



**UNIVERSIDAD DON BOSCO
VICERRECTORÍA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN
“DISEÑO DE UN TABLERO DE INDICADORES PARA LA EVALUACIÓN Y MONITOREO DE LA
CAPACIDAD DE LOS PROCESOS EN LOS PRODUCTOS CLAVES DE UNA PLANTA
PRODUCTORA DE ALIMENTOS”**

**PARA OPTAR AL GRADO DE
MAESTRO EN GESTIÓN DE LA CALIDAD**

**ASESOR
OSCAR DAVID GUZMÁN JULIÁN**

**PRESENTADO POR
SILVIA VLASTIMILA CÁCERES VALDÉS
GUSTAVO ARMANDO MACHUCA MOLINA**

**Antiguo Cuscatlán, La Liberad, El Salvador, Centroamérica
Enero de 2017**

ÍNDICE

Contenido	Página
1 OBJETIVOS.....	1
2 MARCO TEÓRICO.....	2
2.1 ESTADO DE UN PROCESO: CAPACIDAD Y ESTABILIDAD.....	2
2.2 CARTAS DE CONTROL	3
2.2.1 CAUSAS COMUNES Y CAUSAS ESPECIALES DE VARIACIÓN	3
2.2.2 USO DE LAS CARTAS DE CONTROL	3
2.2.3 TIPOS DE CARTAS DE CONTROL.....	4
2.3 ÍNDICES DE CAPACIDAD DE PROCESO.....	8
2.3.1 ÍNDICE DE CAPACIDAD POTENCIAL C_p	8
2.3.2 ÍNDICE DE CAPACIDAD REAL (C_{pk})	9
2.3.3 ÍNDICE DE CENTRADO DEL PROCESO (K)	10
2.3.4 ÍNDICE DE TAGUCHI (C_{pm}).....	11
2.3.5 ÍNDICES DE CAPACIDAD PARA PROCESOS CON UNA SOLA ESPECIFICACIÓN.....	12
3 DIAGNÓSTICO.....	13
3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN.....	13
3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN.....	15
3.3 PRODUCTOS CLAVES PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS	19
3.4 VARIABLES CLAVES PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS..	22
3.5 CAPACIDAD ACTUAL.....	25
3.6 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA – DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	27

4	DISEÑO	28
4.1	CONCEPTUALIZACIÓN DEL DISEÑO	28
4.2	INDICADORES CEP PARA VARIABLES DE PRODUCTO	29
4.3	INDICADORES CEP PARA VARIABLES DE PROCESO.....	30
4.4	FLUJO DE INFORMACIÓN PARA LA GENERACIÓN DE INDICADORES DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS	31
4.5	MONITOREO DE LOS INDICADORES CEP	32
4.6	PRESENTACIÓN DEL TABLERO DE INDICADORES CEP	34
4.7	TENDENCIAS DE INDICADORES	36
5	CONCLUSIONES	38
6	RECOMENDACIONES	39
7	BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	40
8	ANEXOS.....	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
Tabla 1 Elementos de selección para una carta de control de atributos	4
Tabla 2 Elementos de selección para una carta de control de variables.....	6
Tabla 3 Valores del Cp y su interpretación	9
Tabla 4: Volúmenes de producción por tipo de producto – Planta Deshidratados.....	20
Tabla 5: Volúmenes de producción por tipo de producto – Planta Grasos	21
Tabla 6: Clasificación de variables de productos terminados deshidratados	23
Tabla 7: Clasificación de variables de productos terminados grasas	24
Tabla 8: Índices de Capacidad de Producto Terminado – Planta Deshidratados	25
Tabla 9: Índices de Capacidad de Producto Terminado – Planta Grasos.....	26
Tabla 10: Ejemplo de cálculo del % de cumplimiento de Cp para la Planta Grasos.....	41
Tabla 11: Ejemplo de cálculo del % de cumplimiento de Cpk para la Planta Grasos.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Página
Figura 1 Selección de cartas de control	3
Figura 2: Relación entre variación tolerada y variación real en el Cp	8
Figura 3: Organigrama de la empresa en análisis.....	13
Figura 4: Mapa de Procesos de Primer Nivel de la Organización.....	14
Figura 5: Diagrama de Flujo del Proceso de fabricación de Productos Deshidratados.....	17
Figura 6: Diagrama de Flujo de Procesos de Productos Grasos.....	19
Figura 7: Gráfico de Pareto para los Productos Deshidratados	21
Figura 8: Gráfico de Pareto para productos grasos.....	22
Figura 9: División de indicadores CEP para variables de proceso y producto	28
Figura 10: Flujo de información para la generación de Indicadores CEP	31
Figura 11: escalera de reuniones para la revisión del desempeño	32
Figura 12: Diseño visual e incorporación de indicadores CEP al tablero de KPIs de Calidad ..	35
Figura 13: Cumplimiento de Cp y CpK Producto Terminado Deshidratado 2016	36
Figura 14: Cumplimiento de Cp y CpK Producto Terminado Grasos 2016	36
Figura 15: Gráficos de Cumplimiento Cp y CpK Total Planta	37

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula	Página
Fórmula 1: Cálculo del Cp	8
Fórmula 2: Cálculo del Cpk	9
Fórmula 3: Cálculo del Índice K	10
Fórmula 4: Cálculo del Cpm	11
Fórmula 5: Cálculo de tau	11
Fórmula 6: Cálculo del Cpi	12
Fórmula 7: Cálculo del Cps	12
Fórmula 8: Cálculo del Porcentaje de Cumplimiento de un indicador CEP para un producto .	29
Fórmula 9: Cálculo del Porcentaje de Cumplimiento de un indicador CEP para una línea de producción	30
Fórmula 10: Cálculo del Porcentaje de Cumplimiento de un indicador CEP para el total de la planta	30
Fórmula 11: Cálculo de porcentaje de cumplimiento de un Indicador CEP para variables de proceso	31

LISTADO DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

6M	: Método de análisis de las variables que afectan un proceso
CEP	: Control Estadístico de Procesos
Cp	: Índice de capacidad potencial de un proceso
CpK	: Índice de capacidad real de un proceso
Cpm	: Índice de Taguchi
CUSUM	: Sumas Acumuladas (del inglés “Cumulative Sum”)
EWMA	: Promedio Móvil Exponencialmente Ponderado (del inglés “Exponentially Weighted Moving Average”)
LCI	: Límite de Control Inferior
LCS	: Límite de Control Superior
LIE	: Límite Inferior de Especificación
LSE	: Límite Superior de Especificación.
SSO Y MA	: Salud, Seguridad Ocupacional y Medio Ambiente
T	: Objetivo (del inglés target), se refiere al valor central óptimo de una especificación.
μ	: Letra griega mu que representa el promedio de una serie de datos.
σ	: Letra griega sigma que representa la desviación estándar de una serie de datos.
τ	: Letra griega tau que, en el índice de Taguchi, representa un valor calculado a partir del promedio y la desviación estándar de la serie de datos en análisis.

1 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO.

Diseñar un tablero de indicadores que permita evaluar y monitorear la capacidad de los procesos en la fabricación de los productos terminados en la planta de alimentos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO.

- Identificar las herramientas de control estadístico de proceso más adecuadas a utilizar en el diseño de la solución.
- Determinar los productos claves a analizar; así como su capacidad actual como una línea base de medición.
- Diseñar un tablero de indicadores que permita monitorear la capacidad estadística de los procesos para el aseguramiento y control de las variables de producto terminado.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 ESTADO DE UN PROCESO: CAPACIDAD Y ESTABILIDAD

Un proceso puede tener cuatro estados en cuanto a capacidad y estabilidad, las cuales responden a dos preguntas fundamentales: ¿Se considera el proceso capaz de cumplir con las especificaciones que debe satisfacer? ¿El proceso se puede catalogar como estable a través del tiempo considerando su tendencia central y la amplitud de su variabilidad? Según sea la respuesta a estas preguntas, de modo afirmativo o negativo a cada una, se pueden clasificar los procesos en cuatro categorías¹:

➤ **Proceso tipo D: inestable e incapaz.**

Este tipo de procesos tienen baja capacidad para cumplir con especificaciones y que, además, son altamente inestables afectados por causas especiales de variación. Son procesos difíciles de pronosticar con cierta certidumbre y los esfuerzos de mejora deben de estar orientados a identificar y eliminar las causas de inestabilidad.

➤ **Proceso tipo C: estable pero incapaz.**

Son procesos “establemente malos” que generan producto fuera de especificaciones o que no cumplen ciertos atributos. Su estrategia, generalmente, se orienta a mejorar la capacidad del proceso.

➤ **Proceso tipo B: capaz pero inestable.**

Estos procesos funcionan en presencia de causas especiales de variación, pero estas son tales que se está relativamente satisfecho con el desempeño del proceso respecto a objetivos previos o especificaciones, de tal forma que se está ante un proceso capaz pero inestable. En este tipo de procesos su distribución se desplaza o tiene cambios significativos, sin embargo, siempre está dentro de especificaciones. Ante esto, se tiene cierta vulnerabilidad, porque esa inestabilidad puede, en un momento dado, llegar a ocasionar problemas en términos de especificaciones. Además, si se quiere conocer y mejorar dicho proceso, habría que empezar por identificar y eliminar las causas de la inestabilidad de modo similar a los procesos tipo D.

➤ **Proceso tipo A: estable y capaz.**

Son procesos sin problemas serios de calidad y que pueden entregar los mismos resultados de forma consistente en el tiempo. En este caso su estrategia se enfoca en mantener ese estado de control y explorar alternativas para mejorar su productividad y/o desempeño.

¹ Gutiérrez Pulido, Humberto. (2013) Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma (3ª Edición). México: McGraw Hill. P. 271 – 276

2.2 CARTAS DE CONTROL

2.2.1 CAUSAS COMUNES Y CAUSAS ESPECIALES DE VARIACIÓN

Por naturaleza, todo proceso estará siempre afectado por la variabilidad, siendo ésta una característica intrínseca de los procesos. Bajo condiciones normales, existen elementos² que afectarán la variabilidad de un proceso ya sea de forma natural o de forma especial o fuera de lo común, ya que a través del tiempo son susceptibles de cambios, desajustes, desgastes, etc. Es muy importante distinguir de forma eficiente entre ambos tipos de variación, para así tomar las medidas adecuadas en cada caso. Una causa común es aquella que es inherente al proceso y que prácticamente es inevitable que ocurra. Es la menor variación esperada por el proceso en condiciones normales de operación. Por el contrario, una causa asignable es aquella que es atribuible a una razón en particular y que puede ser eliminada del proceso para mejorar su desempeño.

2.2.2 USO DE LAS CARTAS DE CONTROL

El objetivo básico de una carta de control es observar y analizar el comportamiento de un proceso a través del tiempo. Esto permite distinguir las variaciones por causas comunes de las variaciones atribuidas a causas asignables. Una guía útil para orientar la decisión sobre qué carta de control utilizar se muestra en la Figura 1.

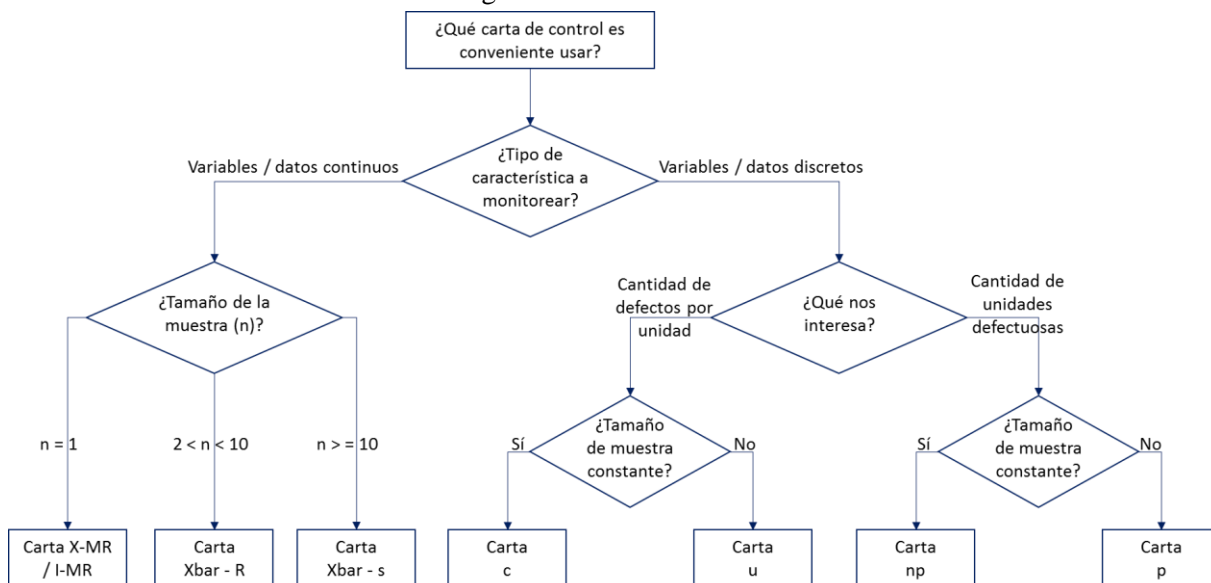


Figura 1 Selección de cartas de control

Fuente: elaboración propia a partir de las referencias bibliográficas al final del documento

² Una forma de clasificar, y que también provee una técnica de análisis de fuentes de variabilidad muy útil, son las 6M: materiales, maquinaria, métodos, mano de obra (personas), mediciones y medio ambiente.

2.2.3 TIPOS DE CARTAS DE CONTROL

La *Tabla 1* describe las cartas de control de atributos, así como elementos a considerar para la selección y uso de los cuatro tipos de carta descritas en ella.

Tabla 1 Elementos de selección para una carta de control de atributos				
Carta	Propósito	Uso	Tamaño de subgrupo (n)	Consideraciones adicionales
Proporción de defectuosos (p)	Analizar la proporción de artículos defectuosos por subgrupo (unidades rechazadas / unidades inspeccionadas). Se supone una distribución binomial.	Por lo general se usa para reportar resultados en puntos de inspección, en los que una o más características de calidad son evaluadas, y en función de esto se acepta o rechaza el artículo.	El valor de n puede ser constante o variable pero suficientemente grande para tener una alta probabilidad de que en cada subgrupo se detecte por lo menos una pieza defectuosa. Esto se logra tomando a n tal que $n > 9 \left[\frac{(1 - \bar{p})}{\bar{p}} \right]$	No es adecuada si n es mucho más pequeño que lo recomendado. Para n muy grande, de uno o varios miles, los límites de control serán muy estrechos y es mejor graficar p_i en una carta de individuales. Si n es muy variable, se debe de utilizar una carta estandarizada o una con límites variables.
Número de defectuosos (np)	Monitorea el número de unidades defectuosas por subgrupo (número de artículos rechazados por cada muestra inspeccionada). Se supone una distribución binomial.	Se aplica en la misma situación que la carta p , pero con el tamaño de subgrupo constante.	El valor de n debe ser constante, y en cuanto a su tamaño, se aplican los mismos criterios que la carta p .	Aplican las dos primeras observaciones para la carta p . Cuando n crece, la sensibilidad o potencia de la carta para detectar cambios es mayor.

Tabla 1 Elementos de selección para una carta de control de atributos

Carta	Propósito	Uso	Tamaño de subgrupo (n)	Consideraciones adicionales
Número de defectos por subgrupo (c)	Analiza el número de defectos por subgrupo o unidad, que puede ser un artículo o un lote, una medida de longitud o de tiempo, una medida de área o volumen. Se supone una distribución Poisson.	Busca focalizar uno o más tipos de defectos relativamente menores de modo que aunque se encuentren defectos el artículo no se rechaza. También se usa para variables como número de quejas, de errores, de paros, etc.	El tamaño de subgrupo o unidad es constante. De ser posible se elige de forma tal que el número promedio de defectos por subgrupo (línea central) sean mayor que nueve.	Si en cada subgrupo se esperan cero o muy pocos defectos, mucho menos que nueve, usualmente la carta no es eficaz. En esos casos, buscar incrementar el tamaño de subgrupo o buscar otras alternativas.
Número promedio de defectos por unidad (u)	Monitorea el número promedio de defectos por artículo o unidad inspeccionada. Se supone una distribución de Poisson	Igual que la carta c, pero aquí se refiere analizar el número promedio de defectos por artículo o unidad, en lugar del número de defectos por subgrupo.	El tamaño de subgrupo puede ser constante o variable, pero siempre está conformado por varias unidades de referencia o artículos. Buscar que n cumpla con $n > \frac{9}{\bar{u}}$	Si n es mucho menor que el número recomendado, la carta u no suele ser útil. En esos casos, buscar incrementar n o utilizar otra carta de control.

Fuente: Gutiérrez Pulido, Humberto. (2010) Calidad Total y Productividad (3ª Edición). México: McGraw Hill.

La describe las cartas de control de variables, así como elementos a considerar para la selección y uso de los cuatro tipos de carta descritas en ella.

Tabla 2 Elementos de selección para una carta de control de variables

Carta	Propósito	Uso	Tamaño de subgrupo (n)	Consideraciones adicionales
De medias (\bar{X})	Analiza las medias de subgrupos, como una forma de detectar cambios en el promedio del proceso. Aunque la carta está basada en la distribución normal, funciona bien para otras distribuciones debido al teorema de límite central ³ .	Procesos masivos (de mediano a alto volumen) en los que en un corto tiempo se producen varios artículos y/o mediciones.	$n > 3$ A medida que n crece, la carta detecta incluso pequeños cambios en el promedio del proceso. Generalmente un tamaño de n menor que 10 es suficiente para detectar cambios moderados y grandes, los cuales son los de mayor interés en la práctica.	Los límites de control indican dónde se espera que varíen las medias de los subgrupos, por lo que no indican dónde varían las mediciones individuales, y no tienen nada que ver con las especificaciones.
Rangos (R)	Analiza los rangos de los subgrupos como una estrategia para detectar cambios en la amplitud de la variación del proceso. La falta de normalidad afecta a esta carta.	Usada conjuntamente con la carta \bar{X} cuando n es menor a 11, por lo que se aplica al mismo tipo de proceso que tal carta.	$3 < n < 11$ A medida que n crece, es capaz de detectar cambios más pequeños en la amplitud de la dispersión del proceso.	

³ Gutiérrez Pulido, Humberto. (2013) Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma (3ª Edición). México: McGraw Hill, p. 51

Tabla 2 Elementos de selección para una carta de control de variables

Carta	Propósito	Uso	Tamaño de subgrupo (n)	Consideraciones adicionales
Desviación estándar (S)	Analiza la desviación estándar que se calcula para cada subgrupo, como una estrategia para detectar cambios en la amplitud de la variación del proceso. La falta de normalidad podría afectar a la carta.	Usada conjuntamente con la carta \bar{X} cuando $n > 10$, por lo que se aplica al mismo tipo de proceso que tal carta.	$n > 10$ Dado el tamaño de subgrupo recomendado, se debe usar sólo cuando se quieran detectar incluso cambios pequeños en la dispersión del proceso y se esté dispuesto a atender estos cambios.	Dado que tanto la carta \bar{X} como la carta S tienen una mayor sensibilidad cuando n crece, usarlas cuando se quiera y se esté dispuesto a tener un control estricto sobre el proceso. De los criterios para cambios de nivel, sólo utilizar el de puntos por fuera de los límites.
Individuales (X)	Analiza cada medición individual del proceso y le detecta cambios grandes principalmente, tanto en la media como en la amplitud de la dispersión. Si la distribución no es normal, la carta se puede ver afectada.	Procesos de bajo volumen, en los que se requiere un tiempo considerable (de una a más horas) para obtener un resultado o una medición. O cuando mediciones cercanas en el tiempo sólo difieren por error de medición.	Por propósito, $n = 1$	Si en estos procesos es importante detectar cambios más pequeños y medianos, se recomienda utilizar otra carta más sensible (EWMA o CUSUM) ⁴

Fuente: Gutiérrez Pulido, Humberto. (2010) Calidad Total y Productividad (3ª Edición). México: McGraw Hill.

⁴ Gutiérrez Pulido, Humberto. (2013) Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma (3ª Edición). México: McGraw Hill, p. 251

2.3 ÍNDICES DE CAPACIDAD DE PROCESO

La capacidad de un proceso es la habilidad que éste tiene para cumplir satisfactoriamente las especificaciones en consideración de la variabilidad y el promedio de los datos contrastados contra los límites y el valor óptimo, también conocido como objetivo, de las especificaciones.

Existe una serie de indicadores que ayudan a medir y comprender la capacidad de los procesos en consideración de los elementos anteriormente mencionados, los cuales son explicados en los siguientes apartados⁵.

2.3.1 ÍNDICE DE CAPACIDAD POTENCIAL Cp

Para que un proceso pueda considerarse potencialmente capaz de cumplir con especificaciones, se requiere que la variación real (natural) siempre sea menor que la variación tolerada (amplitud de las especificaciones).

Para medir esto, se utiliza el índice de capacidad potencial, Cp, el cual compara el ancho de las especificaciones, o variación tolerada por el proceso, con la amplitud de la variación real del proceso, como se muestra en la Figura 2. En otras palabras, compara “la voz del proceso” con “la voz de los clientes” expresada por medio de las especificaciones. Su cálculo se realiza utilizando la Fórmula 1:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6 \times \sigma}$$

Fórmula 1: Cálculo del Cp

donde σ representa la desviación estándar del proceso y LSE y LIE son los límites de especificación superior y especificación respectivamente.

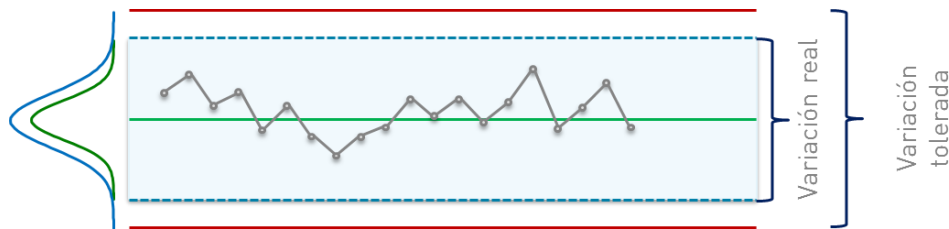


Figura 2: Relación entre variación tolerada y variación real en el Cp
Fuente: elaboración propia a partir de las referencias bibliográficas al final del documento

⁵ Gutiérrez Pulido, Humberto. (2010) Calidad Total y Productividad (3ª Edición). México: McGraw Hill.

De la definición del C_p se puede derivar que los valores deseados para dicho índice serán siempre mayores que 1, ya que si el valor del C_p es menor que uno, significa que la variación del proceso es mayor que la variación permitida por las especificaciones, lo cual generaría producto que no cumple con éstas.

La *Tabla 3* muestra una guía de interpretación del C_p clasificándolo en 5 categorías dependiendo de su valor y asumiendo que el proceso está centrado.

Tabla 3 Valores del C_p y su interpretación		
Valor del índice C_p	Clase o categoría de proceso	Decisión (si el proceso está centrado)
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma. Tener esta calidad significa diseñar productos y procesos que logren que la variación de las características de calidad sea tan pequeña que la campana de distribución quepa dos veces dentro de las especificaciones
$C_p > 1.33$	1	Adecuado. Mayor a 4 sigma
$1 < C_p \leq 1.33$	2	Parcialmente adecuado, requiere un control estricto. Equivale a 3 sigma
$0.67 < C_p \leq 1$	3	No adecuado. Un análisis del proceso es necesario. Requiere modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria. Equivale a 2 Sigma
$C_p \leq 0.67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere modificaciones muy serias. Equivale a 1 Sigma
Nota: si el $C_{pk} < C_p$, entonces una vez que se centre el proceso se tendrá la clase de proceso que se indica.		

Fuente: Gutiérrez Pulido, Humberto. (2010) *Calidad Total y Productividad* (3ª Edición). México: McGraw Hill.

2.3.2 ÍNDICE DE CAPACIDAD REAL (C_{pk})

El índice de capacidad real del proceso, puede verse como una versión “corregida” del C_p que sí toma en cuenta el centrado del proceso así como la estabilidad del mismo. Para calcularlo se utiliza la siguiente Fórmula 2:

$$C_{pK} = \text{Mínimo} \left[\frac{\mu - LIE}{3\sigma}, \left[\frac{LSE - \mu}{3\sigma} \right] \right]$$

Fórmula 2: Cálculo del C_{pk}

A diferencia del Cp, el CpK considera únicamente la variación tolerada de un lado de la especificación, por lo cual σ se multiplica por 3 y no por 6 como en el Cp. Esto se debe a que el CpK premia el centrado del proceso expresado como la distancia entre el promedio del proceso y el límite de especificación más próximo.

De esto se deriva que existen dos formas de obtener un buen valor de CpK:

1. Controlando la variabilidad, lo cual disminuirá la desviación estándar y por tanto el denominador de la fórmula.
2. Cumpliendo el objetivo de especificación, lo cual generará un proceso centrado, y maximizará el numerador de la fórmula.

Algunos elementos adicionales para la interpretación del Cpk son:

- El Cpk siempre será menor o igual que el índice Cp. Cuando sean muy próximos, eso indica que la media del proceso está muy cerca del valor objetivo de las especificaciones, por lo que la capacidad potencial y real son similares.
- Si el valor del Cpk es mucho más pequeño que el Cp, esto indica que la media del proceso está alejada del objetivo de las especificaciones. De esa manera, el índice Cpk estará indicando que se necesita corregir el problema de descentrado para alcanzar la capacidad potencial indicada por el Cp.
- Cuando el valor del Cpk sea mayor que 1.33 en un proceso ya existente, se considerará que se tiene un proceso con capacidad satisfactoria. Para procesos nuevos se pide un Cpk mayor a 1.25.
- Si se tienen valores de Cpk igual a cero, esto indica que la media del proceso está justo en uno de los límites de especificación, por lo que puede asumirse que hay valores por fuera de especificación.
- Si se tienen valores de Cpk negativos, esto indica que la media está por fuera de las especificaciones.

2.3.3 ÍNDICE DE CENTRADO DEL PROCESO (K)

Un aspecto importante en el estudio de la capacidad de un proceso es evaluar si la distribución está centrada respecto a las especificaciones. Para ello es útil calcular el índice de centrado de proceso (K) a través de la siguiente fórmula:

$$K = \frac{\mu - T}{\frac{1}{2} (LSE - LIE)} \times 100$$

Fórmula 3: Cálculo del Índice K

Este indicador mide la diferencia entre la media del proceso y el valor objetivo o nominal (T), para la característica de calidad en estudio, y esta diferencia la compara contra la mitad del rango de la especificación. El hecho de multiplicar por 100, ayuda a tener una medida porcentual.

La interpretación de K es:

- Si el signo de K es positivo, indica que la media del proceso es mayor que el objetivo, mientras que será negativo si el promedio es menor al objetivo.
- Valores de K menores que 20% en términos absolutos se pueden considerar aceptables, pero a medida que el valor absoluto de K sea más grande que 20%, indica un proceso muy descentrado, lo que puede afectar significativamente la capacidad del proceso.

El objetivo de especificación es el valor óptimo esperado de un proceso, por lo cual, las desviaciones respecto a éste pueden resultar en un detrimento de la calidad. Es por ello que cuando un proceso está descentrado se deben de hacer esfuerzos para centrarlo, lo cual resulta más fácil si se reduce la variabilidad.

2.3.4 ÍNDICE DE TAGUCHI (Cpm)

Desde el punto de vista de G. Taguchi, cumplir con especificaciones no es sinónimo de buena calidad y la reducción de la variabilidad debe darse, pero en torno al valor nominal (calidad óptima), y por ende la mejora de los procesos debe orientar a tal fin. El índice de Taguchi se calcula por:

$$C_{pm} = \frac{ES - EI}{6\tau}$$

Fórmula 4: Cálculo del Cpm

donde τ (tau) está dada por:

$$\tau = \sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}$$

Fórmula 5: Cálculo de tau

Cabe destacar que el Cpm compara el ancho de las especificaciones con 6τ , pero τ no sólo toma en cuenta la variabilidad del proceso (usando σ^2) sino que también considera el centrado a través de $(\mu - T)^2$, Dando importancia, de esta forma, al centrado del proceso. Si $\mu = T$ (índice $K = 0$), entonces el Cp y el Cpm son iguales.

Algunas pautas de interpretación del Cpm son:

- Si el Cpm es menor que 1, indica que el proceso no cumple con especificaciones, ya sea por un problema de descentrado o de alta variabilidad.
- Si el Cpm es mayor que 1, entonces eso significa que el proceso cumple

2.3.5 ÍNDICES DE CAPACIDAD PARA PROCESOS CON UNA SOLA ESPECIFICACIÓN.

Los índices de capacidad descritos hasta este momento son útiles únicamente para procesos que poseen, por lo menos, tres valores de especificación (mínimo, objetivo y máximo). Sin embargo, existen procesos cuyas variables de salida poseen sólo una especificación, ya sean estas del tipo “entre más grande mejor” en las que lo que interesa es que los valores sean mayores que cierto valor mínimo, como por ejemplo, o variables del tipo “entre más pequeña mejor, en las que lo que se quiere es que nunca excedan un cierto valor máximo, como por ejemplo, la cantidad de unidades formadoras de colonia en un conteo microbiológico. Para evaluar la capacidad de estos procesos se utilizan los siguientes índices:

- Índice de Capacidad para especificación Inferior (C_{pi}):

$$C_{pi} = \frac{\mu - LIE}{3\sigma}$$

Fórmula 6: Cálculo del Cpi

- Índice de Capacidad para especificación Superior (C_{ps}):

$$C_{ps} = \frac{LSE - \mu}{3\sigma}$$

Fórmula 7: Cálculo del Cps

Estos índices consideran el promedio y calculan la distancia entre ésta y una de las especificaciones, lo cual representa la variación tolerada para el proceso de un solo lado de la media. Esta distancia se divide entre 3σ porque sólo se está tomando en cuenta la mitad de la variación natural del proceso. Puede observarse que estos índices, C_{pi} y C_{ps} , no son más que una de las formas de cálculo del C_{pk} , pero referidas al único valor presente en la especificación.

Nótese que al ser especificaciones del tipo “entre más bajo/alto mejor”, no sería adecuado plantear un valor objetivo de especificación, por lo cual no tendría sentido una aplicación del índice de centrado (K) para este tipo de procesos. En este caso, los índices C_{ps} y C_{pi} buscan premiar que los procesos con una sola especificación se alejen de dicho valor con el cociente de su fórmula, mientras que premian la estabilidad con el divisor de ésta.

3 DIAGNÓSTICO

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN

La organización en análisis es una subsidiaria de una multinacional dedicada al consumo masivo. Concretamente en El Salvador, se cuenta con una planta productora para la categoría de alimentos en la cual se fabrican dos grandes clases de productos:

- Alimentos secos instantáneos: consiste en la producción de formulaciones listas para su preparación por medio de la adición de agua, tales como sopas instantáneas y de ayudas para la cocina tales como consomés (sazonadores), empanizadores, entre otros.
- Alimentos semi-sólidos grasos: consiste en la producción de soluciones semi-blandas para la cocina con propósitos múltiples tales como freír, hornear, guisar y untar.

La Figura 3 muestra la estructura organizacional de la empresa. Cabe destacar que, por ser subsidiaria de una multinacional, algunas funciones no reportan a una figura jerárquica local, como el caso del área de Desarrollo de Producto y Tecnología. Pese a esta situación, el proceso de Desarrollo de Producto responde, en parte, a las necesidades de la organización local.

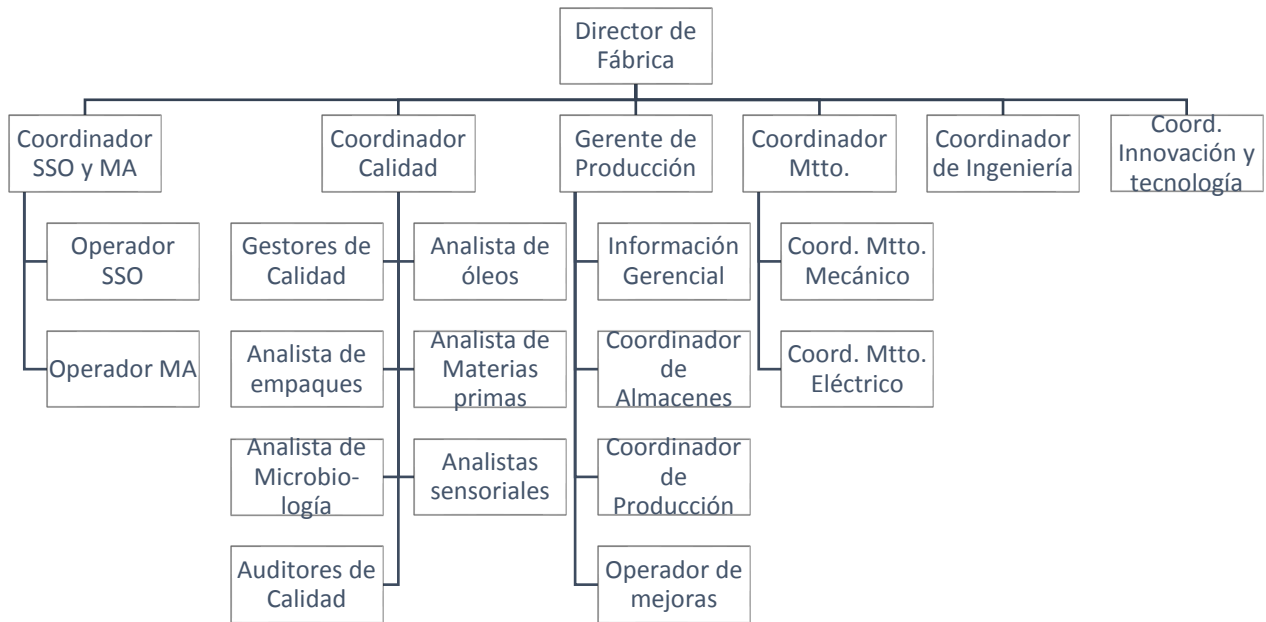


Figura 3: Organigrama de la empresa en análisis

La interacción de los procesos se muestra en la Figura 4

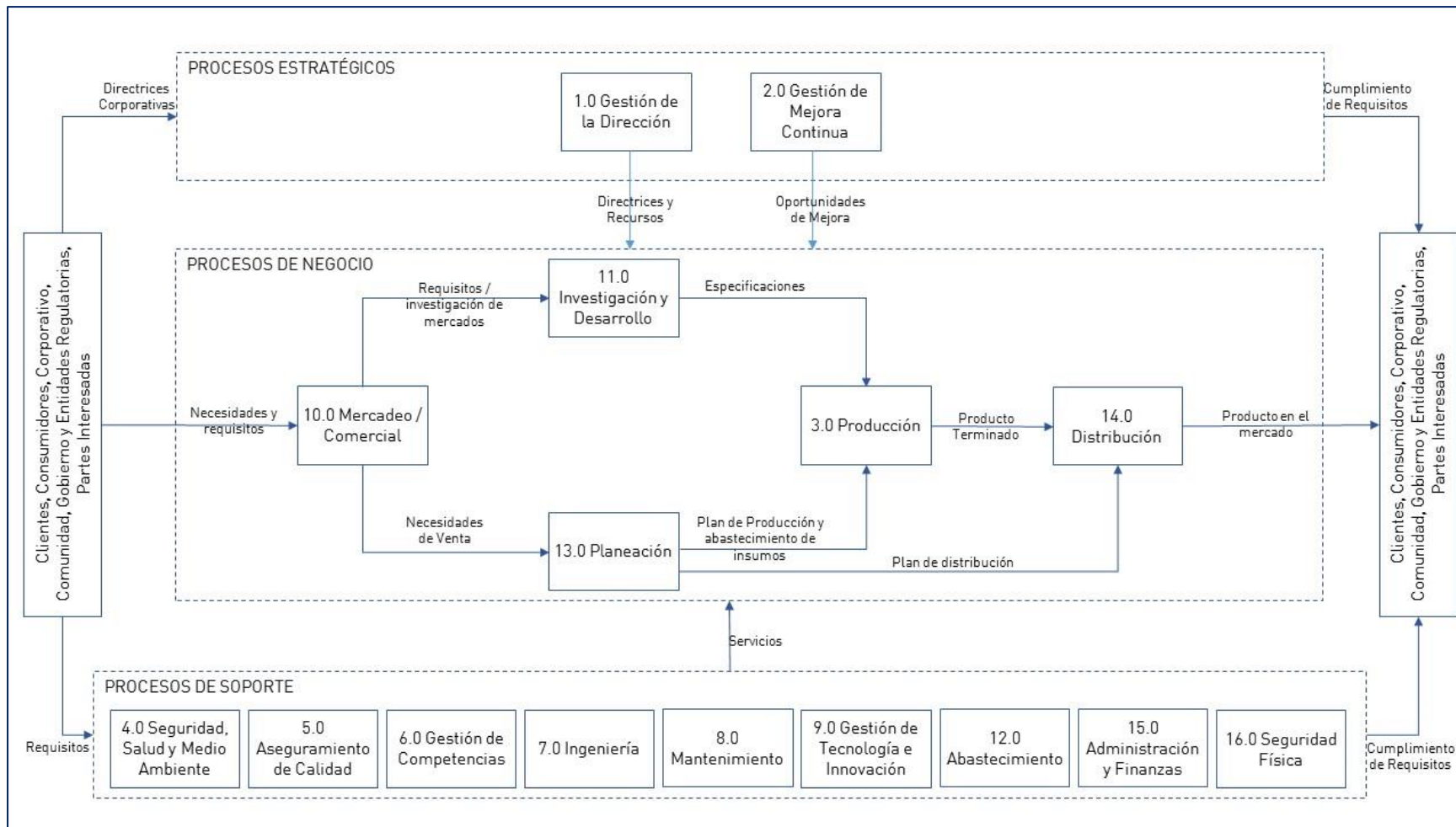


Figura 4: Mapa de Procesos de Primer Nivel de la Organización

3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN

Puesto que la organización fabrica dos tipos de productos (deshidratados y grasos) éstos se describirán en estas dos categorías. Para cada categoría, el proceso es el mismo para todos los productos que pertenecen a ella, puesto que se diferencian únicamente en las formulaciones específicas según cada variedad a fabricar.

➤ **Proceso de fabricación de productos deshidratados.**

- **Recepción de materias primas:** las materias primas son inspeccionadas y analizadas a su ingreso a la planta. El muestreo, inspección y análisis está basado en un plan de calidad el cual considera la criticidad de la materia prima en su impacto en la inocuidad y desempeño del producto, la frecuencia con la que se recibe el material y otros aspectos como la estabilidad del proveedor. De acuerdo con estos criterios se analizan variables físico-químicas, atributos y análisis sensoriales de las materias primas, las cuales al ser aceptadas son almacenadas temporalmente en bodega hasta que son trasladadas al área productiva para su conversión.
- **Pesado de ingredientes menores o parciales:** se realiza el pesado de los ingredientes que se ocupan en una baja proporción en las recetas y que requieren de un pesaje detallado (algunos pueden ser menores a 1 kg). Estos ingredientes son pesados de acuerdo con las cantidades establecidas en las recetas e identificados para luego ser agregados en el mezclado junto con los ingredientes mayores.
- **Agregado de ingredientes mayores:** se realiza el pesado de ingredientes conocidos también como ingredientes “enteros”, son ingredientes que no son pesados, sino que son agregados directamente al proceso, según el peso de la presentación. En este paso se pesa, por ejemplo, la sal, la cual es comprada en sacos de 50 Kg, no necesita ser previamente pesada sino solamente agregada directamente a la mezcla.
- **Agregado de ingredientes menores:** los ingredientes menores o parciales que se pesan en las etapas anteriores son agregados finalmente al proceso en las tolvas de mezclado.
- **Mezclado:** en esta etapa se mezclan todos los ingredientes, tanto mayores y menores, al mismo tiempo en un mezclador el cual consiste en un tambor horizontal con aspas de mezclado. En esta etapa se tienen previamente definidos tiempos de mezclado para cada producto a fabricar. Dichos tiempos se encuentran predeterminados en el Controlador Lógico Programable (PLC) del equipo de mezclado según las especificaciones de cada producto.

- **Análisis de producto en proceso:** una vez el producto ha sido mezclado, se toman muestras para realizar los siguientes análisis
 - Análisis de variables fisicoquímicas: son características de tipo físicas o químicas que pueden evaluarse de forma cuantitativa utilizando un instrumento de medición. Estas variables son:
 - Actividad de Agua (a_w)
 - % de Humedad
 - % de Sal (como NaCl)
 - Densidad del polvo
 - Análisis sensorial de producto: son características que se evalúan por medio de los sentidos comparando una muestra contra un estándar aprobado. Estas características no generan un número como resultado ya que son de tipo cualitativa. Estas características son:
 - Olor
 - Color
 - Sabor
 - Textura
 - Apariencia

Estos análisis determinan si el producto en proceso es apto o no para ser empacado o si debe de tratarse como “Producto No Conforme”.

- **Empaque y codificado:** el producto semiterminado que ha sido aprobado para continuar el proceso es dosificado en sus respectivos empaques. Se tienen tres tipos de empaque:
 - Empaque primario: en el cual se determina el contenido de producto expresado en peso del mismo, también este empaque garantiza la inocuidad y conservación de los productos.
 - Empaque secundario: consiste en cajas de tipo plegadiza, su finalidad es dar presentación al producto para unidades de venta. Se omite en el caso de productos a granel.
 - Empaque terciario: consiste en cajas de corrugado cuya finalidad es permitir la manipulación y protección del producto para su transporte y distribución.

En esta misma etapa se realiza la codificación de los productos declarando fecha de vencimiento y demás información necesaria para una adecuada trazabilidad; dicha codificación se realiza tanto en empaque primario como en terciario.

- **Cuarentena y análisis:** se realiza el aislamiento del producto para evitar riesgo de liberación errónea del producto, es decir, despacharlo o distribuirlo sin haber completado sus análisis microbiológicos y fisicoquímicos. Dependiendo del producto, este periodo puede durar de 24 a 60 horas. Durante dicho tiempo se realizan dos tipos de análisis:

- **Análisis fisicoquímicos:** los cuales contemplan las mismas variables antes mencionadas, pero además, también se realiza medición de pesos por ser un requisito legal así como una característica declarada en los empaques y que también es clave para la productividad y el costo de los productos.
- **Análisis microbiológicos:** los microorganismos a analizar dependen del tipo de producto.
- **Liberación y despacho:** cumplido el tiempo de cuarentena, y si todos los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y análisis de atributos están dentro de especificaciones, el producto se libera y es enviado a distribución. Si existe algo que no está dentro de especificación, el producto es tratado como “Producto No Conforme”.

Estas etapas se describen en el diagrama de flujo de la Figura 5.

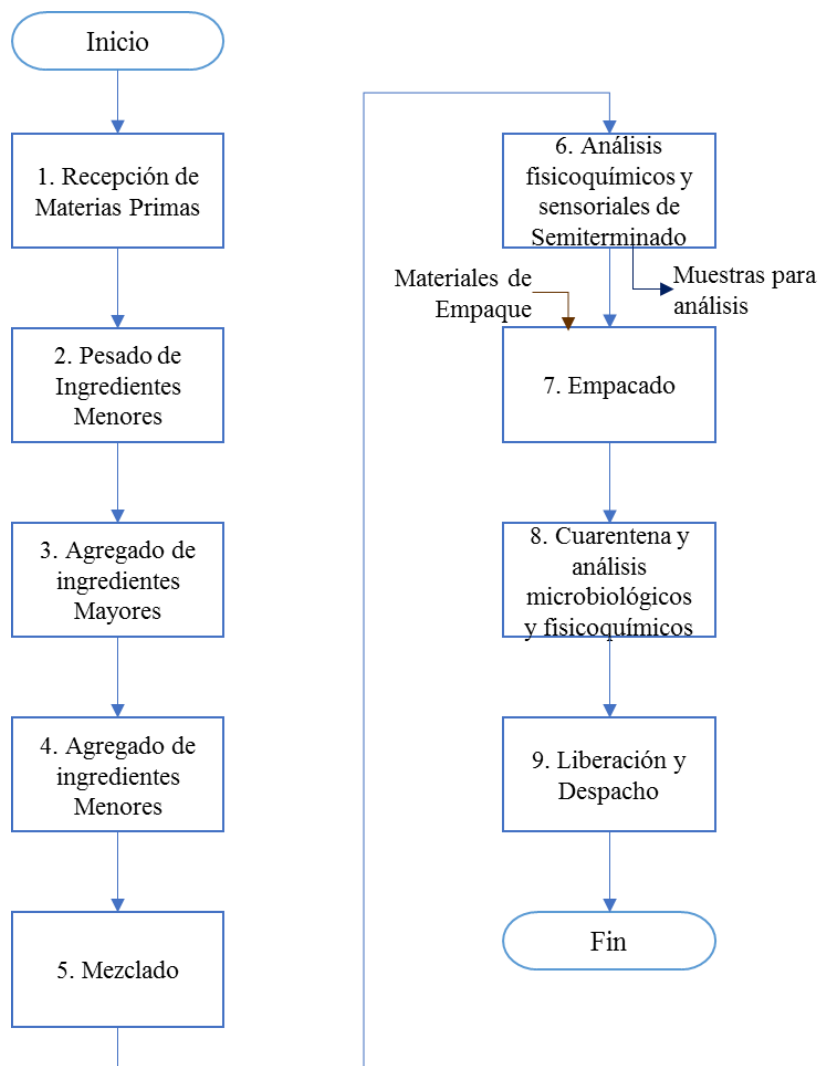


Figura 5: Diagrama de Flujo del Proceso de fabricación de Productos Deshidratados

➤ **Proceso de fabricación de productos grasos.**

- **Recepción de materias primas:** se realiza el mismo proceso que en la recepción de materias primas de los Productos Deshidratados, la única diferencia son las características a evaluar.
- **Preparación de mezcla:** se prepara una mezcla de diferentes aceites, sal y agua según la receta del producto que se está fabricando. Esta mezcla considera ingredientes “mayores” únicamente, es decir, los ingredientes de mayor proporción en la formulación, los cuales constituyen la base del producto.
- **Preparación de ingredientes menores:** los ingredientes minoritarios en el producto son pesados según las recetas establecidas, generando con ellos una mezcla la cual es agregada a la mezcla de ingredientes mayores.
- **Residencia de las mezclas:** una vez agregadas las mezclas de ingredientes mayores y de ingredientes menores, estas pasan un periodo de residencia en tanque para lograr su homogenización por medio de temperatura, tiempo y agitación. En esta etapa se toma una muestra para verificar parámetros fisicoquímicos (peróxido, porcentaje de sal, porcentaje de humedad/grasa).
- **Enfriamiento y cristalización⁶:** este proceso ocurre en un intercambiador de calor, el cual tiene como función sustraer el calor de la mezcla de producto semiterminado para generar una cristalización de grasas con el fin de obtener las propiedades finales del producto. En esta etapa se toma una muestra para medir algunas variables (consistencia, humedad, peróxidos) y evaluar atributos antes de empaquetar el producto.
- **Empaque:** el producto que ya ha adquirido sus propiedades finales es empaquetado en presentaciones de barras o tarros. También es embalado en empaque secundario plegadizo y empaque terciario corrugado. En esta etapa se realizan mediciones de peso (cantidad de producto) al pie de máquina.
- **Cuarentena y análisis:** durante esta etapa el producto terminado es retenido para evitar riesgo de liberación errónea del producto, es decir, despacharlo o distribuirlo sin haber completado sus análisis microbiológicos y fisicoquímicos. Se realizan los siguientes análisis:
 - Análisis fisicoquímicos: además de las variables

⁶ Cristalización: proceso por medio del cual las cadenas de ácidos grasos, al enfriarse, se alinean y forman una estructura compacta llamada cristal. También es conocido como “endurecimiento de las grasas”.

- Análisis sensoriales: se analizan los mismos atributos que para los productos deshidratados.
- Análisis microbiológicos: según los microorganismos especificados para los productos.
- **Liberación y despacho:** cumplido el tiempo de cuarentena, y si todos los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y análisis de atributos están dentro de especificaciones, el producto se libera y es enviado a distribución. Si existe algo que no está dentro de especificación, el producto es tratado como No Conforme.

Estas etapas se describen en el siguiente diagrama de flujo

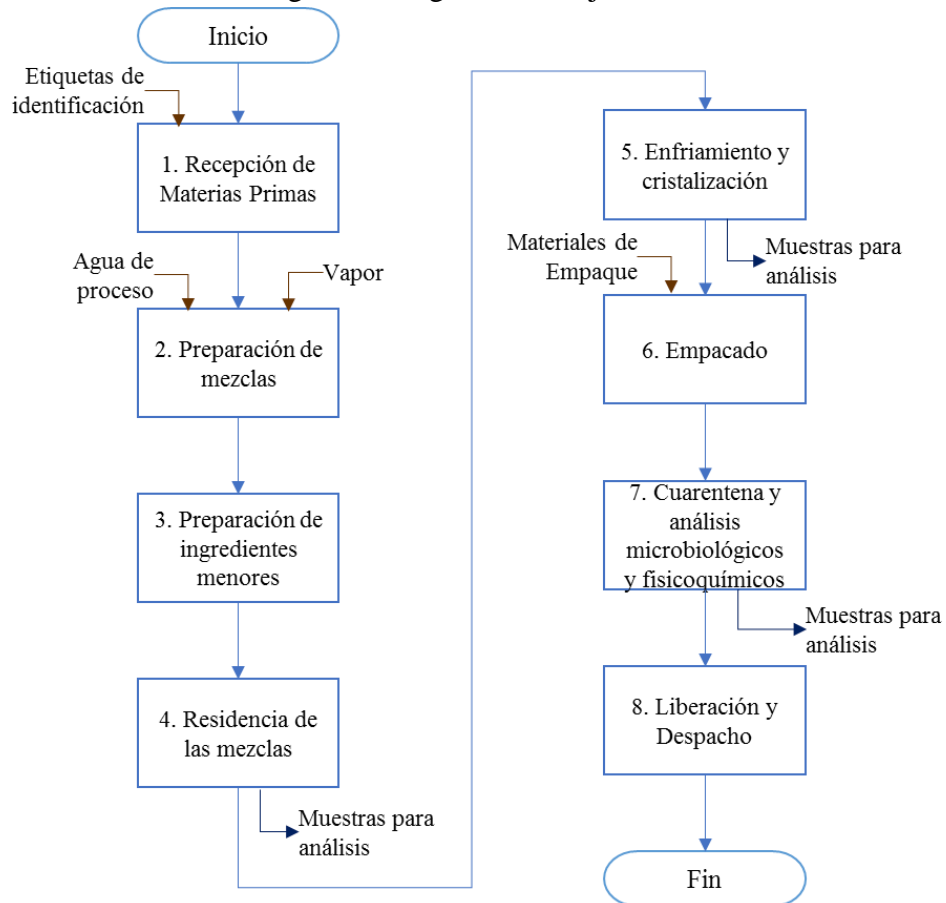


Figura 6: Diagrama de flujo de fabricación de Productos Grasos

3.3 PRODUCTOS CLAVES PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

Si bien el Control Estadístico de Procesos debe de aplicarse a todos los productos, es importante enfocar esfuerzo en aquellos productos claves para la organización, ya sea por volumen o por requisitos de los clientes.

A continuación se presentan las tablas y gráficos de Pareto para las dos categorías de productos fabricados en la organización en análisis. Cabe aclarar que por motivos de confidencialidad no se incluye la descripción de los productos y éstos se han identificado con una codificación al azar. Asimismo la cantidad de producto corresponde a un volumen de producción durante el año 2016, el cual se ha alterado por un factor para guardar la confidencialidad de la información.

Tabla 4: Volúmenes de producción por tipo de producto – Planta Deshidratados			
Código de producto	Cantidad	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
3774	160.60	28.47%	28.47%
7012	65.44	11.60%	40.07%
3655	55.35	9.81%	49.89%
6004	54.99	9.75%	59.63%
6003	31.93	5.66%	65.29%
5949	18.80	3.33%	68.63%
3654	18.11	3.21%	71.84%
7033	16.67	2.96%	74.79%
2865	16.51	2.93%	77.72%
6006	13.20	2.34%	80.06%
9906	13.03	2.31%	82.37%
8812	11.53	2.04%	84.41%
3673	9.05	1.60%	86.02%
3655	8.72	1.55%	87.56%
7311	8.05	1.43%	88.99%
7600	7.30	1.29%	90.29%
9905	6.35	1.13%	91.41%
9889	4.34	0.77%	92.18%
6020	4.21	0.75%	92.93%
3886	3.96	0.70%	93.63%
9094	3.46	0.61%	94.24%
3671	3.28	0.58%	94.82%
4131	3.12	0.55%	95.38%
3867	3.02	0.54%	95.91%
7889	2.94	0.52%	96.43%
Otros*	20.11	3.57%	100.00%
Total	564.07		

* Nota: se agruparon en esta categoría un total de 15 productos cuyo porcentaje individual respecto al volumen de producción es menor al 0.5% ya que al graficarlos individualmente no permiten una gráfica adecuada.

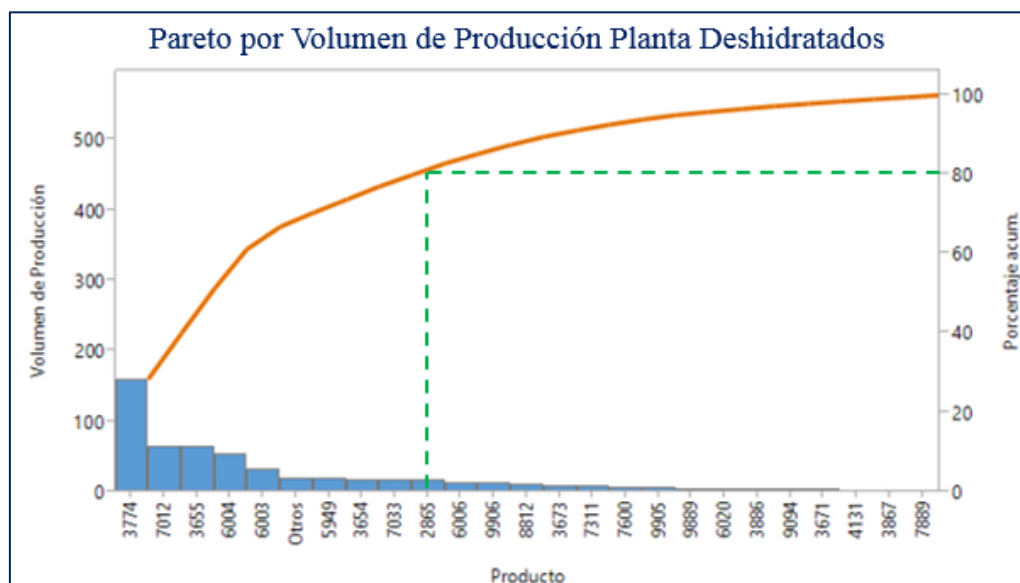


Figura 7: Gráfico de Pareto para los Productos Deshidratados

Se observa en la gráfica anterior que el 80% de la producción de Deshidratados está concentrada en los primeros 10 productos, por lo tanto, estos serán los productos claves para la organización.

- **Análisis de Pareto para productos grasos:**

La Tabla 5 muestra los volúmenes de producción por tipo de producto para los productos grasos, mientras que la Figura 8 muestra la gráfica de Pareto de dichos productos.

Tabla 5: Volúmenes de producción por tipo de producto – Planta Grasos			
Código de producto	Cantidad	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
5210	323.36	51.32%	51.32%
5207	109.88	17.44%	68.76%
5211	55.57	8.82%	77.58%
5280	36.60	5.81%	83.39%
5290	22.05	3.50%	86.89%
5231	17.59	2.79%	89.68%
3221	16.91	2.68%	92.37%
3240	13.45	2.13%	94.50%
6344	13.22	2.10%	96.60%
2591	9.60	1.52%	98.12%

2522	6.72	1.07%	99.19%
8860	4.31	0.68%	99.87%
2520	0.80	0.13%	100.00%
Total	630.053		

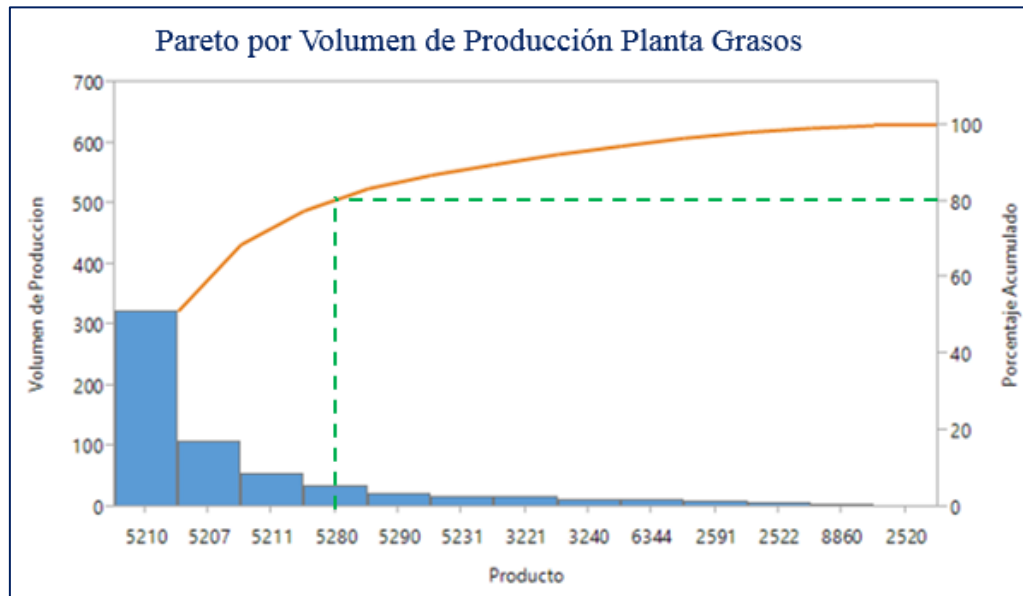


Figura 8: Gráfico de Pareto para productos grasos

Puede observarse que el 80% de la producción de la Planta Grasas está constituido por los primeros 4 productos.

3.4 VARIABLES CLAVES PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

Un producto o proceso puede tener una determinada cantidad de variables, sin embargo, no todas las variables tienen igual importancia para los resultados del producto, ya sea por requisitos del cliente o por requisitos de la organización. Una forma sencilla de clasificar las variables por su importancia es en variables de tipo “CTQ” y variables de “seguimiento” a saber:

- **Variables CTQ (Critical to Quality) o Críticas Para la Calidad:** son variables que inciden directamente en la calidad de los productos, ya sea por desempeño de éstos, inocuidad, requisitos legales o por la percepción que los clientes o consumidores puedan tener. Estas variables requieren, además de un monitoreo y registro, la implementación de control estadístico para garantizar productos estables en el tiempo.

- **Variables de seguimiento:** son variables que, si bien pueden medirse, no son críticas para la calidad de los productos o no se pueden controlar por lo cual requieren únicamente un monitoreo. Estas variables pueden medirse y registrarse, pero generalmente, no son consideradas para un control estadístico de procesos.

Esta clasificación aplica tanto para variables de proceso como para variables de producto. Cabe aclarar que existen variables que se miden en producto semiterminado en una o varias etapas del proceso como un control del producto en proceso.

A continuación se presentan las variables de proceso y de producto clasificadas de acuerdo a estas dos categorías.

➤ **Variables claves para productos deshidratados**

Tabla 6: Clasificación de variables de productos terminados deshidratados			
Nombre de la variable	Tipo	Etapas	Justificación
Peso (contenido del sobre)	CTQ	Producto	Requisitos legales / percepción de clientes o consumidores
Porcentaje de sal (como NaCl)	CTQ	Proceso / Producto	Requisitos legales / percepción de clientes o consumidores
Actividad de agua	CTQ	Producto	PCC ⁷ por inocuidad
Porcentaje de humedad	CTQ	Proceso / Producto	Requisitos legales / percepción de clientes o consumidores
Tiempo de mezcla	CTQ	Proceso	Afecta variables y atributos del producto terminado
Humedad Relativa	CTQ	Proceso	Afecta variables y atributos del producto terminado
Densidad del polvo	Seguimiento	Proceso	Afecta únicamente maquinabilidad
Velocidad de mezclado	Seguimiento	Proceso	Variable automatizada en PLC del equipo de mezclado
Tiempo de mezclado	Seguimiento	Proceso	Variable automatizada en PLC del equipo de mezclado

⁷ PCC: Punto Crítico de Control, etapa en la que se puede aplicar un control y que es esencial para prevenir o eliminar un peligro relacionado a la inocuidad de los alimentos o para reducirlo a un nivel aceptable.

De acuerdo con la Tabla 6, para los productos deshidratados, se estarían considerando 4 variables de producto de tipo CTQ y 4 variables de proceso de tipo CTQ. Las variables “densidad del polvo”, “velocidad de mezclado” y “tiempo de mezclado”, no entrarían a los indicadores de control estadístico de proceso.

➤ **Variables claves para productos grasos**

Tabla 7: Clasificación de variables de productos terminados grasas			
Nombre de la variable	Tipo	Etapa	Justificación
Peso (contenido del producto)	CTQ	Producto	Requisitos legales / percepción de clientes o consumidores
Porcentaje de sal (como NaCl)	CTQ	Producto / Proceso	Requisitos legales / percepción de clientes o consumidores
Porcentaje de grasa	CTQ	Producto / Proceso	Requisitos legales / percepción de clientes o consumidores
Índice de Peróxidos	CTQ	Producto / Proceso	Requisitos legales / percepción de clientes o consumidores
pH	CTQ	Proceso / Producto	Requisitos legales / percepción de clientes o consumidores
Temperatura de mezclado	CTQ	Proceso	Afecta propiedades del producto
Temperatura de enfriamiento	CTQ	Proceso	Afecta propiedades del producto
Consistencia antes de empacado	CTQ	Proceso	Afecta peso (contenido del producto) y maquinabilidad
Color amarillo	Seguimiento	Producto	No se controla, depende únicamente de materia prima
Color rojo	Seguimiento	Producto	No se controla, depende únicamente de materia prima

Para el caso de los productos grasos, se tienen 5 variables CTQ para producto, mientras que para proceso son 7 variables CTQ. En el caso del color amarillo y color rojo, por ser variables de seguimiento, no estarían entrando al control estadístico de procesos.

3.5 CAPACIDAD ACTUAL

Actualmente, la Organización registra en copia dura y en sistema los resultados de las variables de producto terminado. Mensualmente se calculan los índices Cp y Cpk para los productos.

La Tabla 8 y la Tabla 9, muestran los resultados de Cp y Cpk de la organización correspondientes al periodo de 6 meses indicado en la Sección 3.3 para producto terminado.

Tabla 8: Índices de Capacidad de Producto Terminado – Planta Deshidratados								
Código de producto	Aw		% Sal		Humedad		Pesos	
	Cp	CpK	Cp	CpK	Cp	CpK	Cp	CpK
3774	1.75	1.26	2.07	2.03	1.37	0.81	0.89	0.24
7012	2.89	1.45	1.83	1.39	2.08	1.92	1.96	1.81
3655	2.06	1.76	1.50	1.15	0.46	0.27	1.04	0.81
6004	2.78	2.44	5.19	2.34	1.55	1.18	1.47	0.94
6003	1.96	1.76	1.40	1.10	1.31	1.14	1.11	0.79
5949	2.89	2.82	2.49	1.22	1.28	1.18	1.40	1.15
3654	2.41	1.90	1.99	1.92	1.72	1.46	1.20	1.01
7033	2.04	1.71	1.99	1.39	0.99	0.90	0.96	0.85
2865	3.19	2.75	2.15	1.43	0.88	0.82	1.16	0.37
6006	3.89	3.86	1.90	1.36	1.30	1.08	1.12	0.40
9906	4.84	4.41	4.80	4.08	2.41	1.60	2.08	0.92
8812	3.04	2.62	3.38	2.54	2.98	1.65	1.96	1.49
3673	2.00	1.99	2.04	1.60	2.33	1.50	1.04	1.02
3655	2.13	1.68	1.95	1.09	1.61	0.93	1.08	1.04
7311	2.28	2.20	1.86	1.50	1.66	0.50	1.33	1.29
7600	2.42	2.14	2.47	2.91	1.25	1.08	2.75	1.89
9905	2.04	1.98	1.92	1.72	2.26	1.15	1.04	1.03
9889	1.71	1.53	1.58	1.54	4.35	3.79	1.10	0.70
6020	1.57	1.45	1.86	1.41	4.60	1.38	1.08	0.96
3886	1.86	1.75	1.85	1.03	2.53	1.79	0.95	0.94
9094	2.13	1.72	2.91	2.87	2.08	1.52	1.02	0.54
3671	1.69	1.62	3.17	2.90	1.92	1.52	0.69	0.95
4131	3.14	2.93	2.93	2.73	1.96	1.50	1.23	0.63
3867	2.45	2.12	1.85	1.83	1.15	0.88	1.24	1.23
7889	2.50	2.26	2.29	2.16	2.12	1.46	1.19	0.47

Tabla 9: Índices de Capacidad de Producto Terminado – Planta Grasos								
Código de producto	Peróxidos		% Sal		% Grasa		Pesos	
	Cp	CpK	Cp	CpK	Cp	CpK	Cp	CpK
5210	3.21	2.30	2.05	1.54	1.57	1.06	1.07	0.88
5207	1.84	1.65	1.65	1.71	2.15	2.06	0.99	0.87
5211	2.97	2.13	1.77	1.49	2.60	2.59	1.56	1.36
5280	1.63	1.38	1.54	1.21	2.36	2.08	0.86	0.34
5290	1.70	1.55	1.44	1.27	1.47	1.23	1.29	1.22
5231	1.83	1.70	1.71	1.22	1.27	0.94	1.52	1.33
3221	1.50	1.47	2.48	2.06	1.12	1.11	1.23	1.21
3240	1.60	1.43	2.95	1.38	1.47	1.06	1.61	1.36
6344	2.25	2.08	1.59	1.08	1.25	1.09	1.24	1.19
2591	3.59	2.55	2.96	2.95	1.15	1.08	1.30	1.15
2522	1.61	1.55	3.15	2.78	1.13	1.06	1.17	1.07
8860	6.45	4.15	3.02	2.40	1.29	0.93	1.19	1.11
2520	1.98	1.97	2.66	1.54	1.27	1.03	1.19	1.14

En las tablas anteriores se han marcado en color rojo los valores de Cp y CpK que menores o iguales a 1.33; puede observarse que, tanto para los productos deshidratados como para los productos grasos, las mayores oportunidades de incrementar la capacidad de los procesos se encuentra en el peso o contenido de los productos. Las variables relacionadas a inocuidad se encuentran con capacidad adecuada.

Asimismo, se observa que en algunos casos, además de oportunidades en la estabilidad de los procesos ($Cp < 1.33$), existe oportunidad en el centrado de éstos, lo cual se evidencia con valores del CpK menores o mucho menores que el Cp.

Pese a lograr obtener estos índices, es dificultoso poder tener un panorama general de la situación de la planta en cuanto a capacidad de los procesos.

3.6 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA – DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

La organización cuenta con un sistema de gestión robusto enfocado en el cumplimiento de su política de calidad e inocuidad de los productos. Por tratarse del rubro de alimentos, la inocuidad es un factor fundamental para asegurar la continuidad del negocio. En este sentido, los esfuerzos se han enfocado primordialmente en asegurar las condiciones de seguridad de los productos.

Para ello se cuenta con una estructura sólida en el área de Calidad, así como con certificaciones internacionales al respecto. Si bien la calidad es una decisión estratégica para esta compañía, y como tal se busca proteger las marcas y ofrecer a los clientes y consumidores productos que les brinden una experiencia satisfactoria, actualmente no se cuenta con una herramienta de medición y monitoreo de la capacidad de los procesos en términos estadísticos de cumplimiento de las especificaciones.

Además de esta situación, la organización se encuentra atravesando una situación de cambio en cuanto a su modelo de gestión y operación ya que se está implementando un nuevo modelo de producción el cual exige la medición de la capacidad de los procesos como fuentes de información para el monitoreo y mejora de los KPIs generales de la planta.

Si bien existe un sistema de gestión de calidad y de inocuidad de los alimentos, así como un buen registro de la información, el hecho de carecer de una visualización de la capacidad de los procesos genera algunos inconvenientes tales como:

- Enfoque del monitoreo y medición de las variables únicamente para decisión de uso de los productos (aceptación / rechazo) y no para la mejora de los mismos.
- Falta de visualización de oportunidades de mejora en el proceso, como por ejemplo, corrección de pesos de producto lo cual puede generar sobrecostos o rechazos.
- Falta de visualización de oportunidades de mejora en los procesos; puesto que no se tiene visibilidad del desempeño de los procesos, no es posible realizar ajustes en especificaciones.
- Falta de enlace entre el control técnico del proceso y el control estadístico que permita aumentar la capacidad de los mismos.
- Falta de análisis de la información disponible. Se cuenta con buen registro de los datos de los productos, pero no con un análisis robusto que permita alimentar los indicadores de desempeño de la organización.

4 DISEÑO

4.1 CONCEPTUALIZACIÓN DEL DISEÑO

La idea principal del diseño propuesto, es generar un tablero que permita monitorear el Control Estadístico de Procesos (CEP), por tal razón, deberá de contener indicadores que, en un mismo número, muestren el resumen de la información. Es decir, un análisis estadístico a profundidad –como por ejemplo un Estudio de Capacidad– no es adecuado para mostrar en un tablero de indicadores o en una revisión gerencial; por el contrario, índices generales de cumplimiento sí son adecuados a tal fin y pueden comentarse en reuniones de avance o de revisión de resultados de la planta.

Puesto que se requiere manejar KPI's⁸ y KAI's⁹, y considerando que la implementación del Control Estadístico de Proceso en la organización considera el monitoreo de indicadores reactivos y preventivos, se considerará:

- CEP de variables de proceso: indicadores tipo KAI. Las variables de proceso sirven para asegurar los resultados de los productos, por lo tanto su carácter es preventivo. Asimismo, éstas son las variables sobre las que el personal operativo puede tomar acción para obtener un determinado resultado en los productos, razón por la cual se considera un KAI.
- CEP de variables de producto: indicadores tipo KPI. Al medirse en el final de los procesos, las variables de producto son del tipo reactivo, es decir, su análisis ocurre hasta que los productos han sido fabricados. Su CEP se considerará como indicador de desempeño ya que es el resultado final de los procesos.

Esto se esquematiza en la Figura 9.

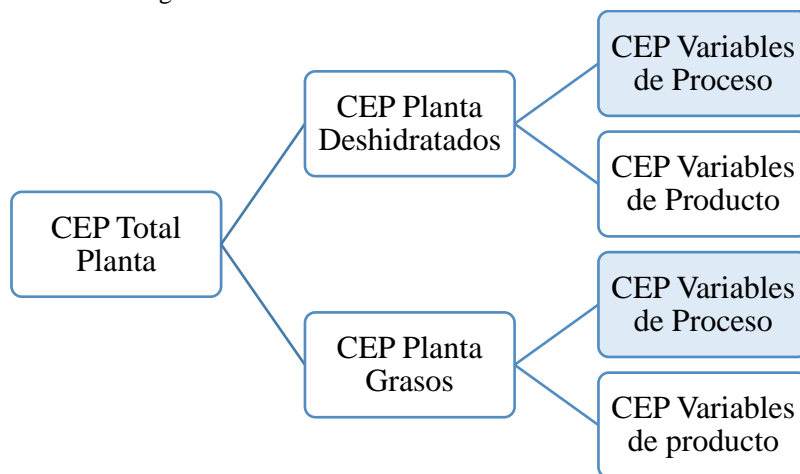


Figura 9: División de indicadores CEP para variables de proceso y producto

⁸ KPI: Indicador Clave de Desempeño, por sus siglas en inglés.

⁹ KAI: Indicador Clave de Actividad, por sus siglas en inglés.

4.2 INDICADORES CEP PARA VARIABLES DE PRODUCTO

De acuerdo con lo descrito en la sección anterior, se requiere generar indicadores que muestren el “estado de salud” de los procesos en consideración de su capacidad. Es decir, presentar una vista general de la capacidad de una línea, área o del total de la planta.

Puesto que los índices de capacidad (Cp o CpK) se calculan de modo individual para cada variable y para cada proceso, éstos no son adecuados para visualizar el “estado de salud” de un proceso, pero sí son uno de los insumos para determinar dichos indicadores.

Una forma adecuada de conocer si una unidad de análisis¹⁰ posee una capacidad adecuada, es decir, si tiene un buen Control Estadístico de Procesos, es a través de “Porcentajes de Cumplimiento”, los cuales se basan en un ratio que indica qué nivel de satisfacción que una serie de variables o elementos logran respecto a una condición o requisito determinado.

Para tal efecto, un porcentaje de cumplimiento se expresa como:

$$\% \text{ Cumplimiento} = \frac{\# \text{ de elementos que cumplen una determinada condición}}{\# \text{ Total de elementos a considerar}}$$

Con base en esta definición, se proponen los siguientes indicadores de Control Estadístico de Proceso para Producto Terminado:

- **Porcentaje de cumplimiento de un producto:** indica qué tanto un producto está en control estadístico o no, considerando la totalidad de sus variables catalogadas como “CTQ”. Es un indicador del estado de salud del producto en sí mismo. Éste indicador aplica únicamente para cada producto de forma individual. Este indicador se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cumplimiento de un producto} = \frac{\text{Cantidad de variables CTQ que cumplen Cp}}{\text{Total de variables CTQ}}$$

Fórmula 8: Cálculo del Porcentaje de Cumplimiento de un indicador CEP para un producto

En caso de que un producto sea fabricado en varias líneas de producción, lo recomendable es calcular el indicador para este producto en cada línea (indicadores individuales) y no un solo indicador para el producto en todas las líneas.

¹⁰ Unidad de análisis: unidad sobre la cual se desea conocer, analizar y controlar su Control Estadístico de Proceso. Puede ser ésta un producto, línea de producción o planta de producción.

- **Porcentaje de cumplimiento de una línea:** indica qué tan capaz es una línea/máquina de fabricar todos los productos que se le han asignado. Este indicador considera la totalidad de los productos fabricados en una línea, basándose en el aporte individual que cada producto hace a la línea, por lo cual, se calcula tomando en cuenta el peso relativo de cada producto según su volumen de producción.

$$\% \text{ Cumplimiento de línea} = \frac{\sum_i^n \text{Cumplimiento Producto}_i \times \text{Volumen de Producción}_i}{\text{Total de Volumen de Producción de línea}}$$

Fórmula 9: Cálculo del Porcentaje de Cumplimiento de un indicador CEP para una línea de producción

$$\% \text{ Cumplimiento Planta} = \frac{\sum_i^n \% \text{ Cumplimiento línea}_i \times \text{Volumen de Prod Línea}_i}{\text{Total de la Producción de todas las Líneas}}$$

Fórmula 10: Cálculo del Porcentaje de Cumplimiento de un indicador CEP para el total de la planta

Es importante considerar el volumen de producción en estos indicadores ya que así se obtendrá un valor más fiel a la realidad de la Planta.

Por lo tanto, a nivel de Planta se estarán considerando 2 indicadores para variables de producto:

- Porcentaje de Cumplimiento de Cp
- Porcentaje de Cumplimiento de CpK

Por ejemplo, para la Planta de Grasos, los Porcentajes de Cumplimiento de Cp y CpK calculados con la información proporcionada en las secciones 3.3 y 3.5 son 76% y 57% respectivamente. El detalle del cálculo de estos indicadores, conforme a lo explicado en esta sección, puede verse en el Anexo 1.

4.3 INDICADORES CEP PARA VARIABLES DE PROCESO

Los mismos indicadores de Control Estadístico de Proceso descritos para el producto terminado podrían considerarse para las variables de proceso, sin embargo, es importante tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Existen variables de proceso que son comunes a los productos a fabricar en cada categoría, tal es el caso de temperaturas.
- Algunas frecuencias de monitoreo de variables de proceso no corresponden a la frecuencia de monitoreo de las variables de producto. Esto se debe a la diferencia de unidades de producción. Por ejemplo, el producto terminado se analiza de acuerdo con la cantidad de cajas producidas mientras que las variables de proceso de acuerdo con el tamaño de los “batches” o tandas a fabricar o con una frecuencia basada en tiempo, por ejemplo, análisis cada 4 horas (2 veces al turno).

- Existen algunas variables de proceso que son medidas en una etapa previa a las formulaciones individuales de cada producto, es decir, como un paso previo común a varios productos.

Esta última característica provoca que, en los casos de las variables que son comunes a varios productos y que además su frecuencia es en función del tiempo, muchas veces no es posible determinar cuáles mediciones correspondieron a determinados productos, por lo tanto, los indicadores de CEP para variables de proceso se calcularían de manera simple sin considerar el peso relativo que cada producto tendría, es decir, se realizaría un cálculo de cumplimiento simple no ponderado con el volumen de producción.

Basados en estas consideraciones, la Fórmula 11 muestra el cálculo del porcentaje de cumplimiento para las variables de proceso.

$$\% \text{ Cumplimiento} = \frac{\# \text{ de variables de proceso que cumplen } Cp \text{ o } CpK > 1.33}{\# \text{ Total de variables de proceso a considerar}}$$

Fórmula 11: Cálculo de porcentaje de cumplimiento de un Indicador CEP para variables de proceso

4.4 FLUJO DE INFORMACIÓN PARA LA GENERACIÓN DE INDICADORES DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS

Para la generación de los Indicadores CEP es necesario definir un flujo de información adecuado el cual se muestra en la Figura 10.

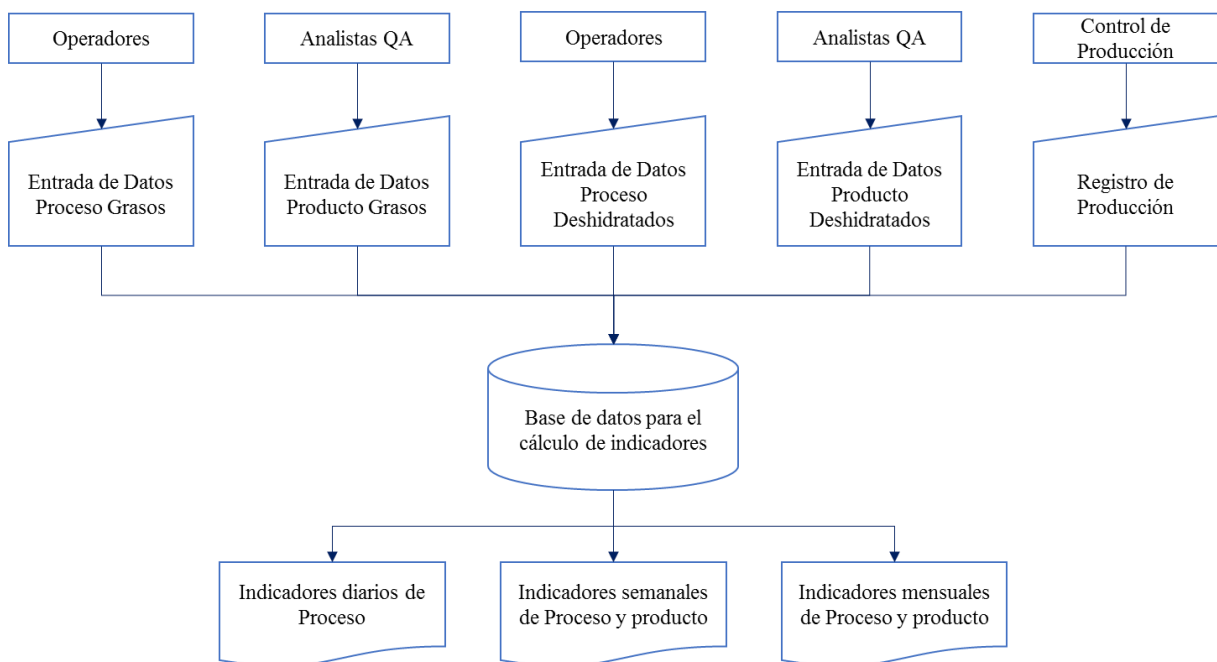


Figura 10: Flujo de información para la generación de Indicadores CEP

Dicho flujo define tres etapas:

1. **Captura e ingreso de los datos:** la cual dependerá del tipo de indicador a analizar, es decir, si es información de variables de proceso o de variables de producto, las cuales serán ingresadas por los operadores o analistas de calidad respectivamente. En esta etapa los operadores o analistas deberán ingresar la información pertinente como resultados de la lectura de las variables de proceso (por ejemplo, lectura de temperatura en PLC) o de los análisis de producto. Es decir, esta etapa consiste únicamente en el ingreso de la información sin ningún procesamiento.
2. **Almacenamiento de la información:** la cual deberá de hacerse en una base de datos robusta y dinámica que permita el cálculo automatizado de los indicadores.
3. **Extracción y presentación de la información:** en esta etapa, los usuarios de los Indicadores CEP podrán extraer la información en forma de reporte, es decir, como indicadores ya calculados y un reporte gráfico como el que se muestra en la sección 4.6.

4.5 MONITOREO DE LOS INDICADORES CEP

Para que el tablero de indicadores sea efectivo, éste debe de incorporarse a las revisiones periódicas de desempeño de la organización. La Figura 11 muestra la escalera de reuniones implementada por la Organización y los tipos de indicadores CEP a revisar en cada una de ellas.

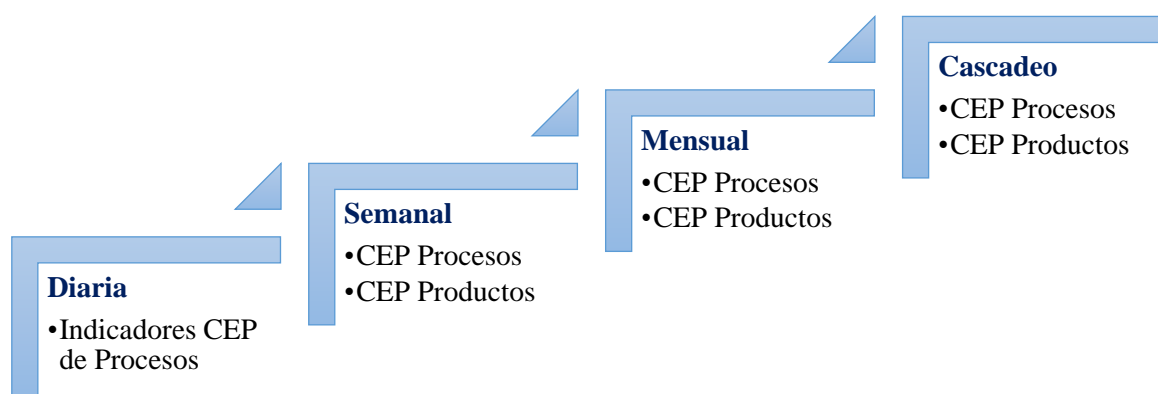


Figura 11: escalera de reuniones para la revisión del desempeño

De acuerdo con esta escalera de reuniones el monitoreo de los indicadores CEP se realizaría de la siguiente forma:

- **Seguimiento diario:** en la reunión del Sistema Operativo de la Planta, la cual consiste en una reunión diaria con participación de los coordinadores o representantes de las áreas de la organización, pero principalmente con participación de. En dicha reunión se revisan diariamente los resultados de la Planta y las acciones a tomar en corto plazo de acuerdo a ellos. En esta reunión se revisarían los KAIs de CEP, es decir, los cumplimientos de las variables de proceso. En la misma sugerimos discutir y analizar también las acciones previamente tomadas para solventar la pérdida de capacidad, en casos cuando hubo incumplimiento en el Cp de variables puntuales.
- **Seguimiento semanal:** a través de las reuniones semanales en las cuales se revisan los principales indicadores claves de actividad y desempeño de las diferentes áreas. En estas reuniones participan todos los Coordinadores de la organización, y en ellas también pueden participar los Jefes y Gerentes de las diferentes áreas. En este foro, respecto al CEP, se revisarían indicadores de proceso y de producto relativos a la semana en discusión. En la misma sugerimos destacar también las mejoras, es decir acciones tomadas y sus resultados para elevar capacidades puntuales y sobretodo discutir y analizar si hubiesen Cp de frecuente incumplimiento (análisis de tendencias).
- **Seguimiento Mensual:** se realizaría en la reunión mensual del Equipo Primario para revisión de resultados. En este foro se revisarían tanto KAIs (variables de proceso) como KPIs (variables de producto), siendo el foco el análisis de resultados de las acciones implementadas a partir de las reuniones diarias y semanales, así como la definición de estrategias o planes de acción para los indicadores que no han logrado ser mejorados a través de las acciones tomadas a partir de la revisión en reuniones diarias y semanales.
- **Divulgación en cascadeos:** los cascadeos son reuniones mensuales en la cual el Equipo de Liderazgo (Gerencias / Coordinaciones) presenta los resultados de la Organización a todo el personal operativo y administrativo. En este foro se realizaría una presentación general de los resultados mensuales de CEP tanto para producto como para proceso. Es una reunión de carácter informativa no de discusión de resultados o planes de acción.

4.6 PRESENTACIÓN DEL TABLERO DE INDICADORES CEP

Un requisito clave para que el Tablero de Indicadores CEP sea funcional, es que éste presente una interfaz amigable para el usuario, es decir, que sea de fácil visualización y comprensión. Para ello, se propone el establecimiento de gráficos tipo “velocímetro” como se muestra en la Figura 12. Dichos gráficos están seccionados con tres zonas a analizar.

- Zona roja: cuando el indicador en cuestión no logra alcanzar el objetivo mínimo de cumplimiento.
- Zona amarilla: cuando el indicador en revisión alcanza el objetivo mínimo de cumplimiento pero no excede el objetivo ideal de cumplimiento.
- Zona verde: cuando el indicador en análisis excede el objetivo ideal de cumplimiento.

Para el tablero mostrado en la Figura 12, se muestran los gráficos descritos tanto para Cp y CpK de la Planta de Deshidratados y de la Planta de productos Grasos. En dichos gráficos se muestra, como ejemplo, un 75% como objetivo alcanza y un 85% de cumplimiento como objetivo excede.

El tablero mostrado en la Figura 12 es la concreción visual de la propuesta de monitoreo de Control Estadístico de Proceso. Adicional a los gráficos mostrados en el tablero, pueden implementarse gráficos de tendencia (como gráficos de línea o de columna) si se requiere hacer una revisión más profunda, por ejemplo, en el foro de revisión mensual del Equipo de Liderazgo de la organización.

Aseguramiento de Calidad

Capacidad de Procesos

- Deshidratados

% Cp - Productos Deshidratados



% Cpk - Productos Deshidratados



- Grasos

% Cp - Productos Grasos



% Cpk - Productos Grasos



- Otros Indicadores de Calidad

Figura 12: Diseño visual e incorporación de indicadores CEP al tablero de KPIs de Calidad

4.7 TENDENCIAS DE INDICADORES

A continuación, las *Figura 13* y *Figura 14* muestran los porcentajes de cumplimiento de Cp y Cpk para la planta de Deshidratados y la Planta de Grasos. Estos porcentajes de cumplimientos se han calculado utilizando la Fórmula 9 aplicada para la totalidad de cada una de las plantas.

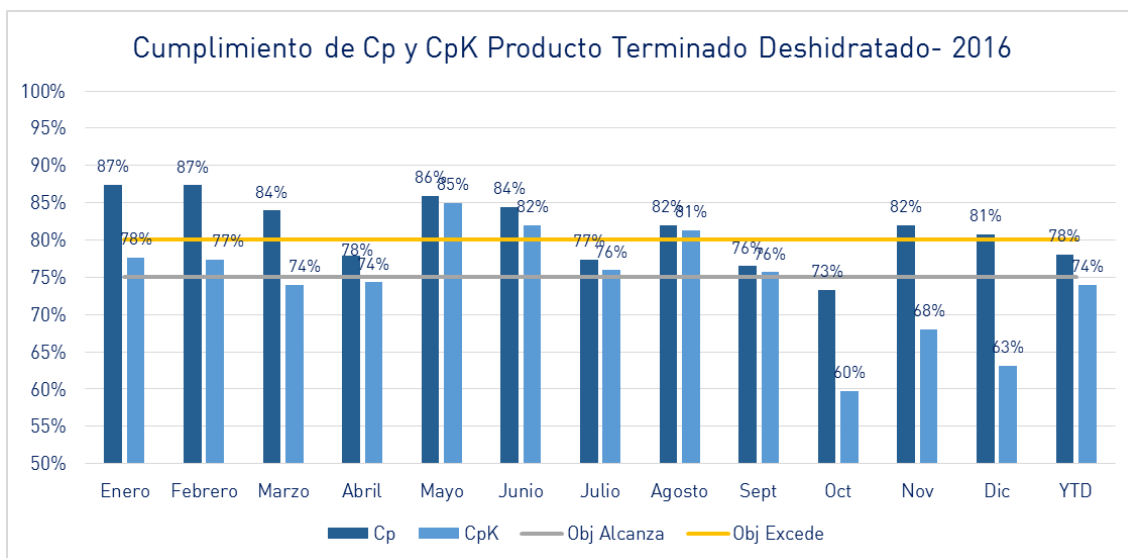


Figura 13: Cumplimiento de Cp y Cpk Producto Terminado Deshidratado 2016
Fuente: Elaboración Propia

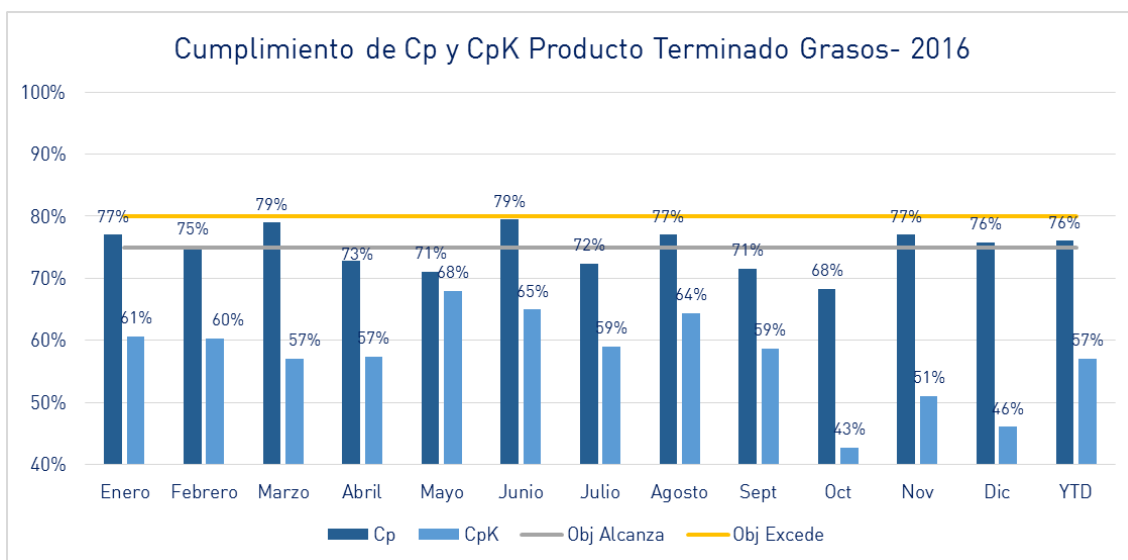


Figura 14: Cumplimiento de Cp y Cpk Producto Terminado Grasos 2016
Fuente: Elaboración Propia

En el caso de la planta de Deshidratados, se observa que existe una diferencia de 4 puntos porcentuales entre el Cp y Cpk total del año. Esto indica que existe un leve descentrado del

proceso. Similar situación se observa para la Planta de Grasos, pero con una mayor diferencia, en este caso 13 puntos porcentuales.

En ambas plantas, se observa que existe una disminución significativa en los cumplimientos de CpK entre los meses de octubre y diciembre. Esto se debe a cambios en el rango de algunas especificaciones de productos significativos en ambas plantas, especialmente en los pesos de producto (cantidad de producto declarada), tal como puede evidenciarse en las Tabla 8 y Tabla 9.

➤ **Porcentaje de Cumplimiento de Cp y CpK Total Planta**

La Figura 15 muestra los gráficos de cumplimiento de Cp y CpK del 2016 el total de la Planta según el cálculo mostrado. Se observa que, consecuentemente con los indicadores parciales de ambas plantas mostrados en las Figura 13 y Figura 14, a nivel total planta existe una diferencia significativa de 13 puntos porcentuales entre el porcentaje de cumplimiento de Cp y CpK, esto indica que existe un problema de centrado de los procesos.

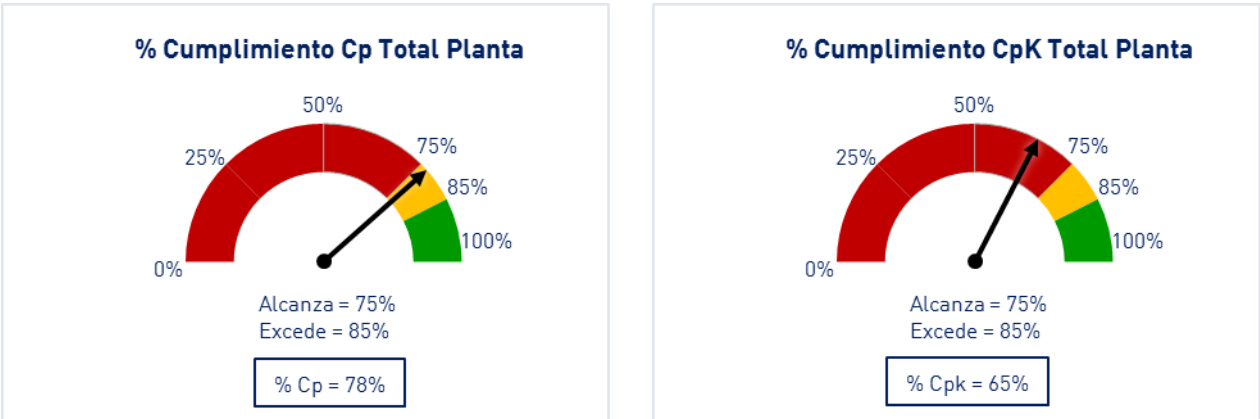


Figura 15: Gráficos de Cumplimiento Cp y CpK Total Planta
Fuente: Elaboración Propia

5 CONCLUSIONES

- Existen varios índices de capacidad de proceso. Los más utilizados suelen ser Cp y CpK, la utilización del índice Cpm es recomendable hasta que la organización ha alcanzado mantener índices sanos de Cp y Cpk, ya que el Cpm mide qué tanto un proceso está entregando productos en objetivo. Si no existen índices adecuados de Cp y CpK, el Cpm se verá seriamente afectado.
- El análisis de Pareto indicó que para la Planta de Deshidratados, el 80% de la producción se encuentra concentrada en 9 productos, mientras que para la Planta de Grasos, el 80% lo representan 4 productos. Estos serán los productos que más peso tengan en los resultados de la organización, por lo tanto son el foco a mejorar su capacidad a través del control estadístico.
- El análisis de la capacidad actual de los productos de la organización indica que las variables relacionadas a la inocuidad (por ejemplo, actividad de agua o humedad) se encuentran controladas. Sin embargo, las mayores oportunidades de mejora se encuentran en el control de pesos ya que actualmente se tiene alta variabilidad y tendencia a entregar sobrepesos.
- Actualmente, la organización no cuenta con un monitoreo sistemático de la capacidad de los procesos. Si bien se realizan análisis de Cp y CpK, no existe un mecanismo formal de seguimiento ni una herramienta que permita visualizar el estado de salud de los productos o procesos en cuanto a capacidad estadística se refiere.
- El tablero de indicadores propuesto se basa en el concepto de “porcentaje de cumplimiento”, lo cual permite integrar los índices de capacidad a los indicadores de actividad y de desempeño de la organización, permitiendo un monitoreo sistemático de los mismos.
- Es importante considerar los volúmenes de producción de cada producto para el cálculo de los indicadores globales de CEP de producto terminado. Para ello, se propone que el cálculo de dichos indicadores sea ponderado con la producción, de modo que los productos con mayor relevancia para la organización, por su volumen de producción, tengan un mayor peso o afectación en los indicadores de control estadístico de proceso.

6 RECOMENDACIONES

- Es importante que todos los empleados tengan un conocimiento de Control Estadístico de Procesos de acuerdo con los roles y puestos que desempeñan. Se recomienda que la formación en estos temas sea mapeada en los radares de capacitación o matrices de diagnóstico de necesidades de capacitación según las necesidades de cada puesto en la organización.
- Puesto que el tablero CEP propuesto incluye una revisión diaria de la capacidad de las variables de proceso, será necesario el diseño de una base de datos robusta y de interfaz amigable que permita extraer diariamente la información necesaria.
- Para la mejora de la capacidad de los procesos, será necesario que la organización conforme un Equipo de Mejora Continua que determine y lidere las acciones necesarias para encaminar la mejora. Dichas acciones requerirán de la implementación de Estudios de Capacidad de Proceso que permitan determinar las causas de los incumplimientos así como el establecimiento de las mejoras necesarias.
- Para asegurar la mejora de los indicadores, es importante que los procesos se estandaricen. Para ello, pueden utilizarse técnicas de control técnico de proceso tales como “Planes de Control de Proceso”, “Centerlining” o “Mantenimiento de Calidad”.
- Un elemento que puede afectar el cumplimiento de los indicadores CEP es la innovación en los productos. Normalmente, un producto nuevo o una modificación trascendental en un producto existente, no arranca con indicadores de capacidad en pleno cumplimiento. Por ello, la organización debe definir cómo incorporará los productos nuevos o los cambios significativos a productos existentes a sus indicadores. Una recomendación es establecer un periodo de monitoreo inicial por fuera de indicadores, por ejemplo un mes o 3 corridas mínimas, para evaluar las posibles modificaciones a especificaciones antes de ser incorporadas al tablero de indicadores CEP.
- Para que el tablero de Indicadores CEP sea efectivo, es importante que sea incorporado a la escalera de reuniones de desempeño de la organización, de modo que pueda hacerse una revisión diferenciada según las frecuencias diaria, semanal o mensual de las diferentes reuniones.

7 BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

Almagro, Lluís y Tort-Martorell, Javier (2004) Estadística práctica con Minitab (1ª edición) México: Pearson Educación.

Gutiérrez Pulido, Humberto. (2010) Calidad Total y Productividad (3ª Edición). México: McGraw Hill.

Gutiérrez Pulido, Humberto. (2013) Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma (3ª Edición). México: McGraw Hill.

Vilar Barrio, José Francisco (2005) Control Estadístico de los Procesos (2ª Edición). Madrid: Fundación Confemetal.

Verdoy, Juan Pablo y Mateu, Jorge (2006) Manual de control estadístico de la calidad: teoría y aplicaciones (1ª Edición). Barcelona: Publicacions Universitat Jaume

8 ANEXOS

- **Anexo 1:** Ejemplos de cálculo del Porcentaje de Cumplimiento del Cp y Cpk para la Planta de Productos Grasos

Tabla 10: Ejemplo de cálculo del % de cumplimiento de Cp para la Planta Grasos							
Código de producto	Peróxidos	% Sal	% Grasa	Pesos	% de cumplimiento del producto	Volumen de producción	% de Contribución del producto al Cp
5210	3.21	2.05	1.57	1.07	75%	323.4	242.5
5207	1.84	1.65	2.15	0.99	75%	109.9	82.4
5211	2.97	1.77	2.6	1.56	100%	55.6	55.6
5280	1.63	1.54	2.36	0.86	75%	36.6	27.5
5290	1.7	1.44	1.47	1.29	75%	22.1	16.5
5231	1.83	1.71	1.27	1.52	75%	17.6	13.2
3221	1.5	2.48	1.12	1.23	50%	16.9	8.5
3240	1.6	2.95	1.47	1.61	100%	13.5	13.5
6344	2.25	1.59	1.25	1.24	50%	13.2	6.6
2591	3.59	2.96	1.15	1.3	50%	9.6	4.8
2522	1.61	3.15	1.13	1.17	50%	6.7	3.4
8860	6.45	3.02	1.29	1.19	50%	4.3	2.2
2520	1.98	2.66	1.27	1.19	50%	0.8	0.4
Total de Producción						630.1	476.9

Fuente: Elaboración Propia

$$\% \text{ Cumplimiento } Cp = \frac{476.9}{630.1} = 75.7\% \cong 76\%$$

Tabla 11: Ejemplo de cálculo del % de cumplimiento de Cpk para la Planta Grasos

Código de producto	Peróxidos	% Sal	% Grasa	Pesos	% de cumplimiento del producto	Volumen de producción	% de Contribución del producto al Cp
5210	2.3	1.54	1.06	0.88	50%	323.4	161.7
5207	1.65	1.71	2.06	0.87	75%	109.9	82.4
5211	2.13	1.49	2.59	1.36	100%	55.6	55.6
5280	1.38	1.21	2.08	0.34	50%	36.6	18.3
5290	1.55	1.27	1.23	1.22	25%	22.1	5.5
5231	1.7	1.22	0.94	1.33	25%	17.6	4.4
3221	1.47	2.06	1.11	1.21	50%	16.9	8.5
3240	1.43	1.38	1.06	1.36	75%	13.5	10.1
6344	2.08	1.08	1.09	1.19	25%	13.2	3.3
2591	2.55	2.95	1.08	1.15	50%	9.6	4.8
2522	1.55	2.78	1.06	1.07	50%	6.7	3.4
8860	4.15	2.4	0.93	1.11	50%	4.3	2.2
2520	1.97	1.54	1.03	1.14	50%	0.8	0.4
Total de Producción						630.1	360.4

Fuente: Elaboración Propia

$$\% \text{ Cumplimiento } Cp = \frac{360.4}{630.1} = 57.1\% \cong 57\%$$