del sistema de calidad. Parte 4: Directrices para el mejoramiento de la calidad. COTEN□NSISCAL– IMNC AMC.
- Vilar Barrio, José Francisco (2005) Control estadístico de procesos (2ª edición). Madrid: fundación Confemental.