



**MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE LOS  
ALIMENTOS**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA**

**Facultad de Ciencias Químicas**

**Título:**

**SEGREGACIÓN DE FASES DE DISTINTAS  
DENSIDADES EN JUGOS AZUCARADOS EN  
POLVO**

**Trabajo Final de la Facultad de Ciencias Químicas  
de la Universidad Católica de Córdoba conforme  
a los requisitos para obtener el título de Magíster en  
Tecnología de los Alimentos**

**Autor: Ing. Qco. SANTIAGO SCULLY**

**Córdoba 2013**

# MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

Director:

MSC. Diego Travaglino

Ingeniero Químico

Tribunal de Trabajo Final:

Ing. Adriana Trinidad Ávila

Ing. Alejandro Enrique Bernabeu

Dra. Cecilia Bruno





## Agradecimientos

Agradezco a mi esposa en primer lugar por apoyarme en todas mis decisiones y por acompañarme muchas veces en los viajes de fin de semana a la maestría y luego a la corrección de este trabajo. Además agradezco su paciencia por la gran cantidad de tiempo que no pude dedicarle por estar participando en esta actividad. Además agradezco a mi familia por apoyarme siempre con lo que necesito y al Magíster Diego Travaglino que tuvo que dedicarme muchas horas de su tiempo para que este trabajo cumpla su propósito y pueda transmitirse a toda la comunidad educativa. También agradezco a Kraft Foods la posibilidad de realizar el curso de Seis Sigma y por todos los materiales y tiempos aportados para realizar este trabajo.

# ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b>	<b>XVII</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>XVIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1 DEFINICIÓN</b>	<b>3</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>4</b>
<b>ANTECEDENTES</b>	<b>4</b>
<b>MERCADO DE LOS JUGOS EN POLVO</b>	<b>4</b>
<b>RESUMEN DEL PROCESO PRODUCTIVO</b>	
<b>DE LA PLANTA DE JUGO EN VILLA MERCEDES</b>	<b>6</b>
<b>MAPA DE PROCESO</b>	<b>7</b>
<b>INVESTIGACIONES EN SEGRAGACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO</b>	<b>8</b>
<b>MEJORA CONTINUA EN PROCESOS CON APLICACIÓN DE SEIS SIGMA</b>	<b>11</b>
<b>FORMULACIÓN</b>	<b>13</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>13</b>
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>13</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>14</b>
<b>MATERIAL Y MÉTODOS</b>	<b>14</b>
<b>MATERIAS PRIMAS</b>	<b>14</b>
<b>DISEÑO EXPERIMENTAL</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO 2 MEDICIÓN</b>	<b>16</b>
<b>MEDICIONES DEL PROCESO</b>	<b>17</b>
<b>MEDICIONES DE VITAMINA C</b>	<b>17</b>
<b>INSTRUCTIVO DE TITULACIÓN DE VITAMINA C</b>	
<b>EN JUGO EN POLVO</b>	<b>18</b>
<b>MEDICIONES DE ACIDEZ TITULABLE</b>	<b>20</b>
<b>INSTRUCTIVO DE TITULACIÓN DE ACIDEZ</b>	<b>20</b>
<b>EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA</b>	<b>22</b>
<b>INSTRUCTIVO DE ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO</b>	<b>22</b>
<b>ANÁLISIS PARA DETERMINAR LA CRITICIDAD DE</b>	
<b>LOS DISTINTOS PARÁMETROS</b>	<b>23</b>
<b>ANÁLISIS DE SISTEMA DE MEDICIÓN – CALIBRADOR</b>	
<b>DE VARIABLES R&amp;R – VITAMINA C</b>	<b>25</b>
<b>ANÁLISIS DE SISTEMA DE MEDICIÓN – CALIBRADOR</b>	
<b>DE VARIABLES R&amp;R – ACIDEZ</b>	<b>28</b>
<b>ANÁLISIS DE SISTEMA DE MEDICIÓN – CALIBRADOR</b>	
<b>DE ATRIBUTOS R&amp;R – ORGANOLÉPTICO</b>	<b>31</b>
<b>CONCLUSIONES DE LA MEDICIÓN</b>	<b>34</b>

<b>CAPÍTULO 3 ANÁLISIS</b>	<b>35</b>
ANÁLISIS DE VARIABLES Y CAUSAS RAÍCES	36
ETAPA DE MEZCLADO	36
ETAPA DE TRANSPORTE A LA TOLVA O TOTE	44
PROCESO DE ENVASAMIENTO	49
CAUSAS POTENCIALES	55
CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS	56
<b>CAPÍTULO 4 MEJORAR</b>	<b>58</b>
PROPUESTAS DE MEJORA	59
PROPUESTA DE MEJORA N° 1	59
RESUMEN GRÁFICO PARA LA VITAMINA C DURANTE EL APAREAMIENTO	61
PRESUPUESTO DE MEJORA 1	62
ALCANCE DE LOS RESULTADOS	63
PROCEDIMIENTO DE APAREADO DE TOTES	65
PROPUESTA DE MEJORA 2	66
NUEVO DISEÑO DE LAS TOLVAS	67
PRESUPUESTO DE LA MEJORA 2	69
VALIDACIÓN ESTADÍSTICA DE LA MEJORA	70
PROPUESTA DE MEJORA 3	75
PRESUPUESTO DE MEJORA 3	76
RESUMEN GRÁFICO PARA MEJORA 3	77
ANÁLISIS DE CAPACIDAD	78
CONCLUSIONES DE LA MEJORA 3	79
DISEÑO DE EXPERIMENTO, INTERACCIÓN ENTRE LAS MEJORAS	79
IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS Y CORROBORACIÓN	86
RESUMEN GRÁFICO POSTERIOR A LAS MEJORAS	87
COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTES Y DESPUÉS DE LAS MEJORAS	89
<b>CAPÍTULO 5 CONTROLAR</b>	<b>90</b>
RESULTADOS	91
DISCUSIÓN	94
CONCLUSIONES	96
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>98</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>101</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS

DMAMC	Definir, medir, analizar, mejorar y controlar
DMAIC	Define, measure, analyze, improve, control
INAL	Instituto Nacional de Alimentos
Etc.	Etcétera
Cp	Capacidad de proceso
Aprox.	Aproximadamente
LSE/LES	Límite de especificación superior
LIE/LEI	Límite de especificación inferior
T	Objetivo
Cpm	Capacidad de proceso media
PPM	Partes por millón
Res.	Resultado

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de proceso
Figura 2	Distintos tipos de material particulado con diferentes características de fluidez.
Figura 3	Componentes del jugo en polvo de izquierda a derecha (Ciclamato de sodio, Azúcar, Ácido Cítrico, Prémix)
Figura 4	Segregación por tamizado, fluidizado y particulado
Figura 5	Tolva y sus partes utilizada en el proceso productivo del jugo
Figura 6	Muestreo en mezcladora
Figura 7	Bajada de la mezcladora
Figura 8	Tolva de almacenamiento. Capacidad aproximadamente 1800 Kg. Puntos para el muestreo de los 10 puntos
Figura 9	Distintas formas de flujo para productos particulados en tolva
Figura 10	Bajada actual una sola boca de alimentación
Figura 11	Propuesta de Y con 2 bocas de alimentación
Figura 12	Plano de tolva actual
Figura 13	Foto de tolva actual
Figura 14	Tolvas nuevas
Figura 15	Diseño de tolvas nuevas con plano
Figura 16	Manga retráctil
Figura 17	Opciones de diseño de experimentos

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Evolución de ventas de Jugos en Polvo en Argentina en AR\$
Gráfico 2	Participación en el mercado de las principales marcas en Argentina
Gráfico 3	Pareto de causas de rechazo por problemas de segregación
Gráfico 4	Series de tiempo de minutos de máquina parada por problemas de segregación por día
Gráfico 5	Resultados del análisis del sistema de medición de vitamina C
Gráfico 6	Resumen de los resultados del análisis del sistema de medición de vitamina C
Gráfico 7	Resultados del análisis del sistema de medición de acidez
Gráfico 8	Resumen de los resultados del análisis del sistema de medición de acidez
Gráfico 9	Resultados del análisis del sistema de medición de organoléptico
Gráfico 10	Resultado del análisis del sistema de medición de organoléptico
Gráfico 11	Resumen de los resultados del análisis del sistema de medición de organoléptico
Gráfico 12	Serie de tiempo vitamina C, evolución y variación de los controles en mezclado
Gráfico 13	Resumen gráfico para la vitamina al minuto 0
Gráfico 14	Resumen gráfico para vitamina al minuto 120
Gráfico 15	Capacidad de proceso para vitamina C en etapa de mezclado
Gráfico 16	Prueba t para determinar diferencias mayores a 5 con respecto al objetivo en etapa de mezclado
Gráfico 17	Prueba t, informe de resumen de la prueba de hipótesis para la media
Gráfico 18	Prueba t para determinar diferencias mayores a 2 con respecto a la desviación estándar objetivo en etapa de mezclado
Gráfico 19	Prueba t, informe de resumen de la prueba de hipótesis para desviación estándar
Gráfico 20	Resumen gráfico de vitamina C en tote para 0 minutos

Gráfico 21	Resumen gráfico de vitamina C en tote para 120 minutos
Gráfico 22	Resumen gráfico de vitamina C en bajada de mezcladora
Gráfico 23	Prueba t para detectar diferencia de media entre el proceso de mezclado y la bajada de tolva
Gráfico 24	Prueba t para detectar diferencia de media entre el proceso de mezclado y la bajada de tolva
Gráfico 25	Resumen gráfico para vitamina C mientras la tolva está llena en 10 puntos en 10 mezclados
Gráfico 26	Resumen gráfico para vitamina C mientras la tolva está al 50% en 10 puntos en 10 mezclados
Gráfico 27	Resumen gráfico para vitamina C mientras la tolva está al 10% en 10 puntos en 10 mezclados
Gráfico 28	ANOVA para determinar diferencias entre las medias de vitamina C en tolva
Gráfico 29	ANOVA para la determinación de la dispersión de datos obtenidos de vitamina C en tolva
Gráfico 30	Capacidad de proceso para Vitamina C en tolva al 10 % de capacidad
Gráfico 31	Capacidad de proceso completa durante el vaciado de la tolva para la vitamina C
Gráfico 32	Evolución de la desviación estándar en las mediciones de vitamina C en cada etapa del proceso
Gráfico 33	Evolución de la capacidad o cpm en las mediciones de vitamina C en cada etapa del proceso
Gráfico 34	Resumen gráfico para vitamina C utilizando apareamiento
Gráfico 35	Capacidad de proceso para la vitamina C durante el apareamiento de tolvas
Gráfico 36	Capacidad de proceso posterior al apareamiento de vitamina C
Gráfico 37	Resumen gráfico para vitamina C en tolva con diseño nuevo lleno
Gráfico 38	Resumen gráfico para vitamina C con diseño de tolva nuevo al 50% de capacidad

Gráfico 39	Resumen gráfico para vitamina c con tolva de diseño nuevo al 10% de capacidad
Gráfico 40	Capacidad de proceso para vitamina C con tolva nueva a una capacidad del 10%
Gráfico 41	Capacidad durante el vaciado completo de la tolva con el formato de tolva nuevo
Gráfico 42	Resumen gráfico para manga retráctil vitamina C
Gráfico 43	Resumen gráfico para manga retráctil a los 120 minutos
Gráfico 44	Capacidad de proceso de manga retráctil
Gráfico 45	Pareto para efectos sobre vitamina C según factores
Gráfico 46	Diagrama de Pareto para interacciones y efectos de factores
Gráfico 47	Interacción de cada factor con los restantes
Gráfico 48	Interacción del ángulo con el tipo de material de la tolva
Gráfico 49	Diagrama de cubos, con puntos centrales
Gráfico 50	Resumen gráfico para vitamina C con mejora 1 y 2 implementada
Gráfico 51	Capacidad de proceso para vitamina C con mejoras 1 y 2 implementadas
Gráfico 52	Capacidad de proceso completa para vitamina C con mejoras 1 y 2 implementadas
Gráfico 53	Comparación de capacidad de proceso para vitamina C, antes y después de implementación de mejoras 1 y 2
Gráfico 54	Comparación de la capacidad de proceso mediante gráficos de control antes y después de la implementación de mejoras
Gráfico 55	Evolución de minutos de máquina parada por segregación de polvos
Gráfico 56	Evolución de vitamina C en análisis antes y después de mejoras
Gráfico 57	Gráfico de control de paradas por segregación en línea posterior a mejoras

## LISTA DE TABLAS

Tabla I	Análisis del sistema de medición de Vitamina C, 4 analistas, 10 muestras y tres repeticiones
Tabla II	Continuación de tabla I
Tabla III	Análisis de sistema de medición de acidez, 4 analistas, 10 muestras y 3 repeticiones
Tabla IV	Continuación tabla III
Tabla V	Análisis del sistema de medición de organoléptico, 4 analistas, 3 repeticiones.
Tabla VI	Vitamina C, evolución en el tiempo con 10 puntos de muestreo
Tabla VII	Acidez, evolución en el tiempo con 10 puntos de muestreo
Tabla VIII	Organoléptico, evolución en el tiempo con 10 puntos de muestreo
Tabla IX	Vitamina C en tote en función del tiempo
Tabla X	Resultados de Vitamina C en tolva durante el vaciado de la misma
Tabla XI	Análisis organoléptico de lotes en tolva en función de la capacidad ocupada
Tabla XII	Vitamina C para tolvas con mejora implementada
Tabla XIII	Evaluación organoléptica de las muestras durante el vaciado de la tolva con diseño nuevo
Tabla XIV	Diseño de experimento para validar las mejoras
Tabla XV	Resultados para interacciones en experimento sin eliminar variables no significativas
Tabla XVI	Efecto de las constantes y de las interacciones significativas
Tabla XVII	Variabes de codificación para el diseño de experimento
Tabla XVIII	MSA Organoléptico completo Parte 1
Tabla XIX	MSA Organoléptico completo Parte 2
Tabla XX	MSA Organoléptico completo Parte 3

Tabla XXI	MSA Organoléptico completo Parte 4
Tabla XXII	MSA Organoléptico completo Parte 5
Tabla XXIII	MSA Organoléptico completo Parte 6
Tabla XXIV	MSA Organoléptico completo Parte 7
Tabla XXV	MSA Organoléptico completo Parte 8
Tabla XXVI	MSA Organoléptico completo Parte 9
Tabla XXVII	MSA Organoléptico completo Parte 10
Tabla XXVIII	Situación previa a la mejora Vitamina C Parte 1
Tabla XXIX	Situación previa a la mejora Vitamina C Parte 2
Tabla XXX	Situación previa a la mejora Vitamina C Parte 3
Tabla XXXI	Situación previa a la mejora Acidez Parte 1
Tabla XXXII	Situación previa a la mejora Acidez Parte 2
Tabla XXXIII	Situación previa a la mejora Acidez Parte 3
Tabla XXXIV	Situación previa a la mejora Organoléptico Parte 1
Tabla XXXV	Situación previa a la mejora Organoléptico Parte 2
Tabla XXXVI	Situación previa a la mejora Organoléptico Parte 3
Tabla XXXVII	Diseño de experimento Parte 1
Tabla XXXVIII	Diseño de experimento Parte 2

## RESUMEN

Actualmente el envasado de jugo azucarado en polvo es una industria que crece al 15% anual en la República Argentina desde 2002. El proceso que se analizó en este proyecto utiliza un sistema por lotes que se coloca en un tote o tolva para su envasado. Durante este proceso se producen segregaciones que provocan que el producto no cumpla con las especificaciones organolépticas ni los parámetros de control de calidad analizados. Esto genera material no conforme, provocando trabajo de reproceso. Si el producto no llega a ser envasado se vacía el tote o tolva en bolsas y ese material se recupera al 10% en un mezclado de producto normal. La no conformidad del material se mide de acuerdo a los parámetros críticos definidos por calidad, en este caso consisten en la valoración organoléptica comparando el producto de proceso con un estándar pesado y preparado a escala de laboratorio, en este análisis se identifican dos aspectos, sabor y color. Además como parámetro crítico se toman también la valoración de Vitamina C y la acidez titulable. Ambos son indicadores de segregación ya que son las variables que más sufren cuando se separan componentes de distintas densidades. El objetivo de esta investigación fue el de ampliar el conocimiento de las posibles causas y soluciones a un problema puntual enfrentado por la industria de jugo en polvo y reducir hasta un nivel aceptable las ineficiencias causadas por este fenómeno. Se plantearon distintos tipos de mejora, tanto en diseño de la tolva, como en mecanismos de transferencia. Estas soluciones se analizaron en detalle en el desarrollo del proyecto y se implementaron para cumplir con los objetivos del proyecto. Finalmente y aplicando tres conceptos claves en el proceso y a través de DMAMC se logró reducir el nivel de segregación a niveles aceptables, y reducir los costos asociados a estas ineficiencias.

### Palabras clave

Control de procesos, seis sigma, eficiencia, polvo, variaciones, granulometría de alimentos de consumo humano

## SUMMARY

Presently the manufacture of powder beverages, particularly fruit juices, is an industry that grows at a 15% annually in Argentina. The common system used for its manufacture is by batches, these batches are placed in a tote or bin for its packaging. During this process segregation occurs and causes the product to have specifications that cannot be matched with the process, particularly regarding quality parameters and organoleptic tests. This inconvenience generates product non conformed causing rework and reprocess. If the product is not in the pouch this material is unloaded from the bin and packed in bags, this is considered rework and can be reused at a 10% rate in a new batch. The quality department together with research and development has set parameters that are critical to quality; if any of these parameters cannot be met the product is considered out of specification. The parameters that have been defined as critical are Vitamin C, acidity and organoleptic tests (Including color and flavor). The first two parameters are indicator of segregation since these variables suffer greatly from variations in the process particularly for having a different particle size than sugar the main component of powder juice. The goal of this research is to broaden the knowledge of the possible causes and solutions to a common problem faced by the powder beverage industry and to reduce to an acceptable level the inefficiencies caused by this phenomenon. This project proposed several improvement opportunities, both in design of storage as in transference mechanisms. These solutions are analyzed in detail during the development of this project and implemented to achieve the goals proposed. Finally and applying three key concepts determined for this process and through DMAIC it was accomplished to reduce the segregation to acceptable levels and to reduce costs associated to this inefficiencies.

### Keywords

Process control, six sigma, efficiency, powder, variation, human consumption food granulometry

## INTRODUCCIÓN

Los Mágisters en tecnología de los alimentos tenemos una obligación para con la sociedad ya que trabajamos y somos especialistas en una industria que a diferencia de otras impacta directamente en la calidad de vida de las personas, en el precio y en la calidad de los alimentos que se pueden adquirir y en la variedad de los mismos.

La finalidad de este trabajo fue la de analizar profundamente la segregación durante el proceso productivo del jugo azucarado en polvo de la planta de Villa Mercedes, evaluando los puntos débiles del proceso, relevando oportunidades de mejora y llevándolas a cabo para obtener un proceso más eficaz y eficiente. Siempre teniendo en cuenta que lo más importante es la calidad del producto.

Esta tesis abordó inicialmente un análisis de la situación actual del proceso productivo, una evaluación de las necesidades y la determinación de niveles de capacidad para cada etapa del proceso. Además se evaluó si el circuito productivo cumple o no con lo requerido por los parámetros críticos de calidad.

Posteriormente se realizó un estudio de las oportunidades de mejora, con alternativas disponibles actualmente. Se realizaron estudios de costo beneficio, para determinar si la implementación de la mejora realmente cumplía con la premisa de entregar eficiencia y bajar el costo del producto.

Se realizaron pruebas para evaluar cada punto de mejora con las alternativas, se compararon claramente el estado del proceso antes y después de las mejoras para evaluar diferencias y para plantear temas que puedan quedar abiertos a futuras investigaciones.

Finalmente se identificaron e implementaron las mejoras que entregaron realmente un resultado positivo para mejorar los valores esperados de los parámetros críticos de la calidad.

Para todas las etapas del trabajo se utilizó una herramienta de mejora de procesos que se denomina Seis Sigma, consiste en varias etapas caracterizadas por la sigla DMAMC, que corresponde a Definir, Medir, Analizar, Medir y Controlar. Esta herramienta contiene un gran número de sistemas estadísticos y además implica una filosofía de gestión. En las distintas etapas del proyecto se pueden ver claramente la aparición de ambos factores.

Una vez implementadas las mejoras se realizó un seguimiento de los indicadores que se esperaban mejorar con este trabajo para asegurar que lo implementado podía ser mantenido en el tiempo y que las mejoras fueron genuinas. Además se definieron los indicadores de proceso que permitirán a la empresa monitorear el proceso con respecto a la segregación para atacar cualquier problema que pueda ir surgiendo a futuro por cambios en las tecnologías, en los requerimientos o en las materias primas.

Durante la investigación se determinaron algunas diferencias entre los productos en polvo de única granulometría y productos de diferentes granulometrías como es el caso del jugo azucarado.

Finalmente se aportaron los resultados financieros obtenidos detallados para cada mejora con el impacto directo y con algunos comentarios referentes a aplicaciones en otras industrias similares.

# *1. DEFINICIÓN*

## 1.1 Planteamiento del problema

### 1.1.1 Antecedentes

A continuación se presentan los antecedentes correspondientes a los temas centrales del trabajo que se abordaron.

- Mercado de los jugos en polvo
- Resumen del proceso productivo de la planta de jugo en Villa Mercedes
- Investigaciones en segregación de material particulado
- Mejora continua en procesos con aplicación de Seis Sigma

#### 1.1.1.1 Mercado de los jugos en polvo

En la industria alimenticia hay una gran fracción representada por material en polvo, desde materias primas o ingredientes como harinas o especias a productos procesados como café instantáneo, leche en polvo o jugos deshidratados (1). Los productos de este tipo pueden ser distinguidos por su composición y microestructura, pero también pueden ser agrupados según tamaño de partícula, distribución de tamaños o propiedades químicas y físicas (2).

El negocio de los jugos azucarados en polvo, se convirtió en la última frontera antes de caer en el agua de la canilla para millones de consumidores de la base de la pirámide(11). La categoría -que técnicamente responde al nombre de bebidas en polvo, de acuerdo con la clasificación del Instituto Nacional de Alimentos (INAL) (13)- registró un incremento del 22% en sus ventas en el último año, de la mano de una ecuación de valor que la hace imbatible en épocas de alta inflación y deterioro del poder de compra de los salarios. "Este tipo de bebidas permiten saborizar las aguas y, en muchos casos, vitaminizarlas a precios que comienzan en 1 peso por litro de preparado, lo que las torna económicamente mucho más accesibles que las bebidas gaseosas y los jugos envasados (12).

Históricamente, el negocio de los jugos para diluir mostró una fuerte dispersión, con más de 50 fabricantes a nivel nacional y una participación destacada de pymes regionales. Sin embargo, en los últimos años se empezó a vivir un incipiente proceso de concentración a partir de la consolidación de grandes jugadores, como la multinacional Kraft Foods, que lidera el segmento de bebidas en polvo con Tang y Clight, y la entrerriana RPB/Baggio, dueña de Mocoretá y Mijú (10). El fuerte desarrollo que tuvo la categoría además provocó que en los

últimos años se sumaran otros jugadores de peso como la propia Coca-Cola. La multinacional puso un pie en este negocio en 2004 con la compra de la marca Carioca, que formaba parte del paquete de Cepita, y hace una temporada decidió potenciar su presencia en el segmento con el lanzamiento de su marca de concentrados Frutopia. La llegada de los nuevos jugadores además fue acompañado por cierta sofisticación de la categoría con el desarrollo de los productos *light* y los gustos combinados. En el último año Arcor lanzó también sus marcas de jugo en polvo Arcor y BC (10).

El segmento de las bebidas sin alcohol está liderado por las gaseosas, que representan el 40,7% del mercado en términos de litros producidos como se puede observar en el Gráfico 1. Las siguen las aguas, con el 23,9, y los jugos, con el 23,7. Los jugos son el sub segmento que ha experimentado un mayor crecimiento en los últimos años. Entre 2004 y 2010 los jugos en polvo duplicaron su participación en el mercado total de bebidas sin alcohol y sus ventas ya suman más de \$ 1350 millones anuales (12).



Gráfico 1: Evolución de ventas de Jugos en Polvo en Argentina en AR\$ (12)



Gráfico 2: Participación en el mercado de las principales marcas en Argentina (12).

En el gráfico 2 observamos la participación en el mercado argentino de los jugos en polvo por marcas. A pesar de ser una industria en amplio crecimiento, las investigaciones y trabajos sobre estos temas son muy puntuales. Existe bibliografía amplia sobre productos puntuales y homogéneos como harina o azúcar, pero no hay suficiente investigación de productos heterogéneos o mezclas como el producto objeto de este trabajo.

Actualmente en la planta de Villa Mercedes se producen 3000 toneladas de jugo en polvo por mes. El 80% del mercado de jugo en Argentina es abastecido por esta planta.

La planta crece a una tasa del 10% anual ininterrumpidamente desde el año 2003. Incrementando su planta de personal y compensando los procesos de automatización con incremento de volumen y de necesidad de mano de obra calificada como control de procesos, entrada de datos, control de calidad, analistas de laboratorio, etc. Actualmente la planta cuenta con una planta permanente de 700 empleados, Produciendo 363 días del año 24 horas del día.

#### 1.1.1.2 Resumen del proceso productivo de la planta de jugo en Villa Mercedes

El proceso productivo consiste en varias etapas bien marcadas, con transformaciones físicas solamente. Se puede ver en la figura 1, el mapa de proceso de manera gráfica. Los ingredientes se cargan en una mezcladora de aspas helicoidales en lotes de 1300 kg aproximadamente. El producto se mezcla entre 10 y 20 minutos dependiendo la variedad y se transvasa a una tolva del mismo tamaño. En esta tolva puede estar alojado entre 40 y 200 minutos hasta que por gravedad cae en la envasadora y se coloca en sobres como producto terminado.

Durante este proceso se realizan controles de calidad para asegurar que el producto cumpla con las especificaciones organolépticas, y parámetros de calidad críticos definidos, como Vitamina C y acidez. Un problema que surge de la operatoria consiste en el segregado de producto, lo que ocurre es que los finos se separan de los gruesos y el producto deja de ser la mezcla deseada y no cumple con los estándares de calidad. Aproximadamente el 10% final del producto de cada lote consiste de producto segregado y no cumple alguno o varios de los parámetros críticos mencionados anteriormente. Este problema ocasiona retenciones de producto terminado y reproceso de la mezcla en caso de no haber sido envasada. Cuando la mezcla segregada se saca fuera de la tolva se recupera a una tasa menor al 10% en lotes buenos. Esto implica mayores costos, paradas de proceso y riesgo de tener que retener el producto terminado si la segregación no se detecta a tiempo.

En este trabajo se estudia la segregación de fases en el proceso productivo, desde el mezclado hasta su envasado, del jugo azucarado en polvo. Como ejemplo y siendo el 30% del volumen producido total por lo que se considera representativo se utilizará el sabor Naranja para tomar todas las mediciones y para la implementación de mejoras.

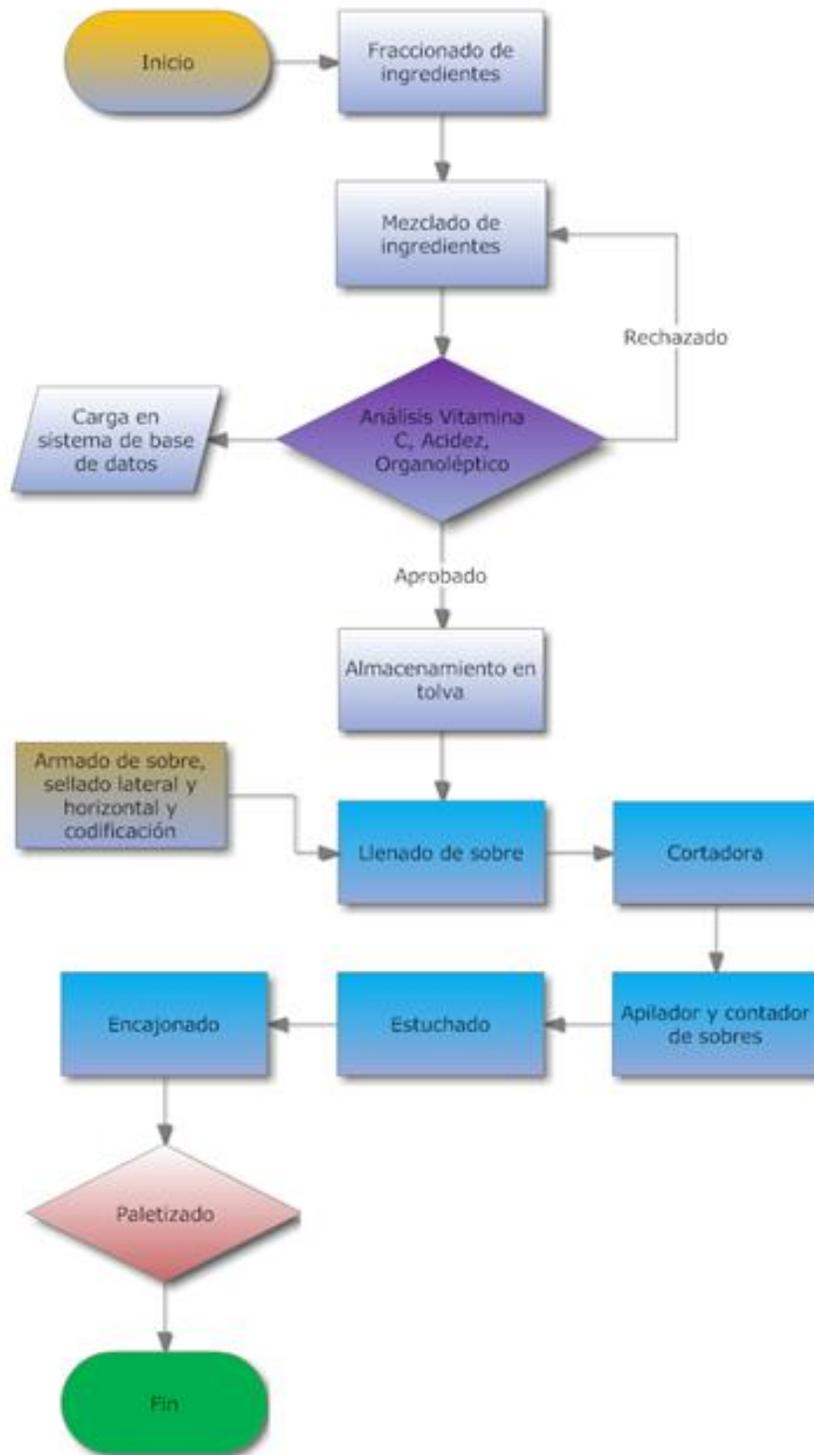


Figura 1: Mapa de Proceso detallado

### 1.1.1.3 Investigaciones en segregación de material particulado

Teniendo en cuenta la cantidad de material particulado que se produce, envasa y procesa en la industria, hay poco material de investigación al respecto y las investigaciones que se encuentran disponibles están concentradas en empresas de los Estados Unidos (8). La mayor parte de la investigación sobre material particulado está relacionada con productos de cemento o productos homogéneos, como harina o azúcar. No hay gran cantidad de investigación sobre mezclas de polvos y mucho menos de polvos alimenticios.

En este capítulo se resume la información disponible y la base de partida de esta investigación.

Se realizó un estudio en los Estados Unidos durante 6 años en empresas que procesan material particulado y se detectó que el 80% estaba experimentando problemas en el manejo del mismo. La mayoría de los problemas se debían más a cuestiones físicas de fluidez que a cuestiones químicas (8).

Existen distintos tipos de partículas sólidas y cada compuesto o insumo posee una granulometría y una geometría de partícula diferente. Como se observa en la Figura 2, hay distintas características de fluidez entre distintos materiales. Mientras mayor sea la diferencia entre las partículas que deseamos manejar más problemas tenemos al momento de hacerlas fluir de manera pareja y homogénea (4).



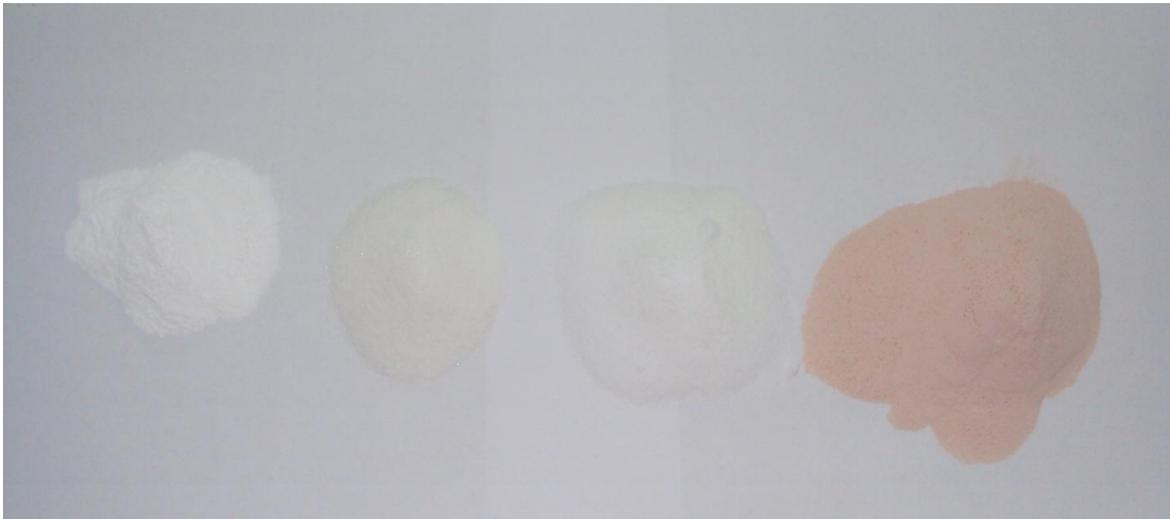


Fig. 3: Componentes del jugo el polvo de izquierda a derecha (Ciclamato de sodio, Azúcar, Ácido Cítrico, Premix)

En la figura 3 observamos los componentes del Jugo en Polvo que se utilizan actualmente, se pueden ver a simple vista las diferencias de granulometría y de fluidez.

Para el desarrollo de tolvas y de las distintas etapas de transferencia se debe tener en cuenta el ángulo de reposo (9). El ángulo de reposo es aquel que adopta el material sobre la pila o el montón. Este ángulo es útil para determinar la capacidad de una tolva o de una pila (4).

Es probable que lo que más avanzó en la última década haya sido el almacenamiento en tolvas de materiales a granel y los diseños para mejorar el flujo de entrada y salida de las mismas (9).

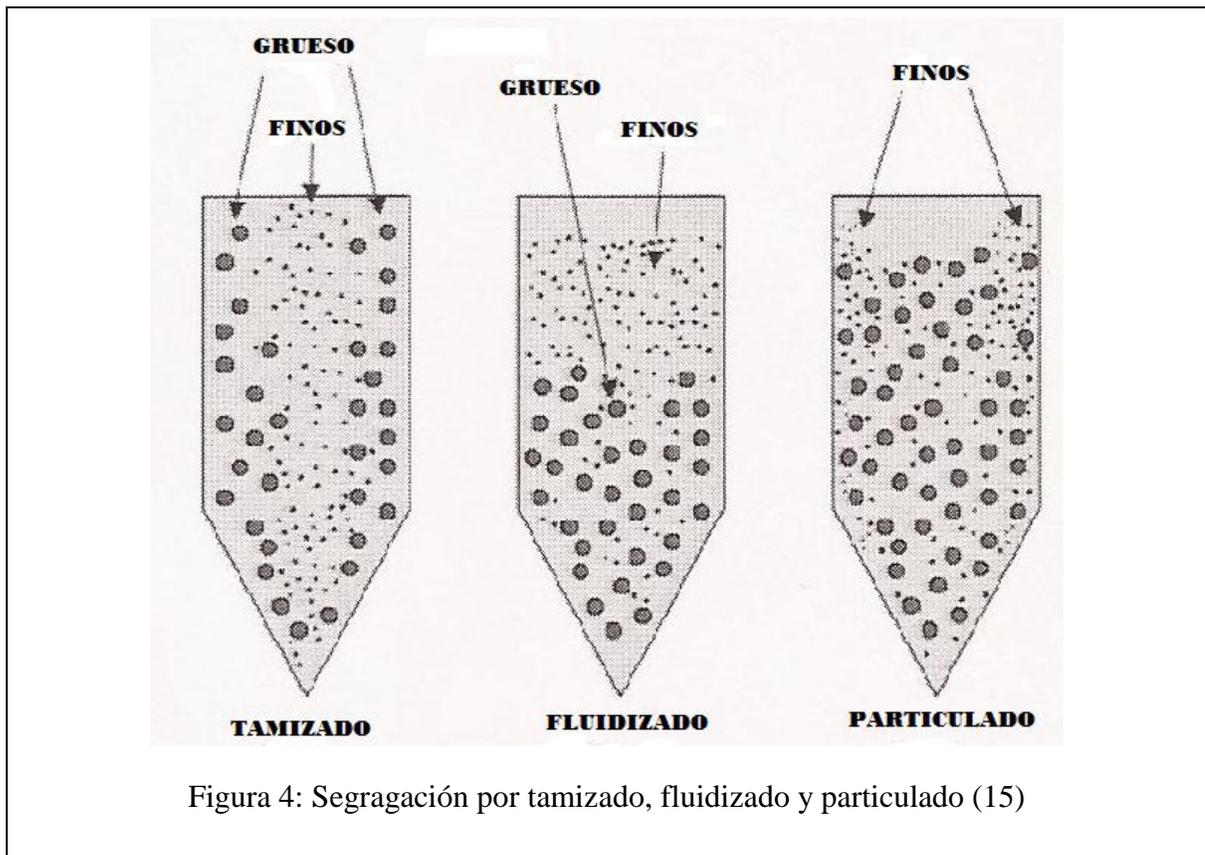
Mediante distintas investigaciones, se fue comprendiendo el comportamiento de los fluidos. Dependiendo del tipo de producto sólido hay diferentes tipos de problemas que se presentan en la fluidez, causando segregación (9) y hay distintas características del flujo de materiales. Tenemos el flujo de masa, que significa que todos los materiales se desplazan cuando se retira una parte y tenemos el flujo en embudo que se produce cuando fluye solo una porción del material cuando se retira una parte.

Algunas características del flujo en embudo son las siguientes (16)

- 1) Las partículas segregan y permanecen segregadas
- 2) La primera porción en entrar es la última en salir

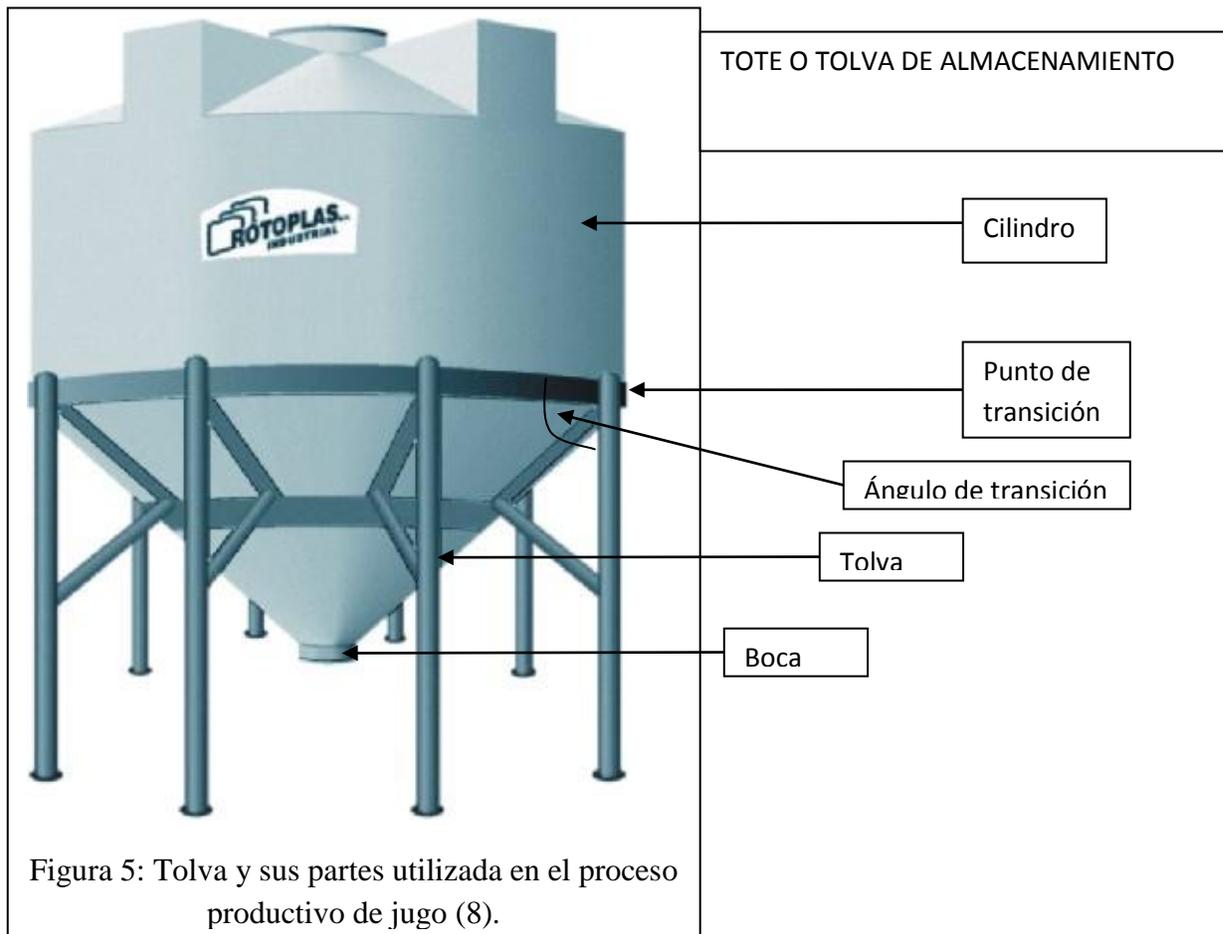
- 3) Pueden permanecer productos en puntos muertos hasta que se realiza la limpieza completa del sistema
- 4) Los productos tienden a formar puentes o arcos y luego a que se formen agujeros de rata durante la descarga.
- 5) El flujo es errático.
- 6) La densidad puede variar

Además de los distintos tipos de flujo se pueden observar tres tipos diferentes de comportamiento para el flujo por embudo. En los tres gráficos presentados a continuación (Figura 4), los procesos de segregación por tamización, segregación por fluidización y segregación por particulado (15).



Como mencionamos anteriormente la tolva es clave para el desempeño del proceso (17). A continuación se presentan definiciones generales de las diferentes partes de las tolvas que se

utilizan actualmente en la industria. En la figura 5 se observan las distintas partes de la tolva en uso.



Como se puede apreciar la base de este trabajo cuenta con el soporte y los resultados previos de gran cantidad de trabajos, investigaciones y ensayos. Resta conocer la aplicabilidad de la teoría con el jugo en polvo y sus efectos en el proceso para poder llevar a cabo las mejoras planteadas en este trabajo.

#### 1.1.1.4 Mejora Continua en procesos con aplicación de Seis Sigma

La herramienta a utilizar es el programa de Seis Sigma. Esta herramienta fue creada por Motorola en el año 1986 (36). La herramienta tomó fuerza cuando fue popularizada por Jack Welch como su principal estrategia del negocio para General Electric en 1995. En la actualidad hay más de 100 compañías utilizando esta herramienta como el principal impulsor de cambio y

mejora en los procesos, además hay consultoras internacionales dedicadas exclusivamente al desarrollo y a la aplicación de Seis Sigma (6).

Para entender un poco más el proceso se detallan las etapas que la componen y se realiza un breve recuento de las herramientas que se utilizarán.

Las etapas son las siguientes y se relacionan con la sigla de DMAMC, definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

Podemos definir Seis Sigma como:

1. Una medida estadística del nivel de desempeño de un proceso o producto.
2. Un objetivo de lograr casi la perfección mediante la mejora del desempeño.
3. Un sistema de dirección para lograr un liderazgo duradero en el negocio y un desempeño de primer nivel en un ámbito global(3).

Mediante este programa y utilizando las herramientas estadísticas que Seis Sigma recomienda dependiendo de la etapa, se podrán encontrar las causas y posibles soluciones para mejorar el proceso y dar una solución tecnológica al problema.

En la etapa de “**definir**” se revisará el problema, se identifica el cliente, los CTQ’s (críticos a la calidad), mapear el proceso, identificar las variables que se necesitan medir, desarrollar la estrategia de abordaje, refinar el objetivo y alcance del proyecto.

En la etapa de “**medir**” se tendrá que evaluar el mapa detallado del proceso, seleccionar que variables se van a medir, validar los sistemas de medición, recolectar datos, determinar el desempeño actual del proceso, refinar la descripción del problema u oportunidad.

En la etapa de “**analizar**” se estructura la estrategia de estudio, se examinan los datos recolectados, se desarrollan y contrastan hipótesis sobre fuentes y causas de la variación. Se validan las hipótesis sobre relación causa y efecto entre las diferentes variables y se determinan las causas principales. Se detectan las actividades que no generan valor y se establecen los objetivos de mejora.

En la siguiente etapa de “**mejorar**” se determinan los niveles esperados para las variables, diseñar las soluciones, seleccionar las opciones, refinarlas, verificar con pruebas piloto e implementar. Las variables de salida que se consideran como críticas serán los parámetros organolépticos, la vitamina C y la acidez del producto. Las variables de entrada son las que se mencionan en el marco teórico y se irán desarrollando a medida que avanza el proyecto final.

La última etapa de “**controlar**” consiste en verificar la nueva capacidad del proceso y las mejoras, transferir el proceso a la operación, monitorear el proceso y cerrarlo con las posibles mejoras a futuro si quedan pendientes. Algunas herramientas que se utilizaron en las diferentes etapas del proyecto son 5 porqué, análisis de costo beneficio, Pareto, análisis de fallas y riesgos,

análisis de sistema de medición, análisis de varianza, box plots, diagrama de causa y efecto, capacidad de proceso, histogramas, gráficos y tablas. (6)

## 1.2 FORMULACIÓN

Se pretendió conocer qué mejoras se pueden implementar en el proceso productivo del jugo azucarado en polvo que permitan mejorar eficiencias, atacando las causas raíz de la segregación y reduciendo costos en la producción.

## 1.3 JUSTIFICACIÓN

La eficiencia de los procesos y la mejora continua son cuestiones que no pueden dejarse de lado para mantener a cualquier empresa competitiva, como se mencionó anteriormente hay gran número de competidores en este segmento y mantenerse actualizado permite que la empresa no pierda la preponderancia. Además en el proceso inflacionario que se encuentran los commodities, la industria de alimentos debe poder de alguna manera absorber estos incrementos de costos para evitar trasladarlos al precio final y perder competitividad.

Como resultado de la realización de este trabajo se amplió el conocimiento en las tecnologías para evitar la segregación de polvos en la industria y el conocimiento adquirido y publicado puede ser aplicado en otras industrias o centros de conocimiento para seguir desarrollando esta rama de investigación.

Como último objetivo y no menos importante se buscó mejorar el proceso lo que implicó que la empresa puede seguir invirtiendo y apostando al mercado argentino, pudiendo aumentar la mano de obra, incorporar nuevos productos a los actuales o mejorar los que posee en su portafolio. De esta manera mantenemos la industrialización y una de las principales fuentes de mano de obra en el país, la industria de los alimentos.

## 1.4 OBJETIVO GENERAL

Comprender e implementar mejoras para modificar la segregación de producto durante el envasado de jugos en polvo para lograr que todo el lote posea las mismas características organolépticas cumplimentando las especificaciones del producto terminado en cualquier punto del lote que se mida.

## 1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las principales causas que provocan la segregación de producto.
- Plantear alternativas para reducir la segregación del lote para que el 99% de las muestras se encuentre dentro de los valores especificados.
- Reducir las paradas de línea por problemas con segregación.
- Reducir la cantidad de producto no conforme debido al segregado.

## 1.6 MATERIAL Y MÉTODOS

### 1.6.1 Materias Primas

Se trabajó sobre la línea de envasado actual denominada Línea HS1. Los productos utilizados fueron muestras que corresponden al proceso productivo real y las mejoras se implementaron en el mismo a modo de prueba pero a escala industrial. La producción diaria de la línea es de 30 toneladas día por lo que se procesan más de 25 lotes diarios, lo que permitió realizar gran cantidad de pruebas en poco tiempo para evaluar resultados. El producto puntual que se analizó es jugo azucarado en polvo sabor naranja para evitar distorsiones por efectos de ingredientes distintos.

Para las pruebas se contó con el apoyo incondicional de la empresa, hubo recursos disponibles para este proyecto y fue llevado a cabo de la mano con mejoras reales implementadas.

### 1.6.2 Diseño Experimental

La herramienta utilizada fue el programa de Seis Sigma. Utilizando las etapas de DMAMC, definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

Las variables de salida para el estudio del proceso que definen como críticas fueron la Vitamina C y la acidez titulable. Se utilizó un análisis de diferencia de magnitud de promedios por factor de control y nivel de trabajo complementando con el análisis de varianza (ANOVA) para determinar los factores con mayor influencia utilizando el software MINITAB.

La información obtenida permitió evaluar las principales causas, definir posibles mejoras y valorar el impacto de las mismas mediante comparación de análisis de capacidad de cada proceso antes y después de la mejora.

Los parámetros de control de calidad quedaron con una capacidad de proceso de al menos 1 (uno) al finalizar todas las etapas de este trabajo. Es decir que todos los valores en condiciones normales quedaron dentro de los límites estipulados independientemente del momento del proceso en que se los mida.

La capacidad de proceso se indicó con la sigla “Cpm” y consistió en determinar la cantidad de veces que el proceso cumple con la especificación y la capacidad que tiene de controlar variaciones (3). Un proceso con capacidad mayor que uno se consideró estable y aceptable.

Se desarrolló un diseño de experimento incluyendo las distintas variables que se toman en cuenta, para conocer la interacción entre las mejoras propuestas y los resultados obtenidos en el final de línea que es lo que realmente nos interesa se realiza un Diseño de Experimento a través de software de minitab. El mismo contó con estos cuatro factores a analizar, el factor con y sin apareado, el factor tote plástico y tote metálico, los ángulos del tote, para el cual utilizamos el actual a 45°, un punto central a 50° y el tote modificado con 55° y por último el uso o no de la manga retráctil. Esta prueba tuvo por objeto corroborar la mejor combinación de factores ya que al modificar más de un factor era posible que en el proceso haya implicancias que no se habían tenido en cuenta (14).

Se realizaron muestreos al final de la línea de envasado en momentos en que uno de los totes se encuentra al 10% de capacidad, para tomar el dato que más impactaba en la capacidad de proceso con las distintas configuraciones propuestas. El resultado de esta prueba arrojó la mejor combinación posible y aseguró que no impactaremos el proceso negativamente con la alternativa seleccionada, incluso ante la combinación de factores.

Los detalles del experimento con los resultados se pueden observar en el capítulo 4 en el punto Diseño de experimento, interacción entre las mejoras.

# *2. MEDICIÓN*

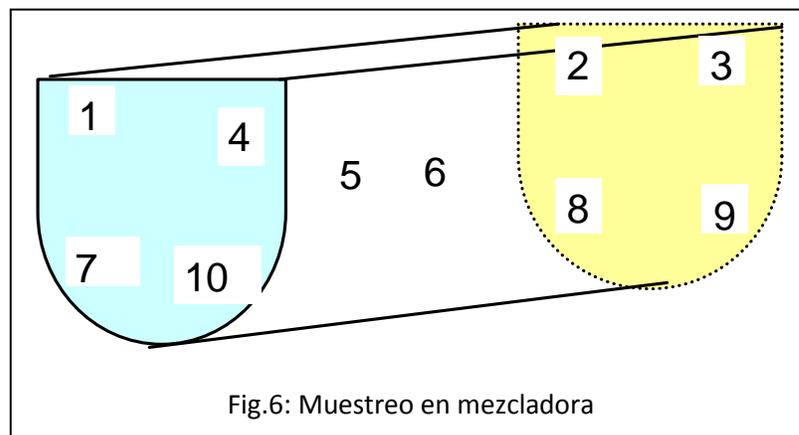
## 2.1 Mediciones del proceso

Esta etapa se caracteriza por la recolección de datos y el análisis de los mismos, para determinar causas principales y causas secundarias. De esta manera se puede determinar en que etapa del proceso es más importante actuar para obtener el mejor resultado (29).

La etapa de análisis comienza en el mezclado. Como mencionamos anteriormente se cargan en la mezcladora horizontal los ingredientes, aproximadamente 1300 kg por lote. Una vez que los ingredientes se cargan comienza el mezclado que tiene una duración de 18 minutos.

Para determinar si el mezclado una vez terminado presenta segregación se van a tomar 10 muestras en distintos puntos del mezclado y se analizan las variables críticas que se definieron anteriormente. Vitamina C, acidez y una comparación organoléptica contra un estándar pesado y mezclado a escala de laboratorio.

Las muestras se sacan según el siguiente diagrama de la figura 6. La forma de la mezcladora se puede observar en el dibujo con los 10 puntos en los que se debe obtener una muestra.



Adicionalmente y debido a que ocasionalmente los mezclados permanecen en la mezcladora más tiempo del que lleva liberar el lote, se sacarán muestras cada media hora de los mismos puntos para determinar si parte de la segregación puede ocurrir en la mezcladora cuando el mezclado permanece en la misma por cuestiones de parada de línea de envasado o retención del lote por algún motivo puntual.

### 2.1.1 Mediciones de Vitamina C

El jugo de naranja con azúcar posee una especificación de 300 a 400 mg de ácido ascórbico obtenido con método de titulación. La misma fue definida durante el diseño de

producto y está especificada de esta manera. A continuación se detalla la forma definida para medir esta variable crítica.

### 2.1.1.1 Instructivo de titulación de Ácido Ascórbico o Vitamina C en jugo en polvo

#### **Descripción.**

##### 1.1 SEGURIDAD:

- 1.1.1 En todo momento durante el desarrollo de la técnica él o los analistas deberán utilizar los siguientes Elementos de Protección Personal (EPP): guardapolvo, zapatos de seguridad; guantes apropiados y gafas de seguridad.
- 1.1.2 La disolución de reactivos deberá realizarse bajo campana de aspiración.
- 1.1.3 Toda solución preparada deberá ser rotulada con una etiqueta que indique: Nombre del reactivo presente, fórmula desarrollada, concentración teórica del reactivo, pictogramas de seguridad o diamante de NFPA.

##### 1.2 MATERIALES Y REACTIVOS

- 1.2.1 Balanza Granataria.
- 1.2.2 Bureta Automática x 25 ml.
- 1.2.3 Matraz aforado x 1000 ml.
- 1.2.4 Probeta Graduada x 100 ml.
- 1.2.5 Solución 0.1N de Yodo-Yoduro de Potasio
- 1.2.6 Solución 0.01N de Yodo-Yoduro de Potasio .
- 1.2.7 Solución Indicadora de Almidón al 2%.

##### 1.3 Solución I-KI 0.1N

- 1.3.1 En un vaso de precipitados de 250 ml pesar 60 g de Ioduro de Potasio (KI).
- 1.3.2 Pesar aparte 32.5 g de Iodo (I) resublimado y agregar al vaso de precipitados.
- 1.3.3 Agregar 100 ml de H<sub>2</sub>O destilada y agitar hasta la total disolución. De ser necesario agregar pequeñas cantidades de H<sub>2</sub>O hasta completar la disolución, recordando que a mayor concentración de KI, más fácil resultará la disolución del I.
- 1.3.4 Transferir cuantitativamente a un matraz color caramelo de 2000 ml y llevar a volumen con H<sub>2</sub>O destilada. Conservar la solución en un recipiente color caramelo perfectamente tapado.

##### 1.4 Solución I-KI 0.01N

- 1.4.1 Tomar 200 ml de la solución de I-KI 0.1N y transferir a un matraz color caramelo x 2000 ml y llevar a volumen con H<sub>2</sub>O destilada. Una vez preparada conservar la solución en un frasco color caramelo perfectamente tapado.
- 1.4.2 Pesar con precisión 0.1 mg una masa de 0.2 g de Acido Ascórbico y transferirla cuantitativamente a un matraz x 200 ml, agregar 20g de ácido

- cítrico y llevar a volumen con H<sub>2</sub>O destilada. Disolver perfectamente y proteger el recipiente de la luz.
- 1.4.3 Tomar dos alícuotas de 10 ml de la solución de Acido Ascórbico y transferir a sendos erlenmeyers x 250 ml, añadir 5 gotas de solución indicadora de Almidón al 2% (2 g de Almidón soluble disueltos en 100 ml de H<sub>2</sub>O destilada hirviendo, y luego enfriado a temperatura ambiente)
  - 1.4.4 Titular con la solución I-KI hasta el viraje al color azul y anotar los ml gastados.
  - 1.4.5 Promediar los valores obtenidos y calcular la N real de la solución empleando la siguiente fórmula:

$$N \text{ I-KI} = \frac{0.01 \times 100}{V \text{ I-KI} \times 8.8}$$

## 2.1 PROCEDIMIENTO:

### 1.1.1 **Jugos en polvo**

- 1.1.1.1 Pesar con precisión de 0,1 g, 25g de polvo para una dilución correcta teniendo en cuenta la fórmula y preparación correspondiente a cada producto, colocar en un matraz aforado de 1000ml y llevar a volumen con agua potable, homogeneizando bien la solución.
- 1.1.1.2 Medir exactamente 100 ml de la preparación anterior, colocar en un erlenmeyer y añadir unas gotas de la solución de almidón, titular luego con la solución de Yodo - Ioduro de Potasio de concentración conocida hasta que se produzca el viraje del indicador.
- 1.1.1.3 El cálculo y modo de expresión de resultados es como sigue:

donde: 
$$Vit C (mg/100g polvo) = \frac{V * N * 88 * 1000}{Peso \text{ Fórmula}}$$

V = volumen gastado de titulante (ml).

N = normalidad real del titulante (eq/l).

Peso Fórmula = peso de polvo utilizado (g).

### 2.1.2 Mediciones de acidez titulable

A continuación se detalla el procedimiento de titulación para determinar acidez, parámetro crítico de la estabilidad del proceso. Se utiliza para el propósito de este trabajo el la expresión de ml de titulante gastado. Con una especificación de 9 a 11 % de acidez crítica definida durante el diseño del producto.

#### 2.1.2.1 Instructivo de titulación de acidez.

Descripción.

##### 1.1 SEGURIDAD:

- 1.1.1 En todo momento durante el desarrollo de la técnica él o los analistas deberán utilizar los siguientes Elementos de Protección Personal (EPP): guardapolvo, zapatos de seguridad; guantes apropiados y gafas de seguridad.
- 1.1.2 La disolución de reactivos deberá realizarse bajo campana de aspiración.
- 1.1.3 Toda solución preparada deberá ser rotulada con una etiqueta que indique: Nombre del reactivo presente, fórmula desarrollada, concentración teórica del reactivo, pictogramas de seguridad o diamante de NFPA.

##### 1.2 MATERIALES y REACTIVOS.

- 1.2.1 Balanza Granataria.
- 1.2.2 Bureta Automática x 25 ml.
- 1.2.3 Matraz Aforado x 1000 ml.
- 1.2.4 Erlenmeyer x 250 ml
- 1.2.5 Pipeta volumétrica x 10 ml.
- 1.2.6 Solución 0.1 N de Sodio Hidróxido (OHNa) Valorada.
- 1.2.7 Solución Indicadora de Fenolftaleína al 1%.

##### 1.3 PREPARACION DE SOLUCIONES

###### 1.3.1 Solución NaOH 1N

- 1.3.1.1 Pesar en balanza granataria 80 g de Hidróxido de Sodio (NaOH) para análisis (p.a.).
- 1.3.1.2 Transferir a un matraz de 2000 ml, disolver y llevar a volumen utilizando H<sub>2</sub>O destilada libre de Anhídrido Carbónico (CO<sub>2</sub>) (Hervida durante 20 minutos y enfriada a temperatura ambiente). Precaución: La temperatura se eleva considerablemente durante la disolución del NaOH.
- 1.3.1.3 Pesar con precisión 0.1 mg y por duplicado 3-4 g de Biftalato de Potasio (KHC<sub>8</sub>H<sub>4</sub>O<sub>4</sub>) previamente secado en estufa a 120 °C durante dos horas.
- 1.3.1.4 Transferir cuantitativamente a sendos erlenmeyers y disolver en 50 ml de H<sub>2</sub>O destilada libre de CO<sub>2</sub>.

1.3.1.5 Añadir 5 gotas de indicador de Fenolftaleína al 1 % (1 g de Fenolftaleína en 100 ml de Etanol) a cada erlenmeyer y titular con la solución de NaOH hasta viraje del indicador al rosado.

**1.3.1.6** Calcular la N de la solución con la siguiente fórmula:

$$N \text{ NaOH} = \frac{\text{g KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4 \times 1000}{V \text{ NaOH} \times 204.229}$$

1.3.2 Solución NaOH 0,1N

1.3.2.1 Tomar 200 ml de la solución de NaOH 1N y transferirlos a un matraz de 2000 ml. Llevar a volumen con H<sub>2</sub>O destilada libre de CO<sub>2</sub>.

1.3.2.2 Calcular la N de la solución según lo explicado en los puntos 3.1.3 a 3.1.6, pesando por duplicado 0.3-0.4 g de KHC<sub>8</sub>H<sub>4</sub>O<sub>4</sub> con precisión 0.1 mg.

1.5 PROCEDIMIENTO.

1.5.1 Pesar, con precisión de 0.1 g., la cantidad de polvo necesaria para preparar el producto según su diseño.

1.5.2 Diluir el polvo en agua potable según su diseño. Preparar 1000 ml. en matraz.

1.5.3 Pipetear 10 ml de la preparación, colocar en un erlenmeyer, añadir unas gotas de solución de fenolftaleína, titular luego con la solución de Hidroxido de Sodio (OHNa) valorada hasta que se produzca el viraje del indicador.

1.6 CÁLCULO Y EXPRESION DEL RESULTADO.

1.6.1 El resultado podrá expresarse de dos maneras:

1.6.2 Como los ml de titulante gastados a 0,1N.

$$\text{ml sol 0,1N} = \frac{\text{Vol Real} \times \text{N Reall}}{0,1}$$

Donde: ml sol 0,1N: equivalentes ml de sol 0,1 normal.

N Real: Es la normalidad real de la solución.

0,1: Normalidad teórica.

1.6.3 Como el % de Acidez Cítrica, por medio de la siguiente Fórmula:

$$\% \text{Ac. Cítrica} = \frac{V \times N \times 6,4 \times 100}{\text{PM}}$$

PM

Donde,

V: Volúmen Gastado (ml)

N: Normalidad de la Solución de Sodio Hidróxido

PM: Peso de la muestra (g)

### 2.1.3 Evaluación organoléptica

El control organoléptico contra estándar también se detalla a continuación como técnica estandarizada.

#### 2.1.3.1 Instructivo de análisis organoléptico

##### 1.1 Procedimiento para conformar una muestra estándar o patrón:

Equipamiento y elementos:

1. Balanza analítica.
2. Vaso de precipitado por 250 ml.
3. Cuchara para pesado de ingredientes.
4. Matraz aforado incoloro x 1000 ml.
5. Fórmula oficial vigente del producto/sabor que se desea comparar.
6. Muestras de ingredientes en polvo indicados en la formula oficial. Estos ingredientes en polvo deben estar aprobados por el departamento de calidad de planta Villa Mercedes.
7. Agua potable de la misma procedencia y mismas características que las utilizadas en control de proceso (características en cuanto a sabor y temperatura). El agua utilizada debe estar aprobada por el departamento de calidad de planta Villa Mercedes.

Operación:

1. Pesar en balanza analítica las cantidades necesarias de cada uno de los ingredientes en polvo indicados en la formula oficial, para conformar 1000 ml. de producto listo para consumo.
2. A modo de mejorar el proceso de dilución de los ingredientes mezclar con una cuchara o espátula pequeña las fracciones de ingredientes en polvo obtenidas. Realizar esta operación con los cuidados necesarios para evitar derrames o pérdida de polvo o fracciones.
3. En un vaso de precipitado x 250 ml. disuelva con agua potable los ingredientes fraccionados. Verifique que la disolución de los ingredientes se ha realizado en su totalidad sin presencia de aglomeraciones.
4. Vierta esta disolución en un matraz de 1000 ml y complete el volumen restante (hasta aforo) con agua potable indicada anteriormente.

### 1.2 Procedimiento para realizar test de organoléptico (Degustación):

1. Preparar la muestra estándar o patrón según lo indicado anteriormente correspondiente al producto y sabor a la muestra que desea testear.
2. Preparar la muestra tal cual lo indica el modo de preparación del producto.
3. Vierta una porción de la muestra en un vaso limpio.
4. Vierta una porción de estándar o patrón en un vaso limpio.
5. Deguste ambas muestras y trate de captar las características sabor que presentan y si existe diferencia significativa entre ellas.
6. Se recomienda que la operación de degustación se realice degustando primero el estándar y luego la muestra.

### 1.3 Procedimiento para realizar test de organoléptico (Color visual):

1. Preparar la muestra estándar o patrón según lo indicado anteriormente correspondiente al producto y sabor a la muestra que desea testear.
2. Preparar la muestra tal cual lo indica el modo de preparación del producto.
3. Siempre que realice este test las muestras a comparar deberán estar contenidas en recipientes incoloros similares y los volúmenes similares.
4. Bajo las mismas condiciones ambientales realice la comparación visual entre ellas tratando de detectar las variaciones significativas.

## 2.2 Análisis para determinar la criticidad de los distintos parámetros

Se registraron por 2 meses la cantidad de rechazos de producto por cada uno de los controles de proceso que se realizan y se observa claramente que la principal causa de rechazo definida es la Vitamina C. Igualmente para llegar a atacar el 98% de los problemas se van a validar los sistemas de medición de las tres variables, pero para medir las mejoras se tomará la Vitamina como referencia ya que mejorando este factor solucionamos el 81,9% de los problemas. Se puede observar en el gráfico 3 estos resultados.

La categoría otros corresponde a rechazos por temas que no tienen que ver con estos tres parámetros, retenciones por proceso no apropiado o excepciones.

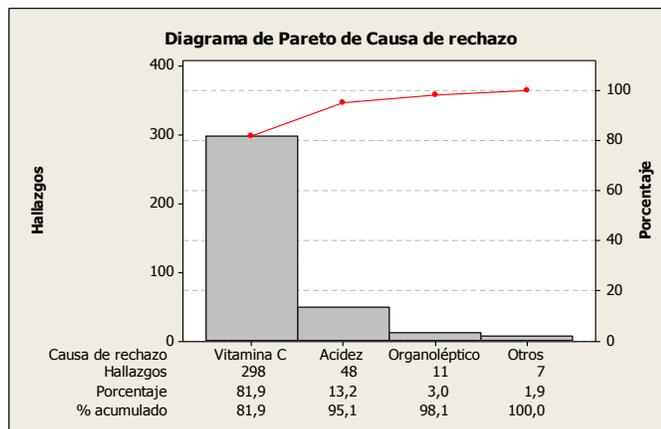


Grafico 3: Pareto de causas de rechazo por problemas de segregación

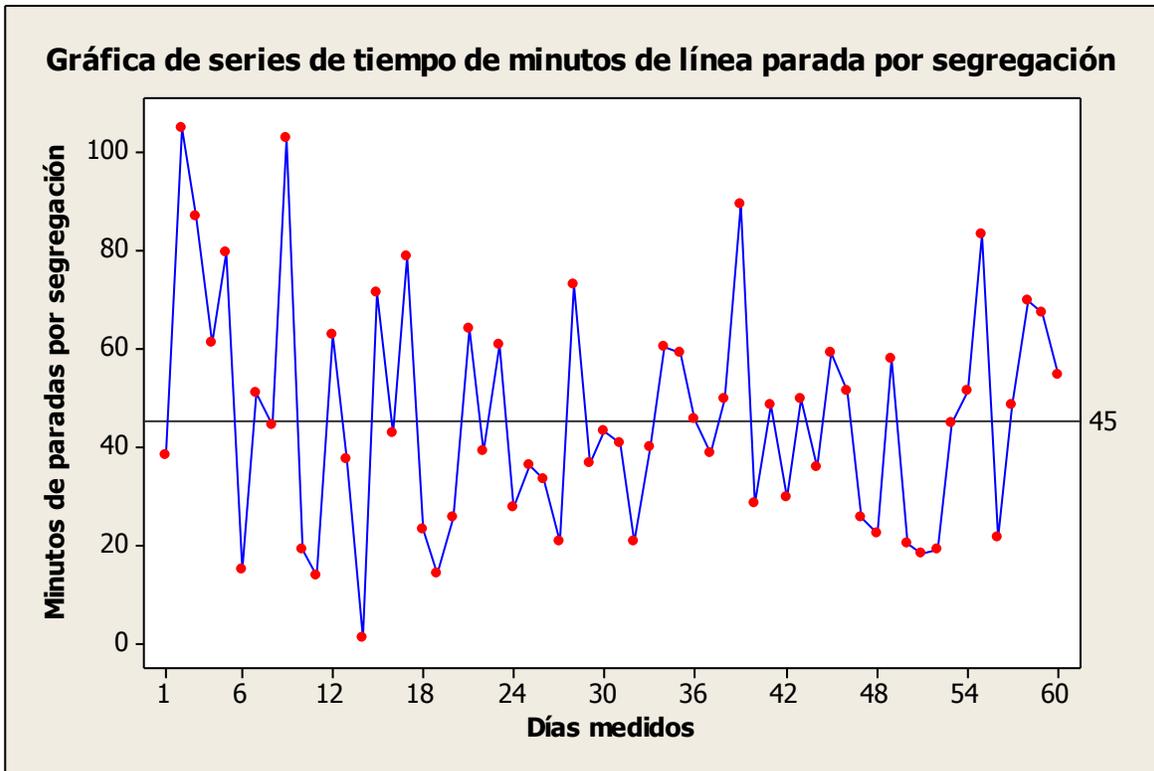


Gráfico 4: Serie de Tiempo de minutos de máquina parada por problemas de segregación por día.

Se puede observar en el gráfico 4 (anterior) la evolución de las paradas por segregación de producto, algunos días hay paradas de más de noventa minutos, con los costos e ineficiencias que esto implica.

Como paso inicial para asegurar una buena calidad de datos se realizaron 3 estudios de análisis de sistemas de medición para asegurar que las variables de salidas claves son medidas de manera confiable. De esta manera sabemos que el problema es real y reducimos la posibilidad de que el problema se encuentre en el sistema de medición (14). Para esto aplicamos los análisis de medición con calibrador de variables y de atributos R&R denominados así ya que determinan la capacidad del sistema de medición de repetitividad con respecto a la misma muestra para el mismo analista, y de reproducibilidad de la misma muestra entre distintos analistas. El objeto de estos estudios no es el de cuestionar la técnica de la titulación o del análisis organoléptico en sí, sino el de determinar si estas técnicas están correctamente aplicadas al proceso productivo en cuestión, si hay ruidos del proceso que están produciendo errores de medición y si los analistas están entrenados para realizar las evaluaciones y registrar los resultados de manera consistente y correcta.

Como ya se definió anteriormente las variables de salida claves son los mg de ácido ascórbico, la acidez y la degustación. Para poder caracterizar a los métodos de medición actuales como apropiados se prepararon 10 muestras con distintas concentraciones de Vitamina, acidez y características organolépticas. Para realizar este estudio se recomienda utilizar rangos que pueden ser hallados en el proceso tanto dentro como fuera de especificación (29). Como evaluadores se definió a los 4 analistas de laboratorio, que liberan más del 80% del producto que se produce. Además para garantizar la repetitividad se realizaron las pruebas tres veces no consecutivas y con las muestras en ordenes aleatorios. Las pruebas se realizaron a lo largo de 7 días. Participando cada persona 1 vez en tres días distintos. Estas combinaciones nos llevaron a realizar 120 titulaciones y 400 degustaciones para los estudio de los sistemas de medición.

### 2.2.1 Análisis de sistema de medición – Calibrador de variables R&R – Vitamina C

Se detalla en la tabla I y II los resultados de las muestras analizadas para la Vitamina C. Inmediatamente debajo se encuentra el análisis gráfico de este sistema de medición.

Tabla I: Análisis del sistema de medición de Vitamina C 4 analistas, 10 muestras y tres repeticiones.

Orden	Muestra	Operadores	Res.	Orden	Muestra	Operadores	Res.	Orden	Muestra	Operadores	Res.
1	10	Analista TA	300	21	6	Analista TC	352	41	1	Analista TA	321
2	6	Analista TA	350	22	8	Analista TC	251	42	2	Analista TA	348
3	2	Analista TA	348	23	9	Analista TC	492	43	7	Analista TA	394
4	8	Analista TA	250	24	10	Analista TC	298	44	6	Analista TA	350
5	4	Analista TA	439	25	2	Analista TC	344	45	5	Analista TA	377
6	1	Analista TA	321	26	7	Analista TC	392	46	9	Analista TA	490
7	5	Analista TA	377	27	4	Analista TC	441	47	8	Analista TA	250
8	7	Analista TA	392	28	3	Analista TC	289	48	4	Analista TA	436
9	9	Analista TA	490	29	1	Analista TC	320	49	3	Analista TA	287
10	3	Analista TA	287	30	5	Analista TC	377	50	10	Analista TA	300
11	6	Analista TB	348	31	9	Analista TD	488	51	3	Analista TB	286
12	7	Analista TB	394	32	2	Analista TD	346	52	5	Analista TB	378
13	10	Analista TB	301	33	6	Analista TD	353	53	1	Analista TB	321
14	2	Analista TB	345	34	5	Analista TD	376	54	10	Analista TB	301
15	3	Analista TB	286	35	8	Analista TD	250	55	7	Analista TB	392
16	9	Analista TB	491	36	1	Analista TD	319	56	6	Analista TB	348
17	5	Analista TB	378	37	4	Analista TD	439	57	8	Analista TB	252
18	4	Analista TB	436	38	7	Analista TD	392	58	4	Analista TB	441
19	8	Analista TB	252	39	10	Analista TD	303	59	2	Analista TB	345
20	1	Analista TB	323	40	3	Analista TD	285	60	9	Analista TB	490

Tabla II: Continuación de tabla 1

Orden	Muestra	Operadores	Res.	Orden	Muestra	Operadores	Res.	Orden	Muestra	Operadores	Res.
61	6	Analista TC	350	81	1	Analista TA	323	101	7	Analista TC	392
62	10	Analista TC	300	82	8	Analista TA	251	102	4	Analista TC	436
63	8	Analista TC	251	83	9	Analista TA	488	103	9	Analista TC	491
64	7	Analista TC	394	84	10	Analista TA	298	104	2	Analista TC	344
65	1	Analista TC	323	85	2	Analista TA	348	105	3	Analista TC	287
66	5	Analista TC	377	86	3	Analista TA	287	106	10	Analista TC	298
67	2	Analista TC	348	87	4	Analista TA	439	107	1	Analista TC	319
68	4	Analista TC	439	88	5	Analista TA	377	108	8	Analista TC	251
69	9	Analista TC	491	89	7	Analista TA	392	109	5	Analista TC	377
70	3	Analista TC	287	90	6	Analista TA	352	110	6	Analista TC	350
71	7	Analista TD	392	91	7	Analista TB	394	111	3	Analista TD	286
72	3	Analista TD	285	92	4	Analista TB	439	112	6	Analista TD	348
73	5	Analista TD	377	93	8	Analista TB	252	113	2	Analista TD	346
74	10	Analista TD	301	94	1	Analista TB	320	114	10	Analista TD	303
75	4	Analista TD	436	95	2	Analista TB	345	115	5	Analista TD	376
76	2	Analista TD	345	96	10	Analista TB	303	116	1	Analista TD	321
77	6	Analista TD	348	97	3	Analista TB	286	117	9	Analista TD	492
78	8	Analista TD	252	98	5	Analista TB	378	118	8	Analista TD	250
79	1	Analista TD	321	99	6	Analista TB	353	119	7	Analista TD	394
80	9	Analista TD	492	100	9	Analista TB	490	120	4	Analista TD	441

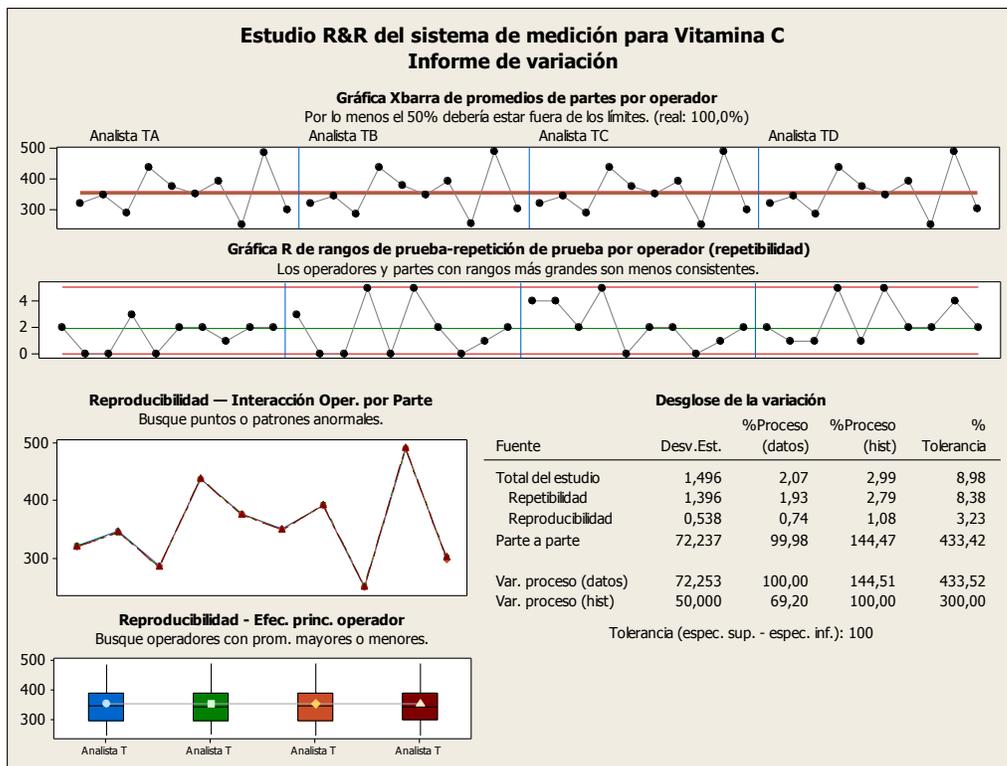


Gráfico 5: Resultados del análisis del sistema de medición de Vitamina C

Se puede observar en el primer sector del gráfico 5 con un Xbara de promedios por parte del analista que nos permite visualizar cual fue el promedio de cada muestra en las tres mediciones que realizó cada analista. Se puede ver que hay una similitud entre los gráficos lo que indica que los promedios de los 4 evaluadores coinciden de manera similar.

El segundo sector del gráfico es el rango de los resultados obtenidos para las 3 muestras, en este caso se puede ver que si bien hay una cantidad importante de rangos mayores que 0 es decir que en dos análisis de la misma muestra los resultados fueron distintos, la mayor diferencia es de 5 mg, lo que me permite inferir que con resultados de Vitamina C entre 305 y 395, o sea el 90% de la especificación no hay errores significativos que confundan al analista y generen producto rechazado como aceptado ni tampoco falso rechazos.

La reproducibilidad, el tercer gráfico de la serie nos permite superponer los 4 gráficos del Xbarra, se puede ver como los promedios de los analistas se superponen casi perfectamente, lo que demuestra que el sistema de medición es bueno y permite asegurar una análisis igual por parte de distintos analistas.

El en gráfico de cajas podemos observar la distribución de resultados obtenidos de los distintos analistas en todas las muestras y en los 3 ensayos. Se puede ver que las medianas, rangos inter cuartiles y bigotes son muy similares por lo que no hay importante fallas en este sentido.

En el desglose de la variación en el gráfico 6 se puede ver que el % de tolerancia total del estudio se encuentra en un 8,98%. Es decir que hay un error menor al 10% de la tolerancia por especificación, por lo que el sistema de medición aparentemente puede medir efectivamente la variable sin agregar grandes errores por cambios en analistas o ruidos de proceso (14).

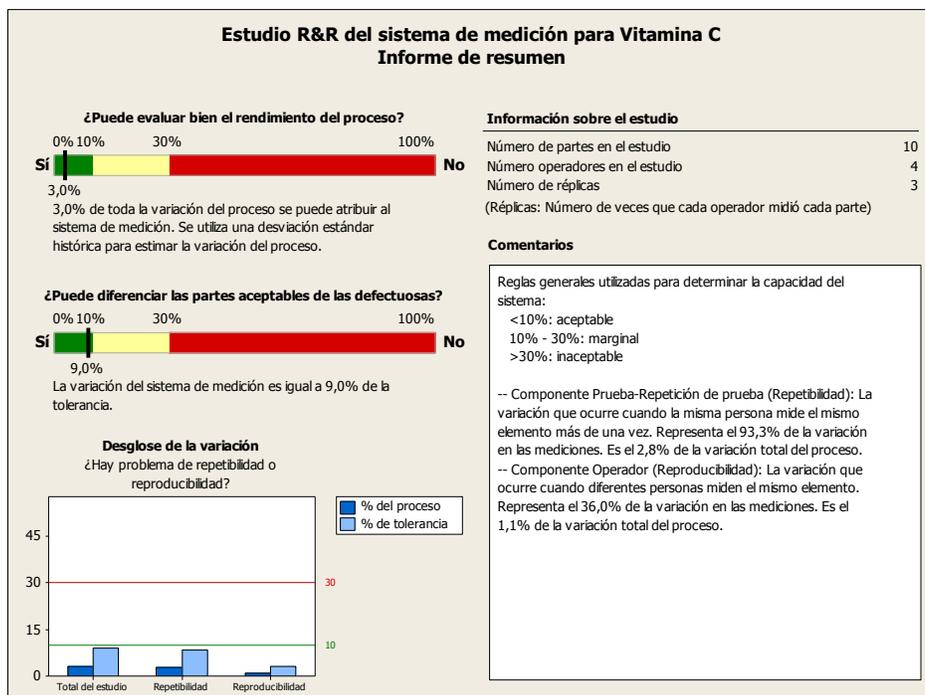


Gráfico 6: Resumen de los resultados del análisis del sistema de medición de Vitamina C

En conclusión este sistema de medición por titulación para el ácido ascórbico es capaz de diferenciar el producto bueno del malo con un importante intervalo de confianza. No es necesario modificar el método. Todos los porcentajes se encuentran debajo del 10% que es el límite para considerar un sistema de medición como aceptable (14).

### 2.2.2 Análisis de sistema de medición – Calibrador de variables R&R – Acidez

En la tabla III y IV se pueden ver los resultados de las muestras analizadas por los analistas para determinar la confiabilidad del sistema de medición del parámetro crítico acidez.

Tabla III: Análisis del sistema de medición de acidez 4 analistas, 10 muestras y 3 repeticiones.

Orden	Muestra	Operadores	Res.	Orden	Muestra	Operadores	Res.	Orden	Muestra	Operadores	Res.
1	10	Analista TA	8,99	21	6	Analista TC	9,99	41	1	Analista TA	11,01
2	6	Analista TA	10,00	22	8	Analista TC	10,00	42	2	Analista TA	11,00
3	2	Analista TA	10,99	23	9	Analista TC	9,99	43	7	Analista TA	9,99
4	8	Analista TA	10,01	24	10	Analista TC	8,98	44	6	Analista TA	10,02
5	4	Analista TA	10,00	25	2	Analista TC	11,01	45	5	Analista TA	9,99
6	1	Analista TA	11,01	26	7	Analista TC	10,00	46	9	Analista TA	9,98
7	5	Analista TA	10,02	27	4	Analista TC	10,00	47	8	Analista TA	9,99
8	7	Analista TA	9,99	28	3	Analista TC	10,99	48	4	Analista TA	9,98
9	9	Analista TA	10,01	29	1	Analista TC	10,98	49	3	Analista TA	10,98
10	3	Analista TA	11,00	30	5	Analista TC	9,99	50	10	Analista TA	9,05
11	6	Analista TB	10,01	31	9	Analista TD	9,99	51	3	Analista TB	10,99
12	7	Analista TB	10,01	32	2	Analista TD	11,00	52	5	Analista TB	9,97
13	10	Analista TB	8,98	33	6	Analista TD	9,99	53	1	Analista TB	11,00
14	2	Analista TB	11,00	34	5	Analista TD	10,02	54	10	Analista TB	9,02
15	3	Analista TB	11,00	35	8	Analista TD	9,98	55	7	Analista TB	9,99
16	9	Analista TB	9,99	36	1	Analista TD	11,01	56	6	Analista TB	10,02
17	5	Analista TB	9,98	37	4	Analista TD	9,99	57	8	Analista TB	9,97
18	4	Analista TB	9,99	38	7	Analista TD	10,00	58	4	Analista TB	10,04
19	8	Analista TB	10,00	39	10	Analista TD	8,99	59	2	Analista TB	10,99
20	1	Analista TB	10,98	40	3	Analista TD	10,99	60	9	Analista TB	9,97

Tabla IV: Continuación de tabla III

Orden	Muestra	Operadores	Res.	Orden	Muestra	Operadores	Res.	Orden	Muestra	Operadores	Res.
61	6	Analista TC	10,01	81	1	Analista TA	11,00	101	7	Analista TC	9,99
62	10	Analista TC	9,02	82	8	Analista TA	9,97	102	4	Analista TC	9,99
63	8	Analista TC	9,97	83	9	Analista TA	10,00	103	9	Analista TC	10,00
64	7	Analista TC	10,00	84	10	Analista TA	9,03	104	2	Analista TC	11,01
65	1	Analista TC	11,00	85	2	Analista TA	10,99	105	3	Analista TC	11,00
66	5	Analista TC	10,00	86	3	Analista TA	11,00	106	10	Analista TC	9,00
67	2	Analista TC	10,99	87	4	Analista TA	10,02	107	1	Analista TC	10,99
68	4	Analista TC	10,00	88	5	Analista TA	10,01	108	8	Analista TC	10,03
69	9	Analista TC	10,00	89	7	Analista TA	10,00	109	5	Analista TC	10,00
70	3	Analista TC	11,00	90	6	Analista TA	10,01	110	6	Analista TC	9,97
71	7	Analista TD	10,00	91	7	Analista TB	10,00	111	3	Analista TD	11,01
72	3	Analista TD	11,00	92	4	Analista TB	10,01	112	6	Analista TD	10,01
73	5	Analista TD	10,02	93	8	Analista TB	10,03	113	2	Analista TD	11,02
74	10	Analista TD	8,98	94	1	Analista TB	10,99	114	10	Analista TD	8,98
75	4	Analista TD	10,03	95	2	Analista TB	11,01	115	5	Analista TD	9,99
76	2	Analista TD	11,00	96	10	Analista TB	9,00	116	1	Analista TD	11,00
77	6	Analista TD	9,98	97	3	Analista TB	11,01	117	9	Analista TD	9,98
78	8	Analista TD	10,03	98	5	Analista TB	9,97	118	8	Analista TD	9,99
79	1	Analista TD	10,98	99	6	Analista TB	9,98	119	7	Analista TD	9,99
80	9	Analista TD	10,01	100	9	Analista TB	10,03	120	4	Analista TD	10,01

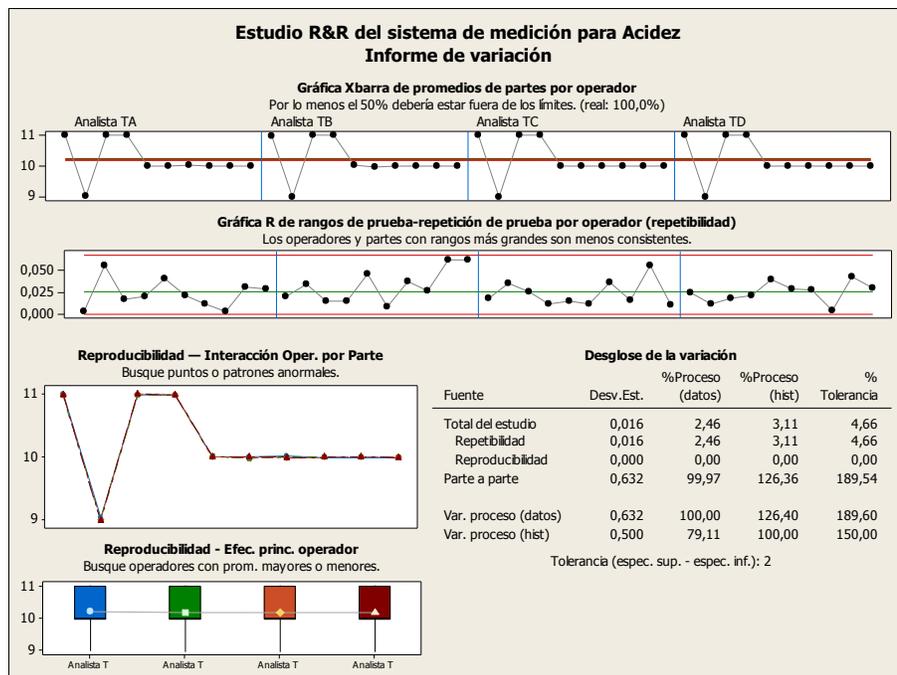


Gráfico 7: Resultados del análisis del sistema de medición de Acidez

Se puede observar en el primer sector del gráfico 7 con un Xbara de promedios por parte de analista que nos permite visualizar cual fue el promedio de cada muestra en las tres mediciones que realizó cada analista. Se puede ver que hay una similitud entre los gráficos lo que indica que los promedios de los 4 evaluadores coinciden.

El segundo sector del gráfico es el rango de los resultados obtenidos para las 3 muestras, en este caso se puede ver que si bien hay una cantidad importante de rangos mayores que 0 es decir que en dos análisis de la misma muestra los resultados fueron distintos, la mayor diferencia es de 0,055 mg, lo que me permite inferir que con resultados de acidez entre 9,05 y 10,95, o sea el 95% de la especificación no hay errores significativos que confundan al analista y que generen producto rechazado como aceptado ni tampoco falso rechazos.

La reproducibilidad, el tercer gráfico de la serie nos permite superponer los 4 gráficos del Xbara, se puede ver como los promedios de los analistas se superponen casi perfectamente, lo que demuestra que el sistema de medición es bueno y permite asegurar una análisis igual por parte de distintos analistas.

El en gráfico de cajas podemos observar la distribución de resultados obtenidos de los distintos analistas en todas las muestras y en los 3 ensayos. Se puede ver que las medianas, rangos intercuartiles y bigotes son muy similares por lo que no hay importante fallas en este sentido.

En el desglose de la variación en el gráfico 8 se puede ver que el % de tolerancia total del estudio se encuentra en un 4,66%. Es decir que hay un error menor al 5% de la tolerancia por especificación, por lo que el sistema de medición aparentemente puede medir efectivamente la variable sin agregar grandes errores por cambios en analistas o ruidos de proceso. Este proceso de medición es incluso superior al de Vitamina C. Como ya se mencionó anteriormente es posible que esta última variable se vea afectada por factores externos como luz, temperatura ambiente, etc, mientras que la acidez se comporta de manera más estable.

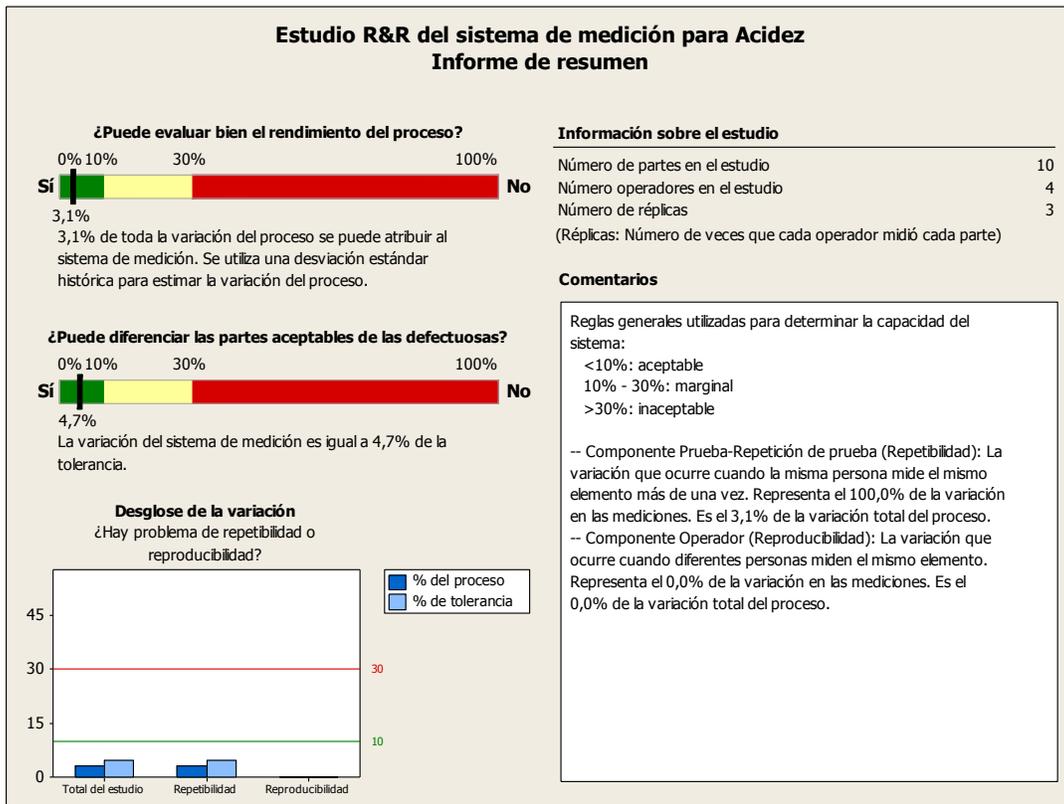


Gráfico 8: Resumen de los resultados del análisis del sistema de medición de Acidez

En conclusión este sistema de medición por titulación para la acidez es capaz de diferenciar el producto bueno del malo con un importante intervalo de confianza. No es necesario modificar el método.

### 2.2.3 Análisis de sistema de medición – Calibrador de atributos R&R – Organoléptico

Para este caso, por ser un atributo el que se define como variable de salida el análisis es mediante el calibrador de atributos R&R, las muestras se prepararon de manera similar, hay 50 muestras de las cuales 30 son muestras que cumplen con la especificación de sabor y color y 20 no lo cumplen con distinto grado de segregación. Se realizan dos repeticiones y con 4 analistas que son los analistas de laboratorio de cada turno. En total se conforma el estudio por 400 mediciones realizadas a lo largo de 7 días no consecutivos para evitar sesgos. Se adjunta la tabla V con algunos resultados, las mediciones completa se pueden ver en el anexo de tablas. Se muestra para mejor comprensión un resumen de las quince primeras mediciones.

Tabla V: Análisis del sistema de medición de Organoléptico 4 analistas, 3 repeticiones. Tabla parcial (completa en anexo de tablas)

Orden	Evaluadores	Ensayos	Muestra	Resultados	Estándar
1	Analista TA	1	Elemento 49	Bueno	Bueno
2	Analista TA	1	Elemento 33	Malo	Malo
3	Analista TA	1	Elemento 12	Bueno	Bueno
4	Analista TA	1	Elemento 47	Bueno	Bueno
5	Analista TA	1	Elemento 35	Bueno	Bueno
6	Analista TA	1	Elemento 28	Malo	Malo
7	Analista TA	1	Elemento 8	Bueno	Bueno
8	Analista TA	1	Elemento 17	Malo	Malo
9	Analista TA	1	Elemento 16	Bueno	Bueno
10	Analista TA	1	Elemento 19	Bueno	Bueno
11	Analista TA	1	Elemento 23	Bueno	Bueno
12	Analista TA	1	Elemento 11	Malo	Malo
13	Analista TA	1	Elemento 50	Bueno	Bueno
14	Analista TA	1	Elemento 5	Bueno	Bueno
15	Analista TA	1	Elemento 9	Malo	Malo

La columna estándar en la tabla anterior corresponde a la valoración real del producto muestreado y los resultados son los definidos por los analistas luego de la degustación.

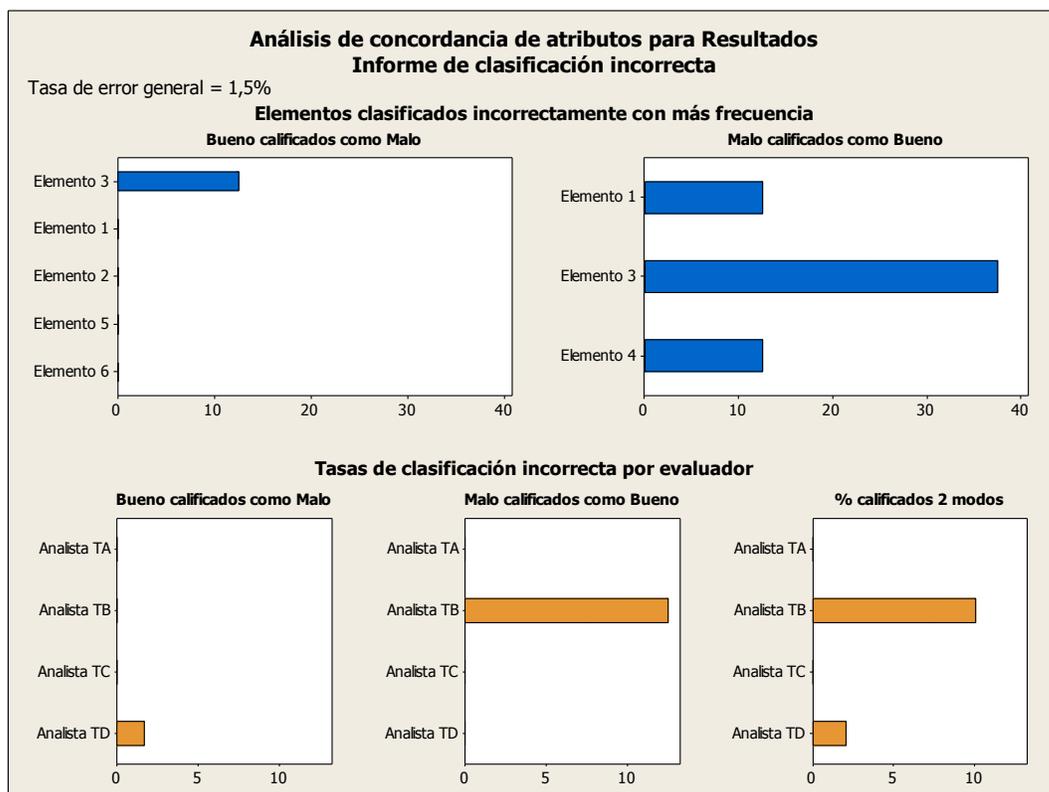


Gráfico 9: Resultados del análisis del sistema de medición de Organoléptico

En el gráfico 9 podemos ver como hay elementos buenos calificados como malos y viceversa. La tasa de error general es del 1,5% por lo que no se generan gran cantidad de errores debido a este sistema de medición. En el gráfico de tasas de clasificación incorrecta por evaluador, podemos observar dos cuestiones interesantes. El analista del turno D califica algunos mezclados buenos como malos, es decir que su nivel de exigencia puede ser superior a lo que se espera de un analista de proceso, y por el contrario el analista del turno B califica mezclados malos como buenos, casi en un 10% de las muestras, esto implica que hay un problema que corregir para evitar errores y perjudicar al cliente. En el gráfico 10 se puede ver el informe de exactitud de la prueba.

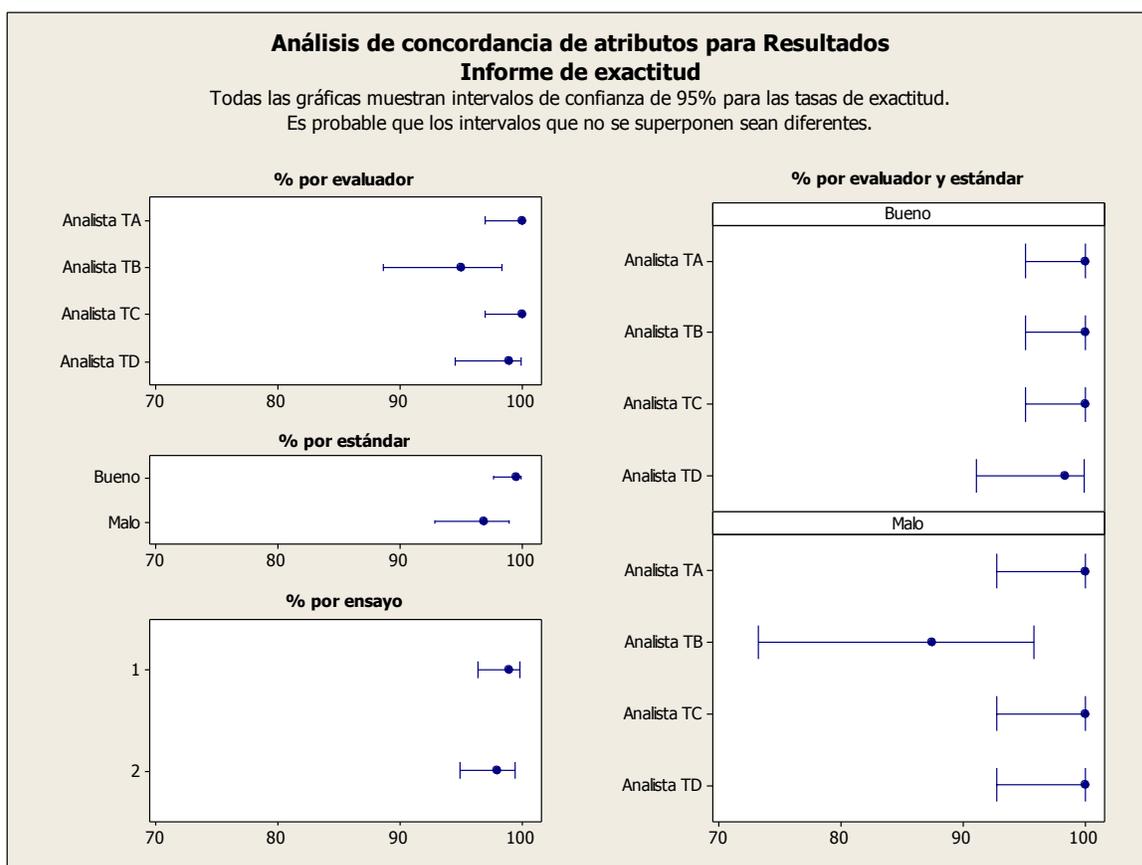


Gráfico 10: Resultados del análisis del sistema de medición de Organoléptico

Se puede ver en el gráfico 10 como se observó con anterioridad que el analista del turno B tiene la mayor dispersión contra estándar en cuanto a respuesta del análisis pero en promedio estamos por encima del 90%.

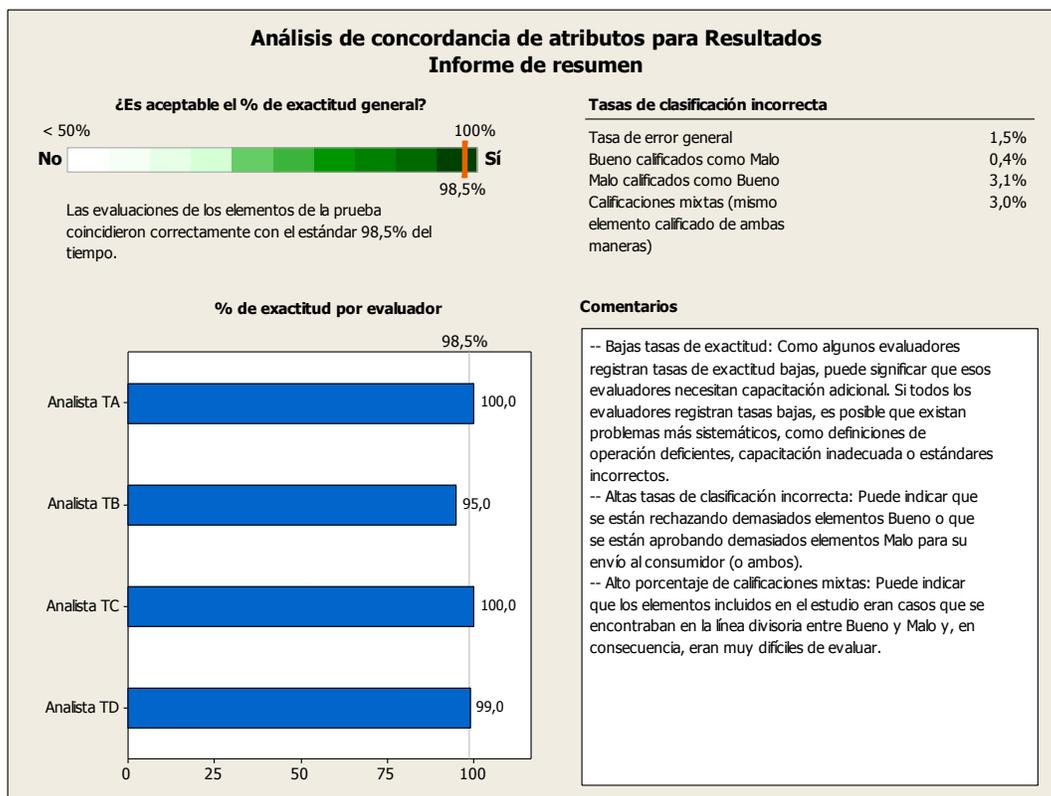


Gráfico 11: Resumen de los resultados del análisis del sistema de medición de Organoléptico

El resumen del gráfico 11 como se puede ver, nos indica estamos en una situación donde podemos decir que el método es muy confiable. Para revertir los errores que se detectaron, si bien no son graves para el estudio en cuestión si pueden impactar negativamente en los resultados esperados, se van a implementar capacitaciones periódicas semestrales para los analistas de todos los turnos con objeto de tener un nivel de aceptación y rechazo acorde a lo que se define por especificación y por las necesidades del negocio de proveer un producto estándar, homogéneo y de calidad. De todas maneras, no es necesario modificar el método por el momento.

### 2.3 Conclusiones de la medición

Los sistemas de medición son confiables, y se puede continuar analizando el proceso con los mismos. Podemos proceder con la etapa de analizar, conociendo que el error que nos incorpora al proceso el sistema de medición es aceptable en las tres variables críticas.

# 3. ANÁLISIS

### 3.1 Análisis de variables y causas raíces

#### 3.1.1 Etapa de Mezclado

Para determinar el comportamiento de las variables se ordenaron los datos de salida de Vitamina C, en una serie de tiempo que se observa en el gráfico 12 para tratar de entender el comportamiento de la variable con el paso del tiempo.

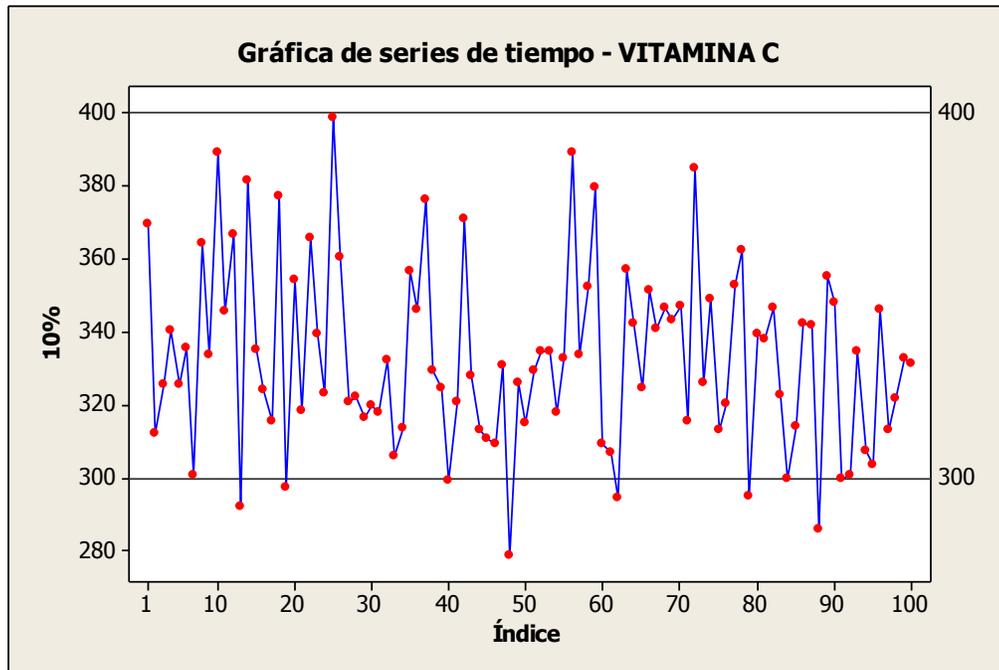


Gráfico 12: Serie de tiempo Vitamina C, evolución y variación de los controles en mezclado

Se puede observar claramente en el gráfico 12 la variación del contenido de Vitamina C, hay puntos fuera de la especificación, sobre todo en el límite inferior. En este control de diez mezclados podemos observar 7 puntos fuera de la especificación. Lo que equivale al 7% de las muestras, esto es consistente con la cantidad de hallazgos que tenemos durante el proceso y la cantidad de producto no conforme que se separa.

Una vez determinado y asegurada la estandarización de los sistemas de medición actuales se realizó un muestreo de 10 mezclados donde se analizaron las variables de salida críticas. Se hace hincapié en la viable de salida de Vitamina C, ya que como se comprobó que es el factor más sensible, en caso que logremos garantizar que esta variable cumpla las especificaciones las otras dos acompañarán la mejora en un factor incluso superior.

Se adjunta un ejemplo en la tabla VI, VII y VIII de los resultados obtenidos en 1 de los 10 mezclados analizados para determinar la situación actual del proceso. El resto de los resultados se puede observar en anexo de tablas

Tabla VI: Vitamina C, evolución en el tiempo con 10 puntos de muestreo

Tiempo / Muestra	Vitamina C (300 mg - 400 mg)				
	0 minutos	30 minutos	60 minutos	90 minutos	120 minutos
1	349	348	366	366	355
2	335	332	345	346	347
3	356	355	349	339	343
4	351	354	335	367	366
5	366	355	356	355	349
6	346	347	351	354	335
7	339	343	355	355	356
8	367	366	354	347	351
9	354	345	355	356	355
10	344	336	347	351	354

Tabla VII: Acidez, evolución en el tiempo con 10 puntos de muestreo

Tiempo / Muestra	Acidez (9 ml - 11 ml)				
	0 minutos	30 minutos	60 minutos	90 minutos	120 minutos
1	9,8	10	10,1	9,8	10,1
2	9,8	9,9	9,8	10	9,9
3	10	10	9,8	9,9	10
4	10,1	10,3	9,8	9,8	10,3
5	9,8	10	10	10	10
6	9,8	9,9	10,1	10,3	10,3
7	10	10	9,8	10,1	10
8	10,3	10,3	9,8	9,8	9,8
9	10	9,8	10	9,8	9,8
10	9,9	9,8	9,9	10,1	10,1

Tabla VIII: Organoléptico, evolución en el tiempo con 10 puntos de muestreo

Tiempo / Muestra	Organoléptico				
	0 minutos	30 minutos	60 minutos	90 minutos	120 minutos
1	OK	OK	OK	OK	OK
2	OK	OK	OK	OK	OK
3	OK	OK	OK	OK	OK
4	OK	OK	OK	OK	OK
5	OK	OK	OK	OK	OK
6	OK	OK	OK	OK	OK
7	OK	OK	OK	OK	OK
8	OK	OK	OK	OK	OK
9	OK	OK	OK	OK	OK
10	OK	OK	OK	OK	OK

El resumen gráfico 13 y 14 muestra los datos estadísticos más significativos del proceso.

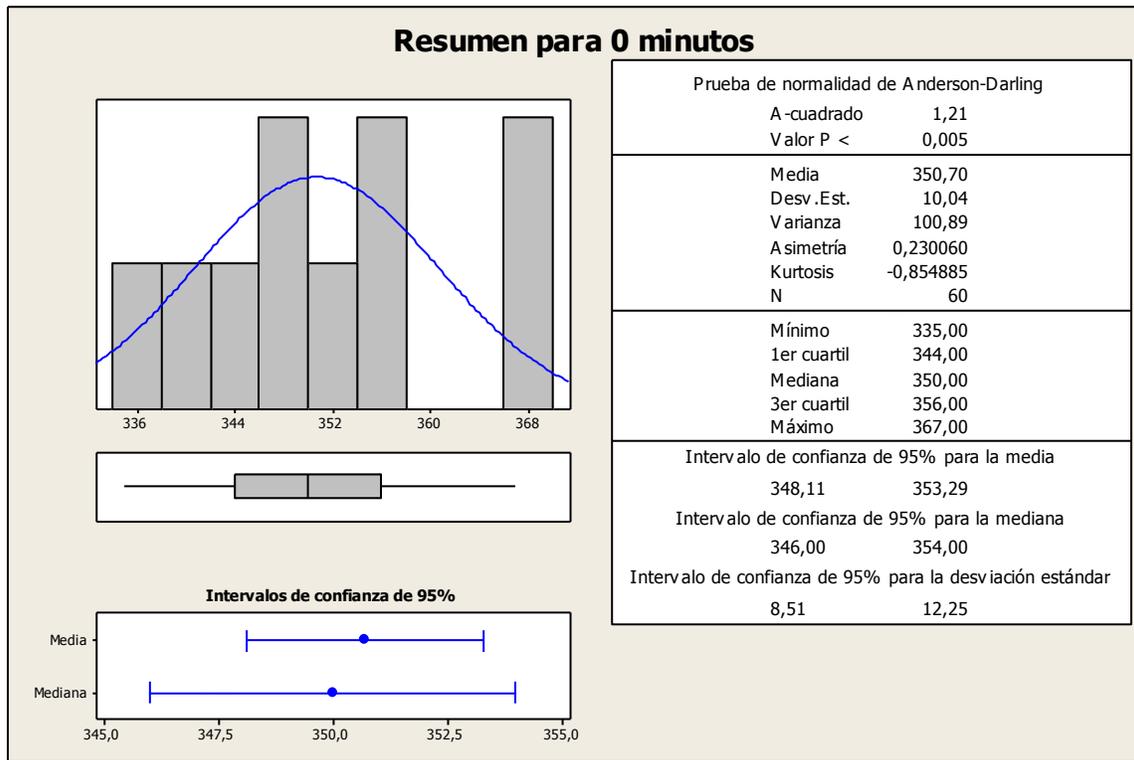


Gráfico 13: Resumen gráfico para Vitamina C al minuto 0

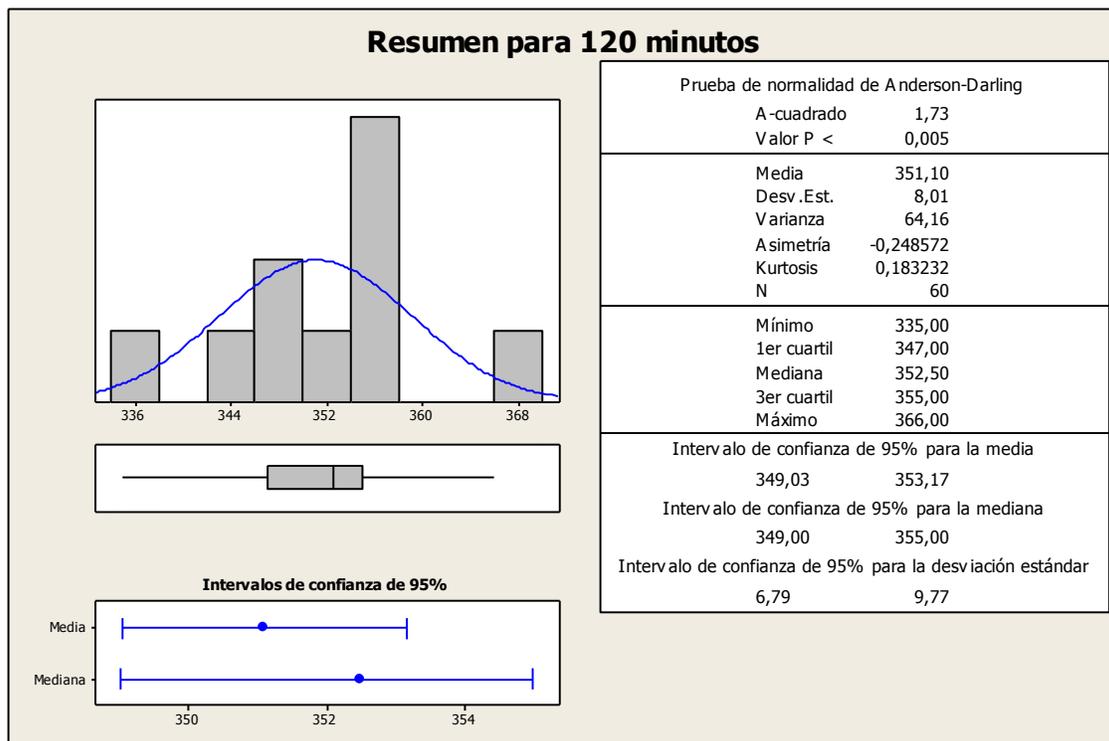


Gráfico 14: Resumen gráfico para Vitamina C al minuto 120

Se puede observar en el gráfico 13 y 14 una buena media que no varía casi con el tiempo y una desviación estándar que permite asumir que el proceso está bajo control.

Para determinar la capacidad de proceso se utiliza una gráfica de control que permite obtener el cpm del proceso que se define como la cantidad de veces que el proceso entra en la especificación definida (6).

$$C_{pm} = \frac{LSE - LIE}{6 * \sqrt{(x - T)^2 + s^2}}$$

T=Objetivo

S=desvío estándar de la muestra

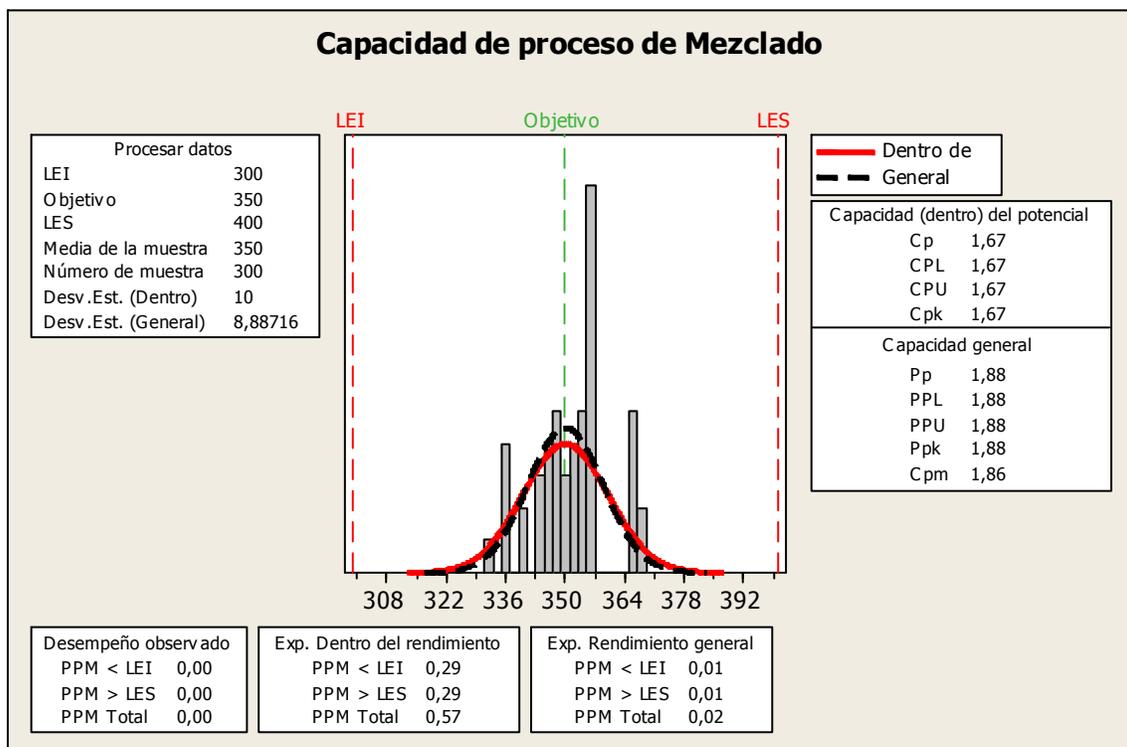


Gráfico 15: Capacidad de proceso para Vitamina C en etapa de mezclado

Se puede ver en el gráfico anterior (15) que esta etapa del proceso incluso teniendo en cuenta los valores de acidez y Vitamina C 2 horas después de ocurrido el mezclado que no hay grandes variaciones. Podemos observar una capacidad de proceso de 1,86, lo que demuestra una buena distribución dentro de las especificaciones y una gran capacidad para cumplir las mismas.

Para corroborar esta teoría se realiza una prueba de hipótesis que compara la media de la muestra con el objetivo y el desvío estándar de la muestra con un desvío estándar que es 16,66 o menor para poder lograr un cpm de 1. Este valor se obtiene del cálculo de cpm, un valor de 1 para este dato implica que el desvío de la población entra 6 veces en la diferencia entre especificación máxima y mínima. Como la diferencia de especificación corresponde a 100 puntos, para que un valor entre 6 veces la desviación no puede ser mayor a 16,66 (29).

Se utiliza la prueba de 1 t para comparar la media con un objetivo

$H_0 \text{ --- } \mu = 350$

$H_a \text{ --- } \mu \neq 350$

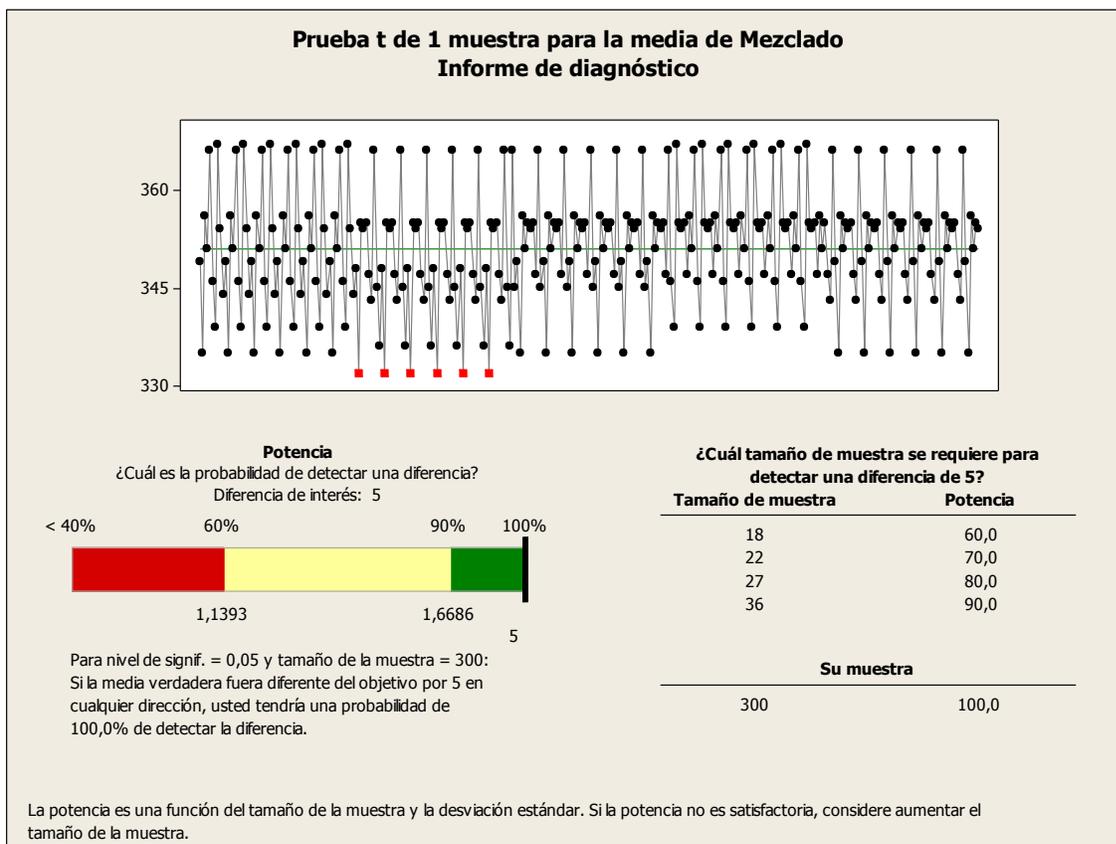


Gráfico 16: Prueba t para determinar diferencias mayores a 5 con respecto al objetivo en etapa de mezclado.

En el gráfico 16 se puede observar que con la cantidad de muestras tenemos una potencia de la prueba del 100%, por lo que no corremos riesgo de error por tener una muestra pequeña. No rechazamos  $H_0$  y concluimos que la media es igual al objetivo.

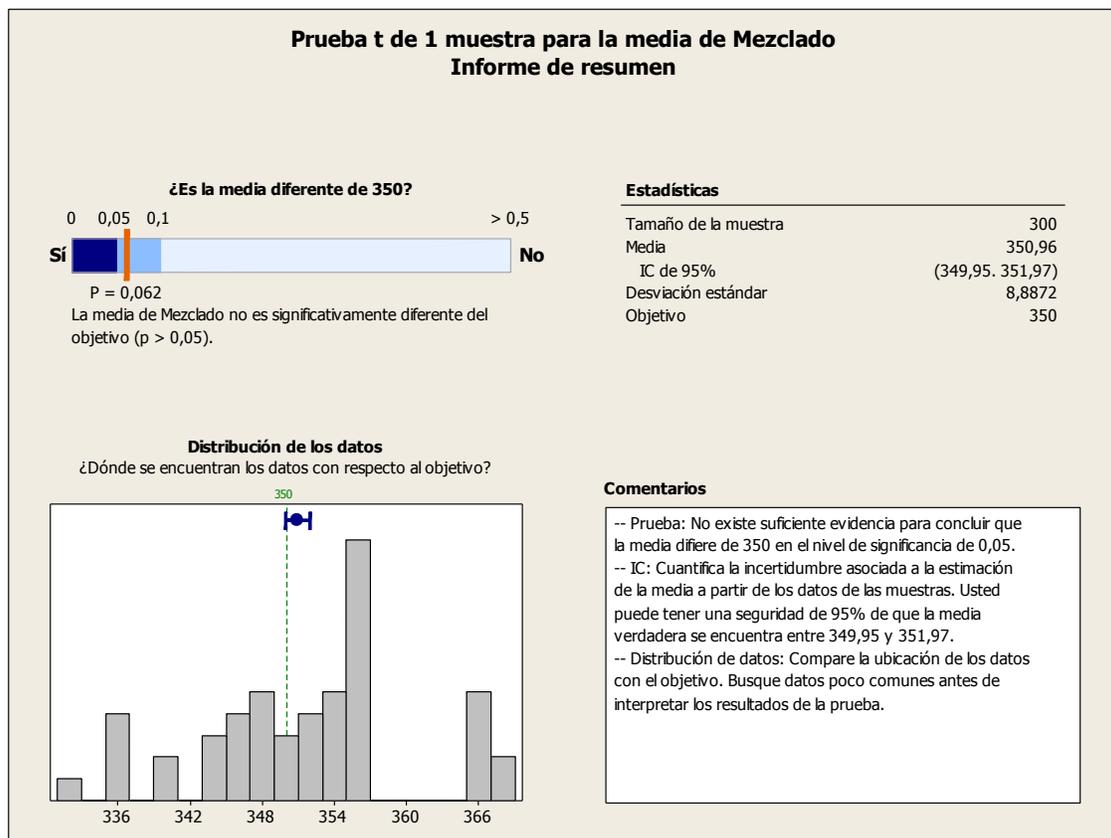


Gráfico 17: Prueba t, Informe de resumen de la prueba de hipótesis para la media.

Se puede ver que con un intervalo de confianza de 95% la media no es diferente de 350 y los límites mínimos y máximos de la población debieran estar entre 349,95 y 351,97. No rechazamos  $H_0$  y concluimos que la media es igual al objetivo. El gráfico 17 permite observar gráficamente estas conclusiones.

Para determinar si el desvío estándar corresponde con un proceso bajo control o no utilizamos el siguiente objetivo.

$$H_0 = \sigma \leq 16,6666$$

$$H_a = \sigma > 16,6666$$

$$\alpha = 5\%$$

$$\beta = 10\%$$

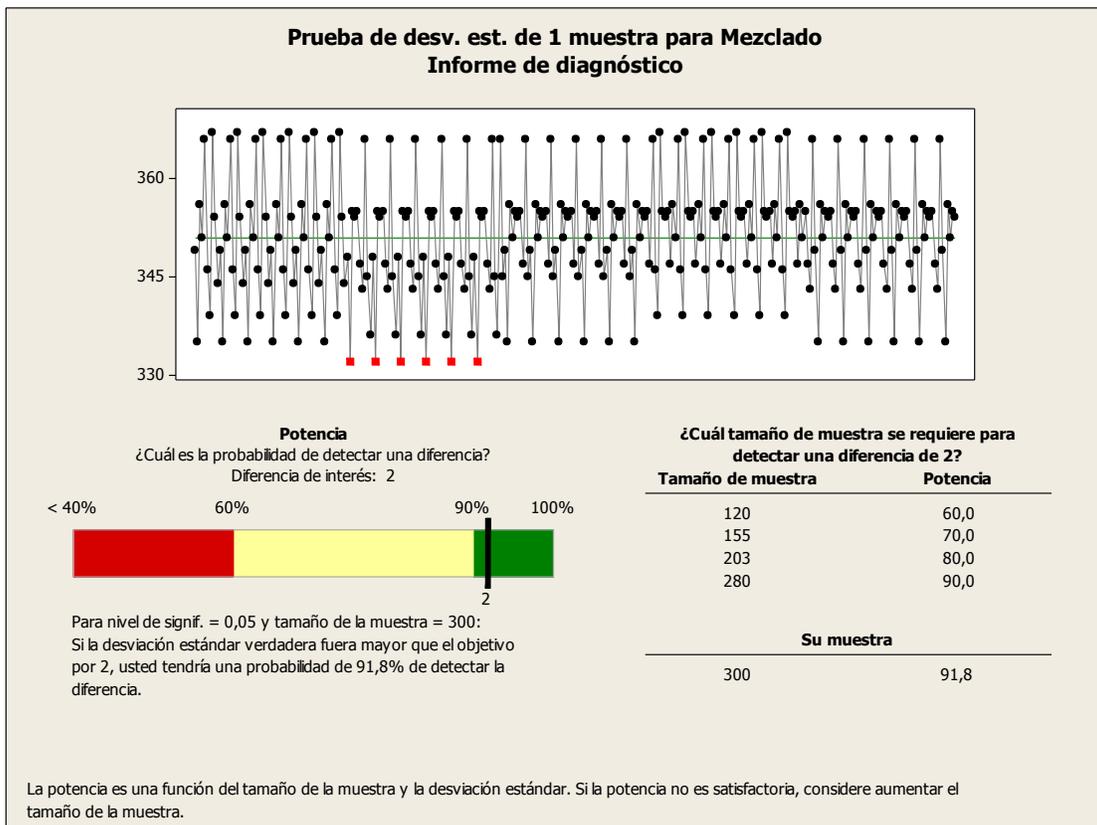


Gráfico 18: Prueba t para determinar diferencias mayores a 2 con respecto a la desviación estándar objetivo en etapa de mezclado.

Se observa en el gráfico 18 que con la muestra tenemos una potencia de 91,8% esto se condice con el objetivo de más del 90%, se puede resolver que la desviación estándar no es mayor a 16,66, por lo que se mantiene hipótesis nula y se descarta la hipótesis alternativa.

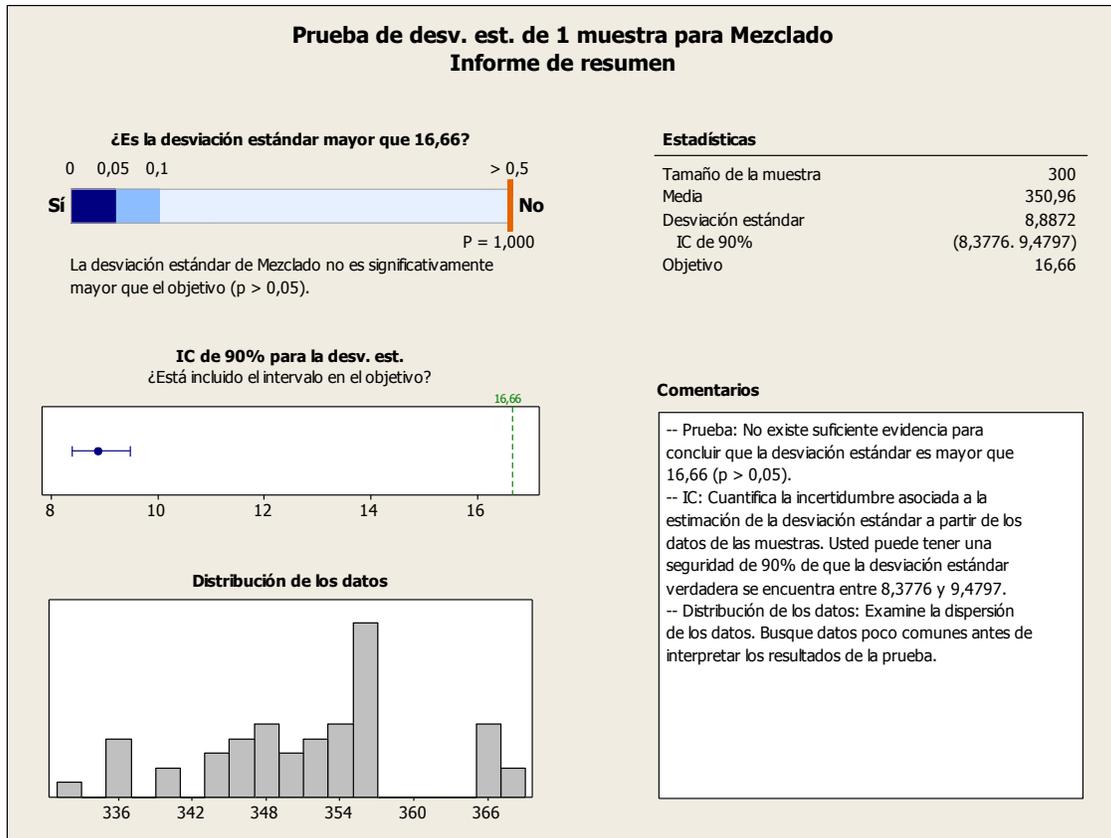


Gráfico 19: Prueba t, Informe de resumen de la prueba de hipótesis para desviación estándar

Se puede ver en el gráfico 19 que en esta etapa cumple con los requisitos de un proceso bajo control con los parámetros definidos anteriormente por lo que avanzamos a la siguiente etapa para poder determinar si en esa etapa hay diferencias con respecto a esta etapa anterior.

### 3.1.2 Etapa de transporte a la tolva o tote

La segunda etapa del proceso consiste en bajar el mezclado al tote. Este proceso se hace por gravedad, la válvula de la mezcladora se abre una vez liberado el lote mediante los análisis mencionados y desde una altura de 3 m cae al tote a través de una manga. En la figura 7 y 8 observamos el proceso de bajada en la primera y los puntos para el muestreo del producto en la tolva en la segunda.

En esta etapa se va a determinar si hay segregación por este proceso de bajada de producto. Para determinar esto se sacan 10 muestras también en forma descendente y representativa en todo el tote y se analizan las mismas variables de salida definidas anteriormente.



Figura 7: Bajada de la mezcladora

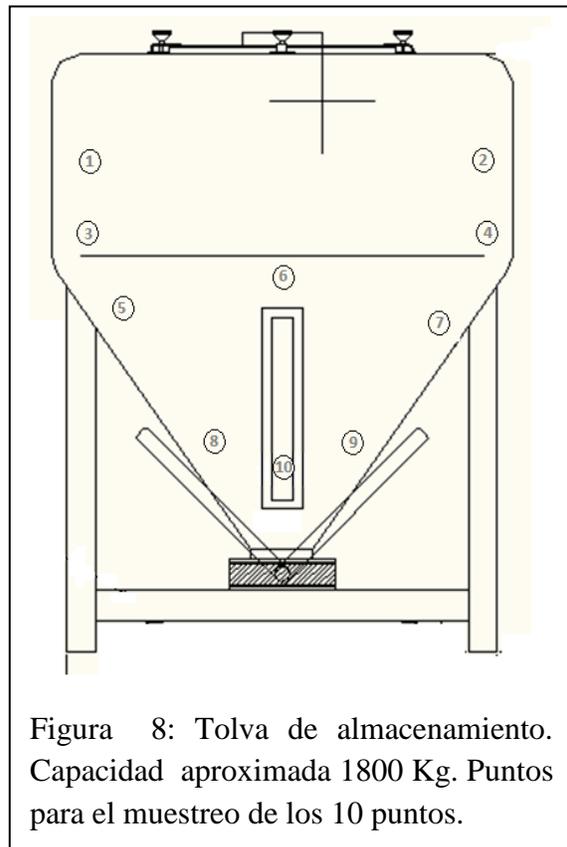


Figura 8: Tolva de almacenamiento. Capacidad aproximada 1800 Kg. Puntos para el muestreo de los 10 puntos.

Se toman también 10 mezclados consecutivos obteniendo los siguientes resultados. Para determinar si el proceso de segregado se produce durante el llenado del tote o mientras el producto espera a ser envasado se toman muestras cada 30 minutos hasta 3 horas, muy rara vez el producto espera más que este tiempo para ser envasado por lo que en condiciones normales nunca supera las 2 horas. En la tabla IX se observan los resultados parciales de esta prueba.

Tabla IX: Vitamina C en tote en función del tiempo.

Tiempo / Muestra	Vitamina C (300 mg - 400 mg)				
	0 minutos	30 minutos	60 minutos	90 minutos	120 minutos
1	325	338	328	348	362
2	375	339	337	333	328
3	369	335	340	340	341
4	315	359	353	327	310
5	354	357	354	350	345
6	362	335	346	339	343
7	333	325	344	341	316
8	337	322	339	312	337
9	335	351	320	340	351
10	300	329	343	352	330

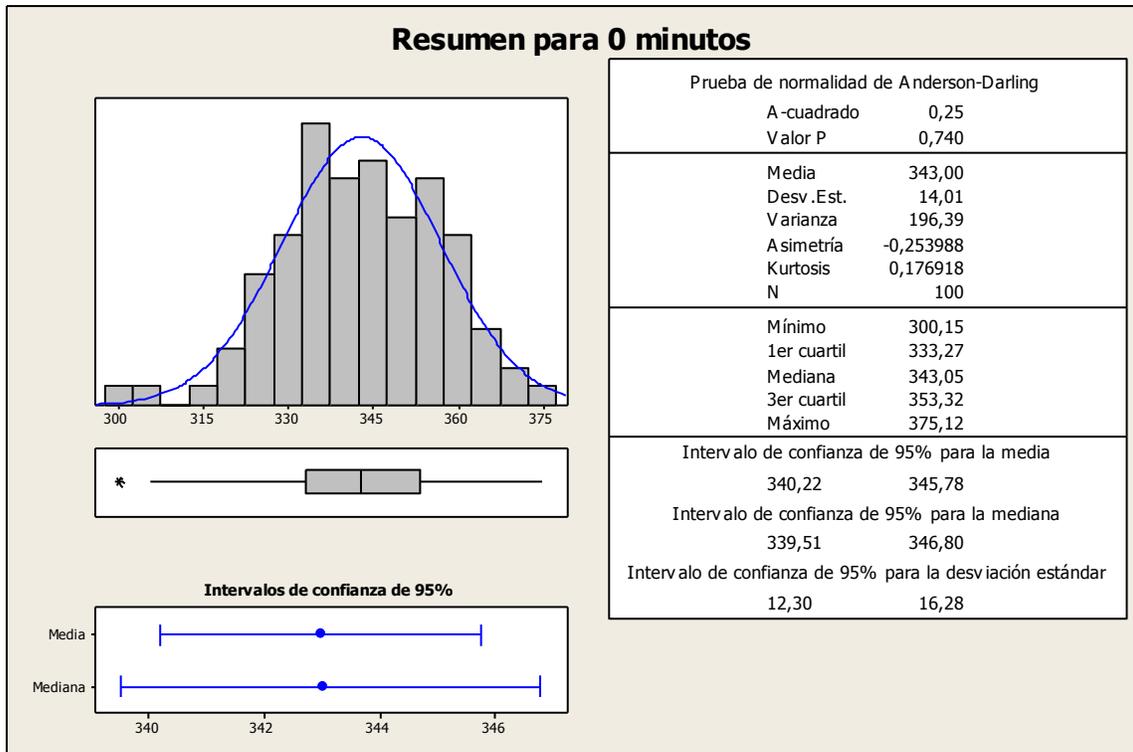


Gráfico 20: Resumen gráfico de Vitamina C en Tote para 0 minutos

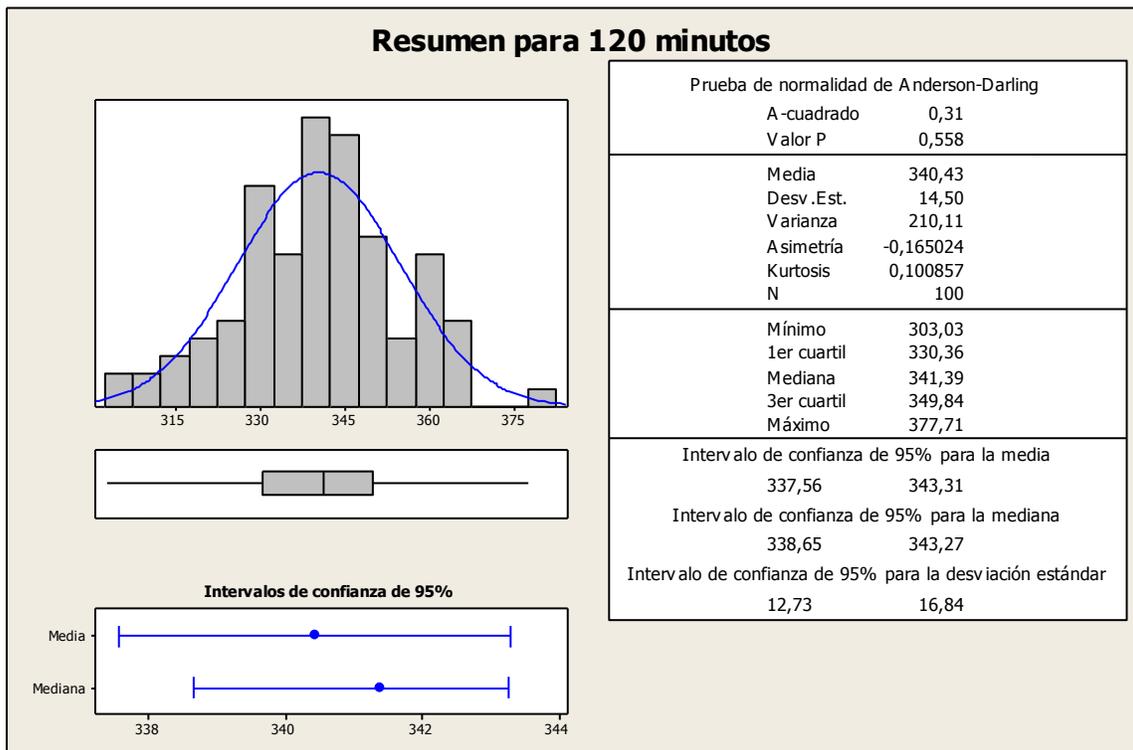


Gráfico 21: Resumen gráfico de Vitamina C en Tote para 120 minutos

En el gráfico 20 y 21 se puede observar un corrimiento de la media hacia el límite inferior. Aparentemente con el proceso de bajar el mezclado al tote se obtiene cierta segregación, que si bien no es suficiente para llevar al proceso fuera de especificación este ya comienza a segregarse. Se puede observar una media de 342 mg de Ácido ascórbico por litro mientras que en el producto recién mezclado se observaba una media estable de 350 mg. Este corrimiento del 2,28 % puede parecer insignificante desde el punto de la media ya que todavía se encuentra muy cerca del objetivo pero no lo es tanto si se considera la desviación estándar que se incrementó en un 50%.

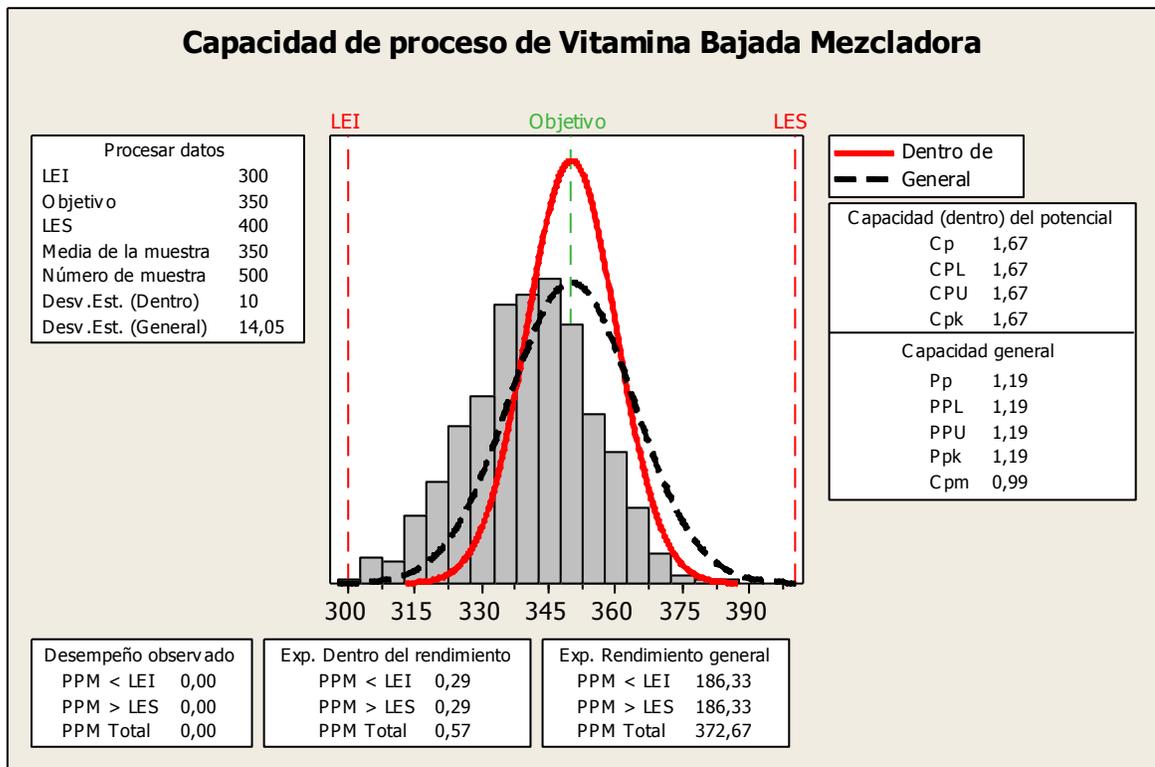


Gráfico 22: Resumen gráfico de Vitamina C en bajada de mezcladora

Analizado desde el punto de vista de la capacidad del proceso también se puede determinar que si bien estaríamos dentro de las especificaciones con un cpm de 0,99 podemos concluir que en esta etapa el proceso no se sale de especificación pero queda muy cerca de ello. El gráfico 22 nos permite observar gráficamente estos parámetros. Con estos resultados pudimos inferir que cualquier variación en el proceso puede provocar valores por fuera de los límites permitidos. Los valores organolépticos hasta el momento están todos dentro de especificación, lo que implica una segregación leve sin consecuencias para el consumidor final.

Para poder entender más el proceso se decidió comparar los valores obtenidos en la mezcladora, con los valores obtenidos en la tolva una vez que se realiza la transferencia. Para esto utilizamos una prueba t para comparar las medias de Vitamina C en ambas etapas como se observa en el gráfico 23.

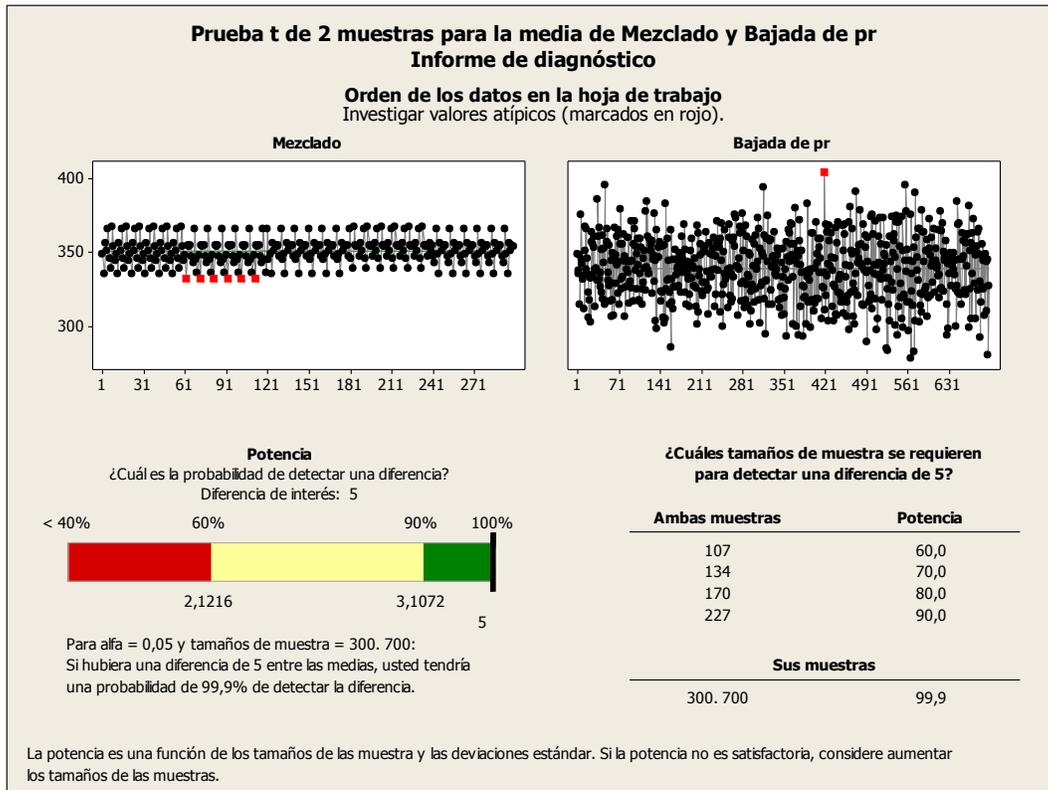


Gráfico 23: Prueba t para detectar diferencia de media entre el proceso de mezclado y la bajado a la tolva

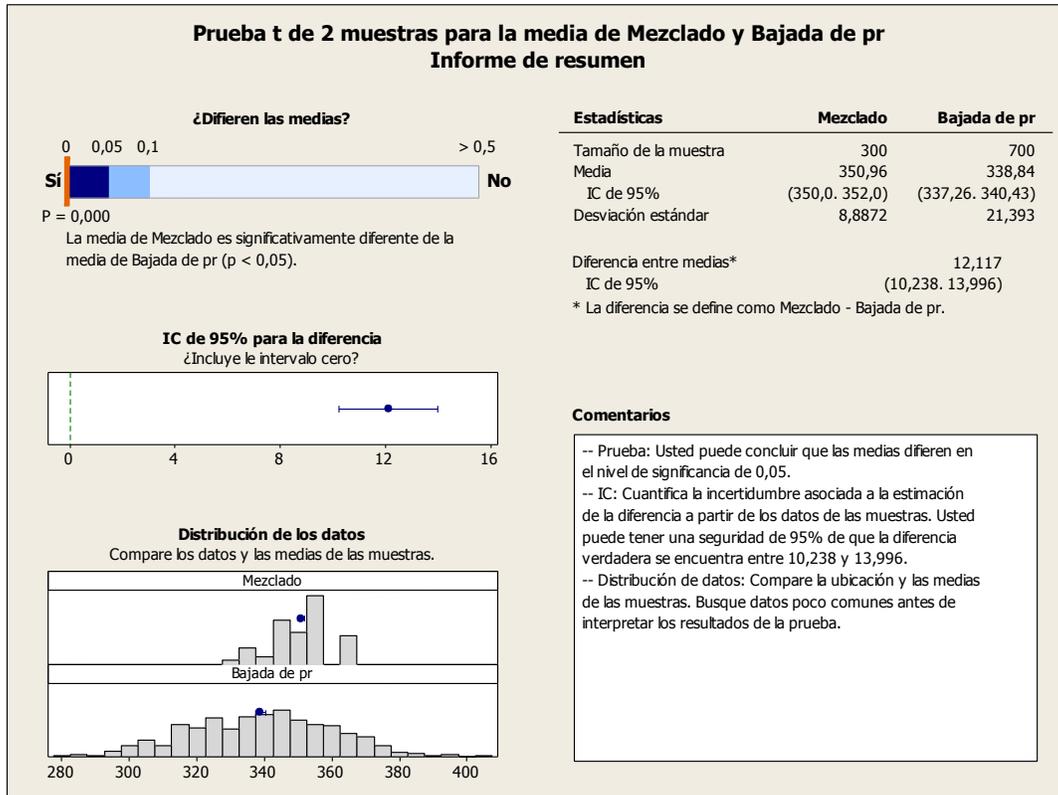


Gráfico 24: Prueba t para detectar diferencia de media entre el proceso de mezclado y la bajado a la tolva.

Se puede ver en este análisis en el gráfico 24 que hay una diferencia entre las medias en las dos etapas, por lo que la misma impacta en una de nuestras variables de salida. Por ende, la transferencia de masa utilizando la gravedad desde la mezcladora hacia la tolva nos genera una segregación que si bien no es grave aún ya da pautas de que el proceso de segregación ha comenzado.

### 3.1.3 Capacidad de proceso de envasamiento

La última etapa que va a ser analizada es la de la transferencia de la tolva a la máquina de envasado. Esta transferencia también hace uso de la gravedad. El tote cuenta con una válvula que puede abrirse y cerrarse manualmente. En el piso hay un caño de bajada que termina directamente en la envasadora dosificando en un plato que volumétricamente determina la cantidad que llevará cada sobre. El producto se auto regula por gravedad ya que el plato permite dosificar hasta que se llenan las tazas volumétricas. Si la densidad varía el proceso se ve afectado ya que varía el peso que el mismo volumen ocupa lo que genera variación de peso, con sobres por fuera de la especificación legal. Para analizar el fenómeno de segregación durante el vaciado de la tolva se van a sacar diez muestras en distintos momentos de vaciado. Se inicia la tarea cuando se abre la válvula del tote, luego cada 10% de producto envasado se retira otra muestra y se observa la variación. Los resultados se encuentran en la tabla X. Como este producto está en estado dinámico y se envasa para la venta se analizará la media y desviación en cada punto y luego se las comparará entre ellas para determinar segregación progresiva.

Tabla X: Resultados de Vitamina C en tolva durante el vaciado de la misma.

Muestra	Vitamina C (300 mg - 400 mg)									
	Lleno	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
1	317	342	349	378	359	350	346	363	349	369
2	328	368	326	351	315	298	371	323	277	312
3	346	347	327	339	317	335	302	363	362	326
4	318	329	340	352	341	357	370	311	312	340
5	348	319	312	326	323	365	351	335	396	325
6	340	346	371	352	358	358	306	379	327	336
7	356	362	320	344	305	345	338	325	328	301
8	356	341	324	387	339	335	337	319	315	364
9	353	357	356	308	330	336	292	351	299	334
10	374	326	351	345	345	324	328	341	374	389

e detalla a continuación el resumen gráfico (gráfico 25, 26 y 27) de tres etapas para demostrar la segregación que ocurre a medida que el tote se va vaciando.

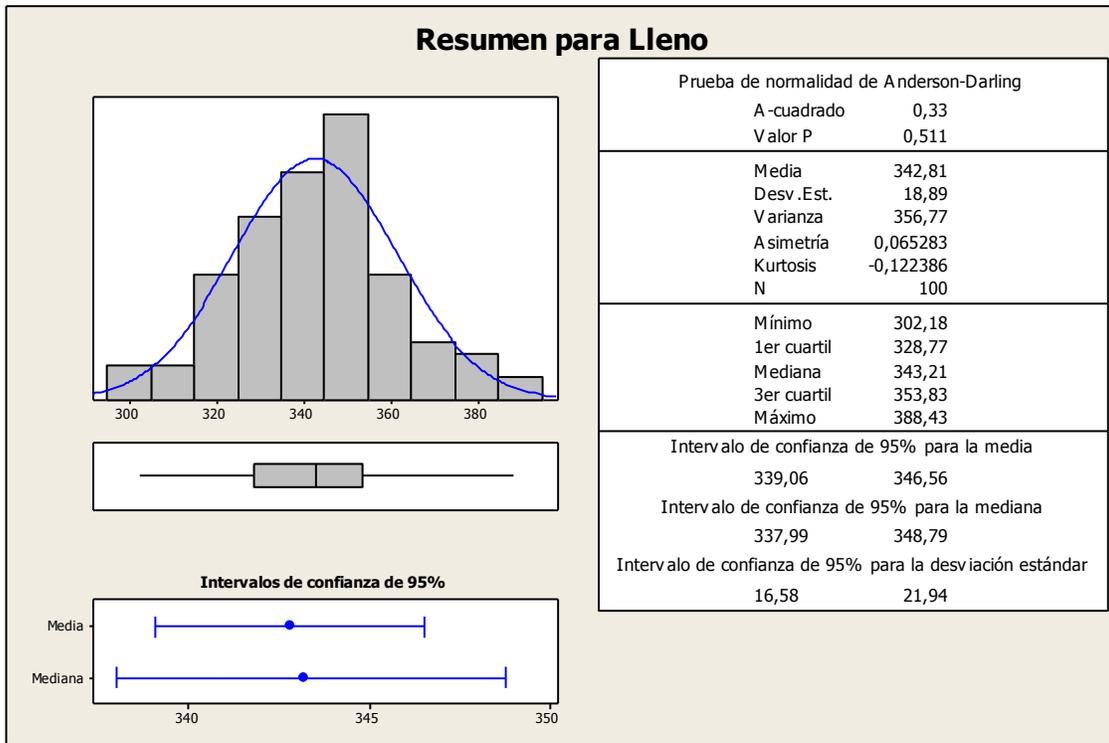


Gráfico 25: Resumen gráfico para Vitamina C mientras la tolva está llena en 10 puntos en 10 mezclados.

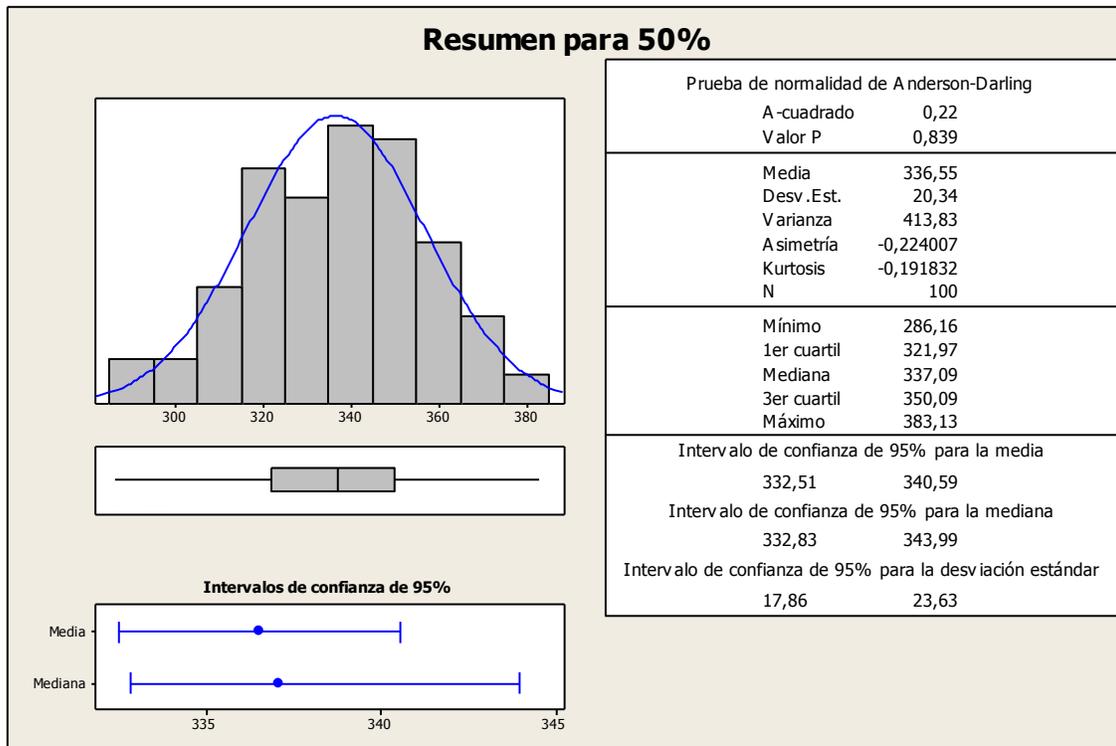


Gráfico 26: Resumen gráfico para Vitamina C mientras la tolva está al 50% en 10 puntos en 10 mezclados.

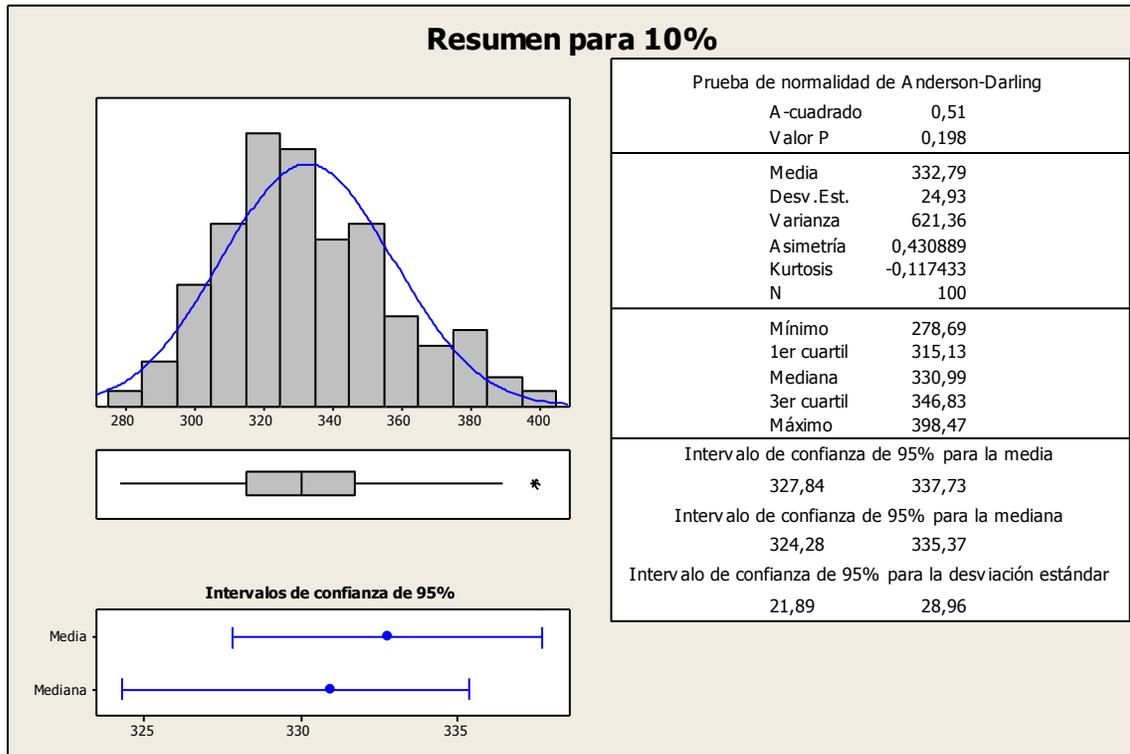


Gráfico 27: Resumen gráfico para Vitamina C mientras la tolva está al 10% en 10 puntos en 10 mezclados.

Se puede ver claramente como la desviación estándar casi se duplica con respecto a la desviación que teníamos con el tote en reposo. La media va bajando, ya se pueden observar valores fuera de especificación cuando estamos con la tolva al 50%. Cuando ya queda el 10% se puede observar claramente que el valor mínimo se encuentra en 278 mg de Ácido Ascórbico, casi un 10% inferior al límite permitido.

Se puede observar que todas las muestras corresponden a distribuciones normales, por lo que corresponde por ser más de dos muestras con distribución normal, realizar una comparación de medias por método ANOVA de un solo factor como se observa en el gráfico 28 y 29.

$$H_0 \text{ --- } \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7 = \mu_8 = \mu_9 = \mu_{10}$$

$$H_a \text{ --- } \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6 \neq \mu_7 \neq \mu_8 \neq \mu_9 \neq \mu_{10}$$

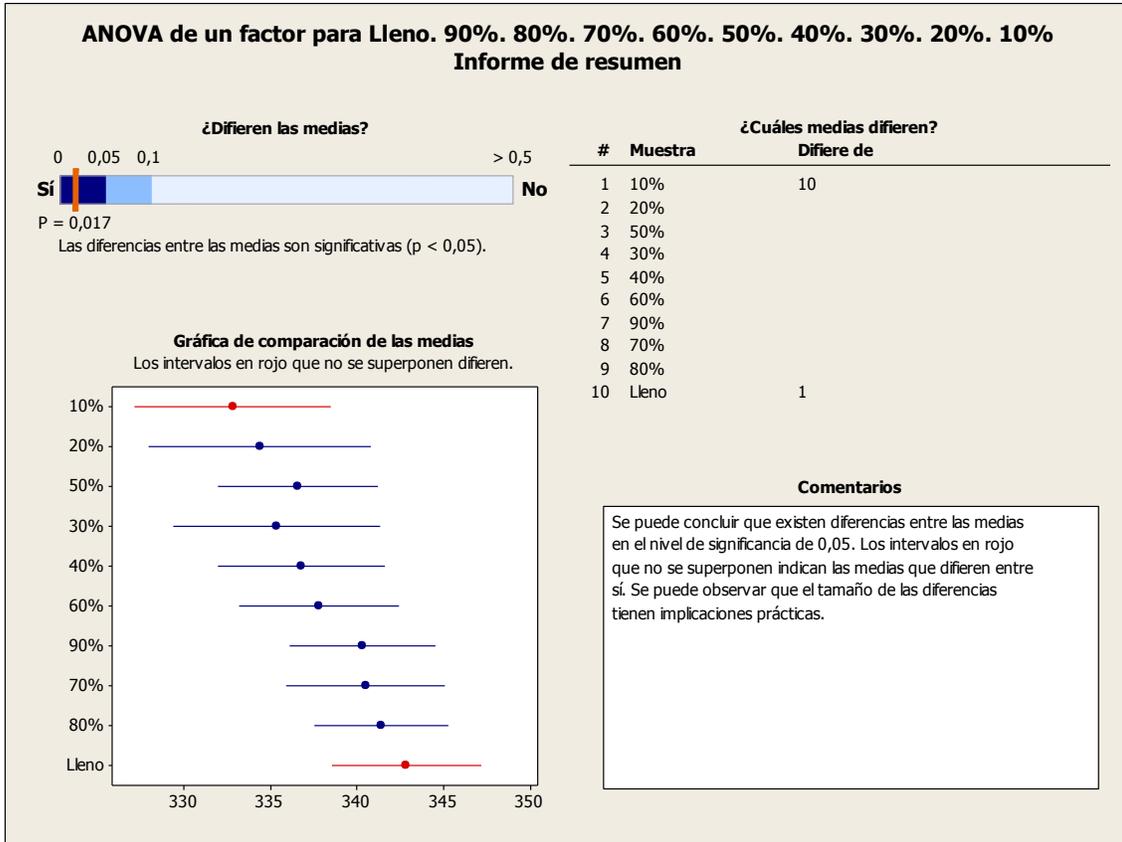


Gráfico 28: ANOVA para determinar diferencias entre las medias de Vitaminas C en tolva

Se puede ver que se descarta la hipótesis nula por el valor de p y nos quedamos con la hipótesis alternativa, donde decimos que las medias son diferentes entre sí.

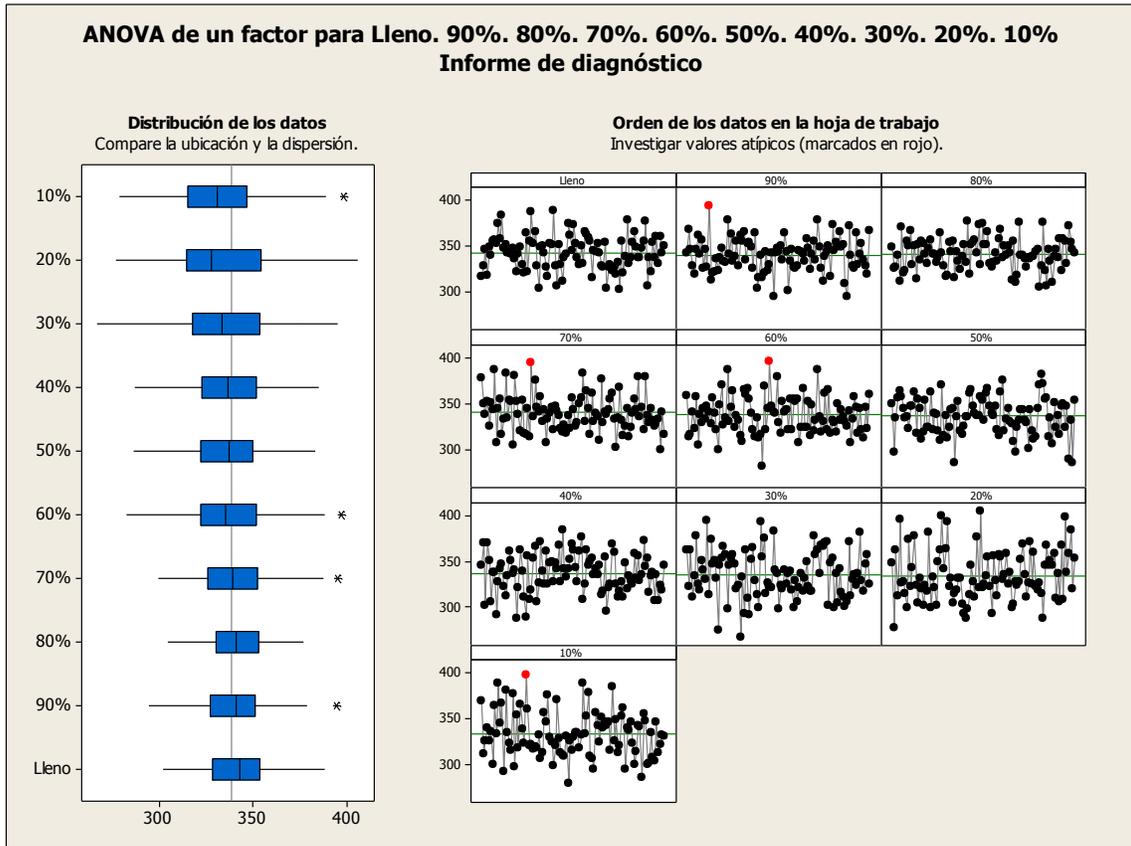


Gráfico 29: ANOVA para determinación de la dispersión de datos obtenidos de Vitamina C en tolva.

Se puede observar como la media se va desplazando hacia abajo a medida que avanza el vaciado del tote.

Analizando la capacidad del proceso (gráfico 30) cuando el lote se encuentra al 10% podemos ver como disminuye, la especificación ya puede ser cumplida parcialmente, hay valores sobre el límite superior y varios valores por debajo del límite inferior.

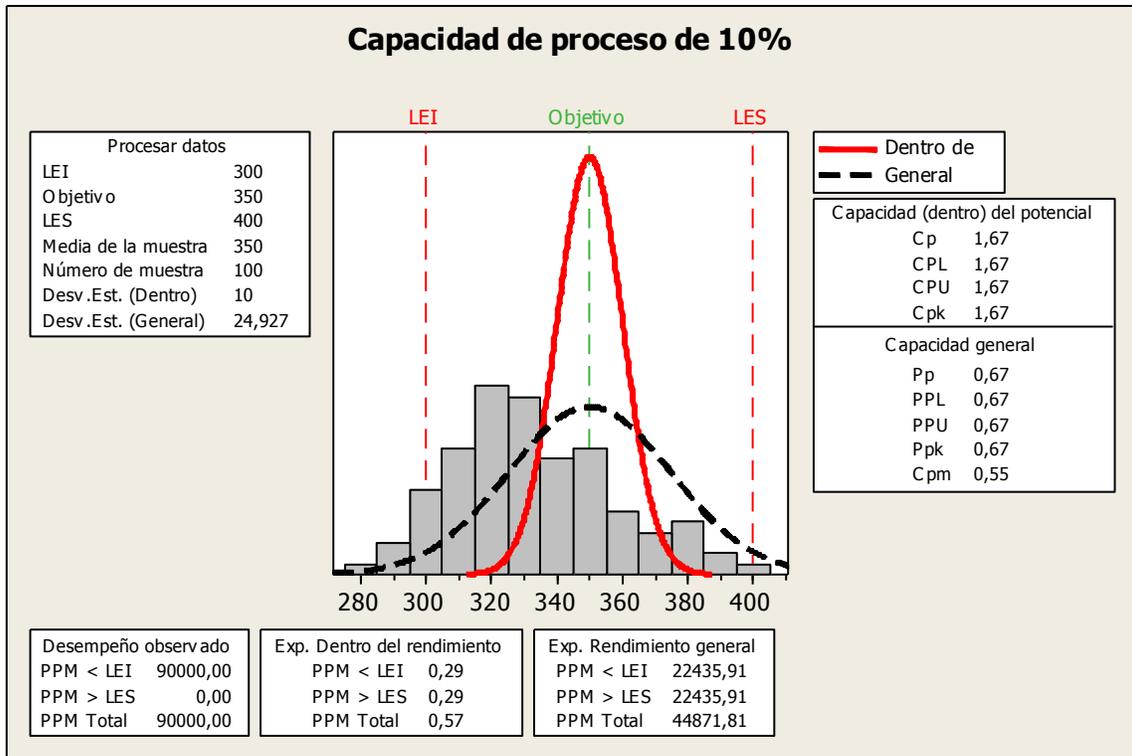


Gráfico 30: Capacidad de proceso para Vitamina C en tolva al 10% de capacidad.

Un Cpm de 0,55 indica que o la especificación debe incrementar sus límites o el proceso debe ser mejorado para poder entrar en ellos.

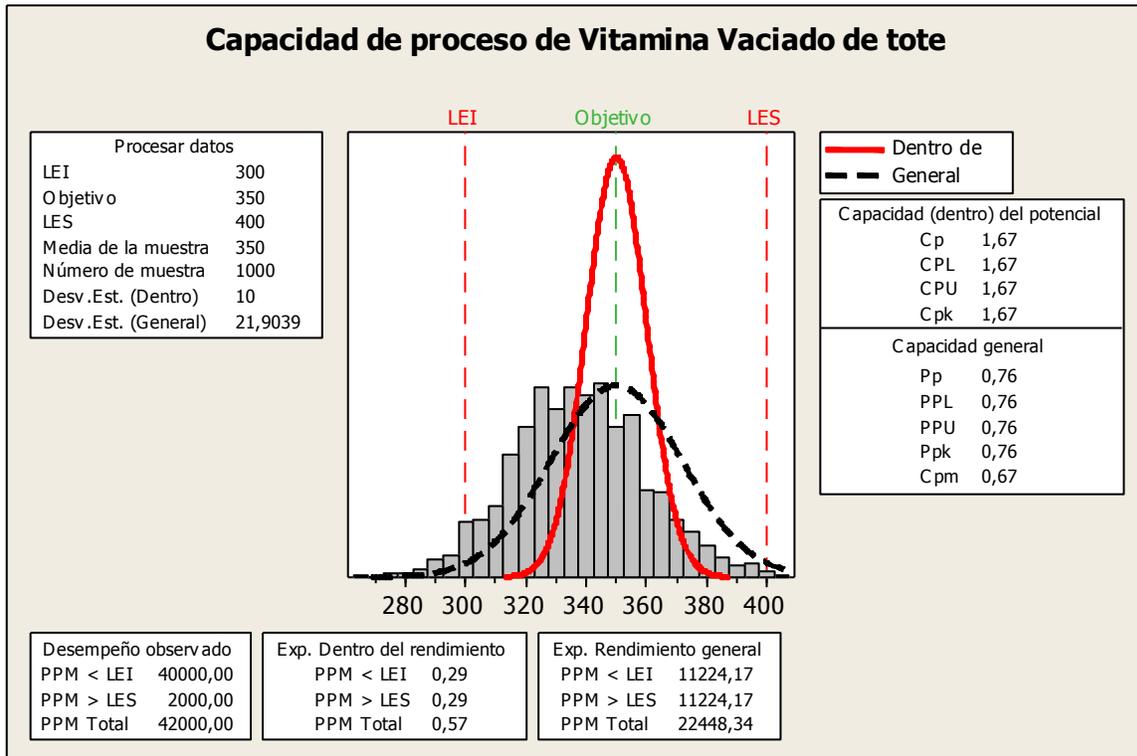


Gráfico 31: Capacidad de proceso completa durante el vaciado de la tolva para Vitamina C

Se entiende por el gráfico 31 anterior tomando en cuenta el progreso de la segregación e incorporando los datos de todos los puntos durante el vaciado del tote, la capacidad de proceso está en 0,67, lo que implica que como proceso es el que más afecta la segregación con un impacto más que negativo en la vitamina C.

Tabla XI: Análisis organoléptico de lotes en tolva en función de la capacidad ocupada.

Muestra	Organoléptico									
	Lleno	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
1	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
2	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
3	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
4	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
5	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
6	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NO
7	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
8	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
9	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
10	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NO

Se observa en la tabla XI los resultados de los análisis organolépticos de las muestras obtenidas, los resultados muestran que en el producto restante cuando el tote solo contiene el 10% final del producto ya pueden encontrarse dos muestras cuyas características organolépticas no corresponden con el estándar aprobado. Esto impacta negativamente en el producto y no permite entregar un producto homogéneo teniendo un costo de no calidad muy alto. Por este motivo ese diez por ciento restante no se envasa en los sobres sino que se recupera al 10% en la mezcladora.

En conclusión la etapa donde la segregación impacta de manera definitiva para las variables críticas de salida es en la etapa de vaciado de tolva hacia la envasadora. Para poder mejorar el proceso debemos entender las causas de esta segregación y la teoría detrás de la misma.

### 3.2 Causas Potenciales

Para poder determinar las causas potenciales y luego validarlas mediante teoría y estadísticamente se utilizaron distintas herramientas. Para comenzar se realizó una tormenta de ideas y una matriz de priorización para poder asignarle valor a estas ideas y definir las 5 más importantes. El proceso no se detalla pero como causa potencial principal se definió grupalmente el flujo del producto y su comportamiento dentro de la tolva, definido principalmente por la forma de la tolva (21).

Como era de esperarse se observa durante el vaciado de totes un fenómeno de segregación, cuando ocurre el flujo por gravedad se produce flujo de embudo o agujero de rata (23). Es decir que sólo una porción del material fluye a medida que otra porción va saliendo como se puede ver en la figura 9

con los distintos tipos de flujo. Este fenómeno fue tenido en cuenta a la hora de plantear mejoras ya que aparentemente es uno de los factores influyentes para promover la segregación en la tolva.

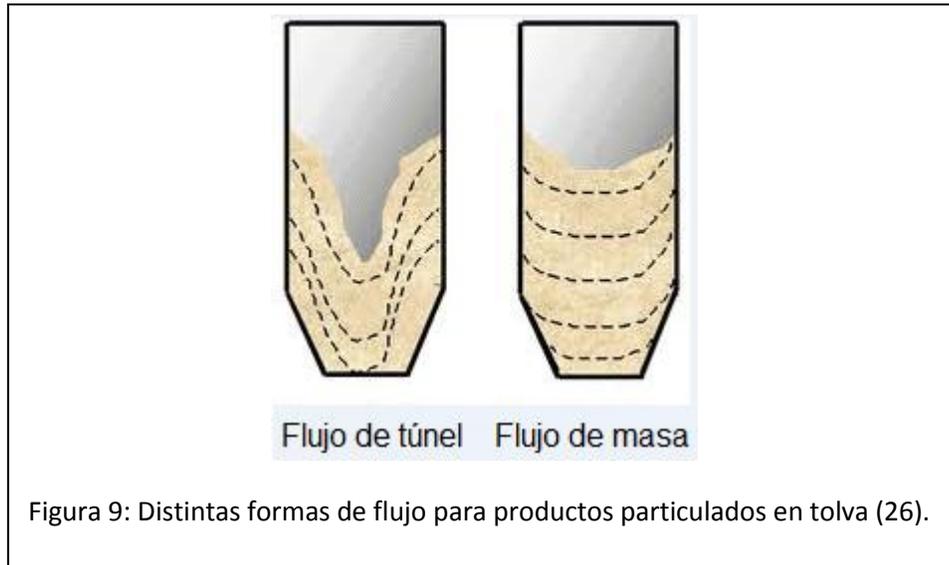
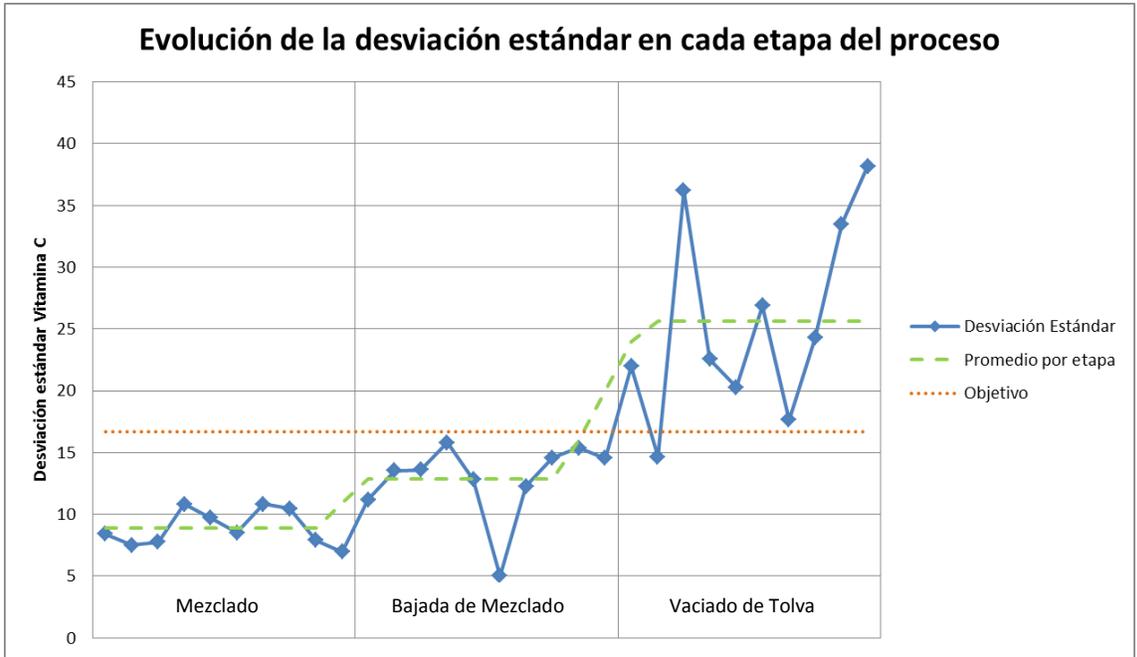


Figura 9: Distintas formas de flujo para productos particulados en tolva (26).

### 3.3 Conclusiones del análisis

En resumen, con el análisis del proceso se pudo determinar el impacto de cada etapa sobre la segregación total que ocurre desde el mezclado hasta el vaciado del tote. Se puede claramente definir las prioridades según impacto. La etapa crítica está determinada por el vaciado del tote en la línea, la segunda etapa con menor importancia está dada por la bajada del mezclado de la mezcladora a la tolva y por última casi sin impacto en el proceso de segregación está el mezclado de producto. Se puede observar que en la etapa de vaciado de tote hay una gran dispersión y el promedio sube de manera importante. Teniendo en cuenta que nuestra especificación se encuentra con una tolerancia de 100, una desviación estándar de 26 en promedio presenta problemas y no nos asegura que la mayor parte de la población se encuentre dentro de la misma. Como habíamos mencionado anteriormente una desviación de 16,6 es la que permite obtener una capacidad de 1 lo que nos garantiza, al menos con un intervalo de confianza del 90% que los resultados de nuestra variable crítica quedarán dentro de los parámetros preestablecidos.

En el gráfico siguiente (gráfica 32) se aprecia cómo se incrementó la desviación a medida que el proceso progresa. Es muy importante poder controlar la última etapa para mantener el proceso dentro de los valores estipulados.



Gráfica 32: Evolución de la desviación estándar en las mediciones de vitamina C en cada etapa del proceso.

Con la capacidad (gráfico 33) podemos observar el mismo comportamiento, recordando que el objetivo de este trabajo es el de obtener una capacidad mayor a 1, podemos ver como la capacidad desciende desde valores muy buenos, a valores cercanos al límite y luego queda completamente por debajo de lo esperado.

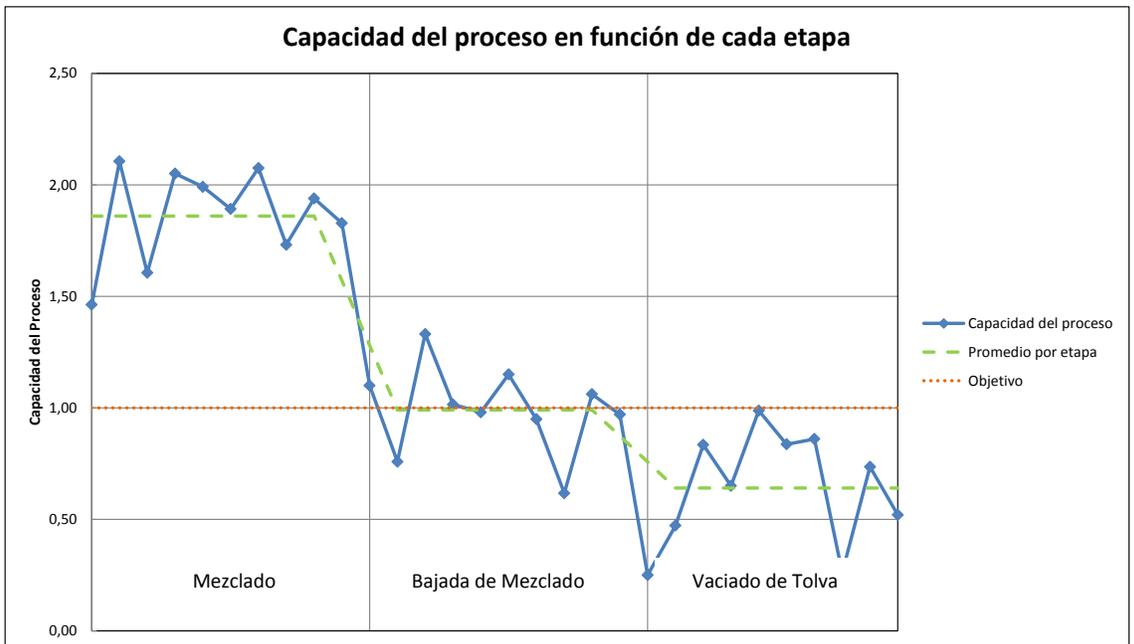


Gráfico 33: Evolución de la capacidad o cpm en las mediciones de vitamina C en cada etapa del proceso.

En la siguiente etapa se propondrán mejoras para modificar y perfeccionar las dos etapas que aparentemente están causando la segregación o al menos que están impactando más en nuestras variables de salida. Todas las mejoras están orientadas a reducir la separación de finos o segregación. Como se determinó mediante la tormenta de ideas y la validación estadística la principal es la de corregir el flujo en el vaciado de tote. Otras ideas pueden mitigar la situación sin solucionar la causa raíz. Todas las propuestas van a ser consideradas desde la perspectiva costo beneficio.

# 4. MEJORA

#### 4.1 Propuesta de mejoras

En este capítulo se detallan las distintas pruebas realizadas para efectuar una mejora en los puntos analizados como claves para prevenir la segregación. Debido al diseño experimental de las mejoras algunas de ellas no produjeron el impacto deseado. Las mejoras que no cumplieron con las expectativas son mencionadas brevemente para descartar su utilidad y las que sí lograron el objetivo son abordadas en mayor detalle.

##### 4.1.1 Propuesta de mejora N° 1

La primera mejora disponible viendo y considerando que si combinamos el producto del tote lleno con el producto de uno al 10% podemos obtener una mejor distribución del producto y valores dentro de especificación consiste en modificar la bajada de los totes a la envasadora. En lugar de tener una bajada directa del tote (figura 10) a la envasadora actualmente mostrada en el siguiente dibujo se definirá un sistema de Y (figura 11), es decir un sistema que permita que cuando el tote que se está vaciando llegue a un límite estipulado se abra otro tote lleno que permita mezclar el producto y homogeneizar la mezcla para obtener producto dentro de especificación (25).



Figura 10: Bajada actual, una sola boca de alimentación (Antes).



Figura 11: Propuesta de Y con 2 bocas de alimentación (Ahora).

Si confirmamos esta hipótesis combinando los valores de Vitamina C obtenidos en un tote al 10% de capacidad una vez que ya ha casi vaciado su contenido con un tote lleno que inicia su descarga a la línea combinando estos materiales el producto que llega a la línea corresponde a la siguiente distribución.

#### 4.1.2 Resumen gráfico para la Vitamina C durante el apareamiento

Se tomaron mediciones con el tote apareado para determinar la Vitamina C, y si hay segregación o no, los resultados se observan en el gráfico 34. Este tipo de mejora en lugar de solucionar la causa raíz mitiga el efecto de la segregación combinando producto segregado de la tolva que se está vaciando con material en óptimas condiciones de una tolva llena.

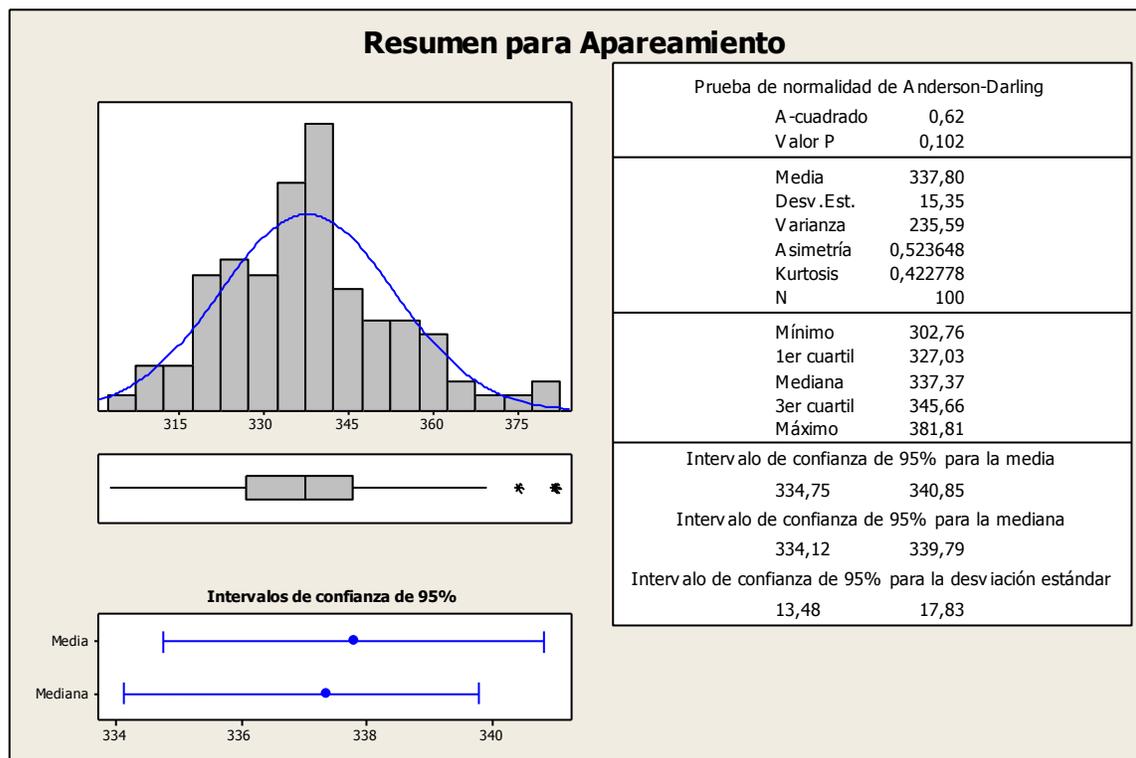


Gráfico 34: Resumen gráfico para Vitamina C utilizando apareamiento

Se puede ver una media que se acerca al objetivo nuevamente con una desviación estándar de 15. Es decir que se redujo de 24 que presenciábamos cuando el nivel de la tolva se acercaba al 10%. Esto implica una reducción del 30% en la variación que presentan las muestras. Es un resultado que nos permite inferir que esta mejora puede dar los resultados esperados.

En el gráfico 35 podemos observar los resultados de la capacidad de proceso con la mejora ya implementada, es decir con el apareamiento de los totes.

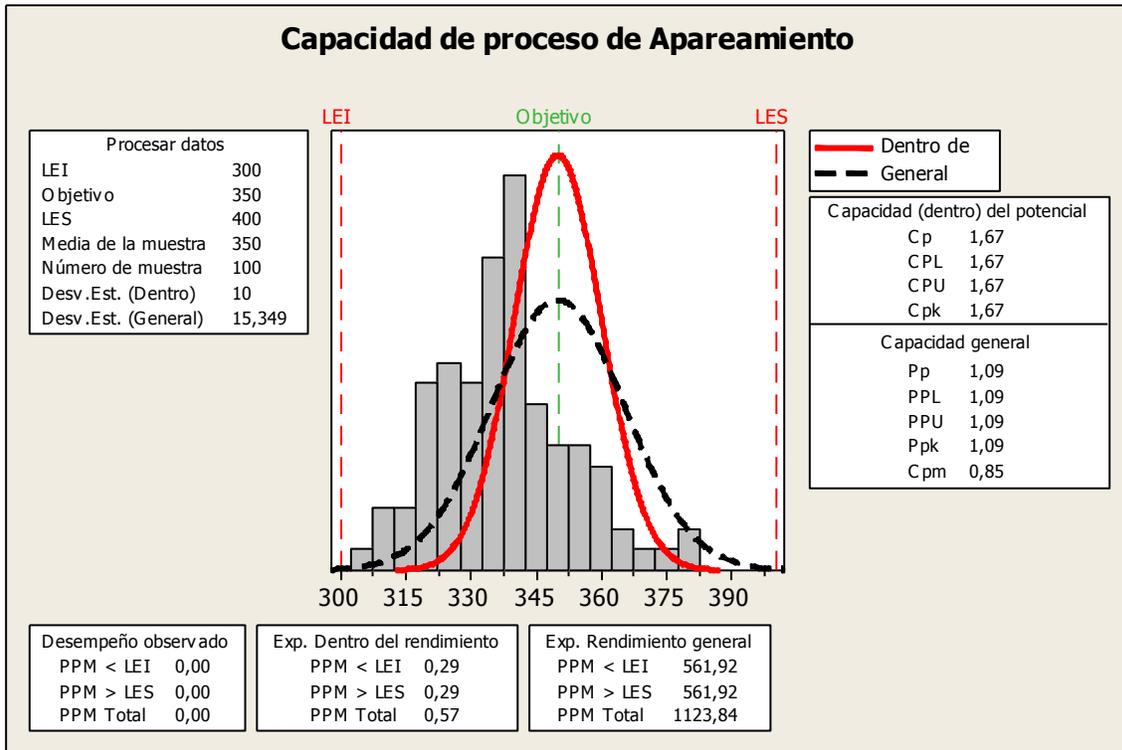


Gráfico 35: Capacidad de proceso para la Vitamina C durante el apareamiento de tolvas.

Estos resultados son bastante alentadores y se puede ver en la capacidad de proceso como solo con esta modificación ya tenemos valores de Cpm de 0,85. Si bien estamos a cierta distancia de el valor de 1 que es el objetivo de este proceso. Mediante esta mejora se pueden obtener buenos resultados sin grandes costos ya que el cambio de las bajadas sólo consiste en una perforación adicional de la placa y una Y de acero inoxidable.

#### 4.1.4 Presupuesto de mejora 1

Es clave que las mejoras planteadas por este trabajo no solo den una solución al proceso y permitan mejorar las variables de salida críticas para la calidad sino que también tengan un impacto positivo en el negocio, al menos en el mediano plazo. Una opción de mejora cuyo costo no puede ser recuperado en menos de 24 meses se considera inviable y no será utilizada como opción válida.

Presupuesto 1				
Reemplazo de bajadas a envasadora por Y para una línea				
Requerimientos: Acero inoxidable y diseño sanitario, desmontables y lavables				
Proveedor	Materiales	Mano de obra	IVA	Total
Proveedor 1	\$ 9.200,00	\$ 11.500,00	\$ 4.347,00	\$ 25.047,00
Proveedor 2	\$ 6.700,00	\$ 12.600,00	\$ 4.053,00	\$ 23.353,00
Proveedor 3	\$ 8.400,00	\$ 9.000,00	\$ 3.654,00	\$ 21.054,00
Tiempo estimado de parada		3 días		
Costo asociado de parada		\$ 360.000,00		
Costo total real mejora 1			\$ 381.054,00	

#### 4.1.4 Alcance de los resultados

Para corroborar el alcance de los resultados se tomaron 100 muestras al final de la bajada hacia la envasadora ya que el muestreo de tote en este caso de apareamiento ya no es representativo. Se tomaron en cuenta 10 mezclados, con 10 muestras en cada etapa se muestra la tabla de ejemplo con respecto a uno de esos mezclados. Podemos observar el análisis gráfico en la gráfica 36.

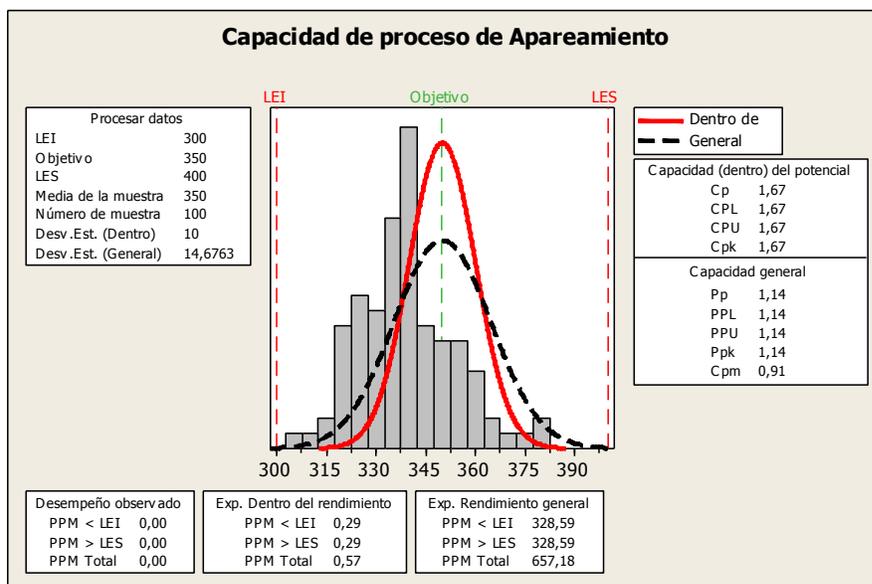


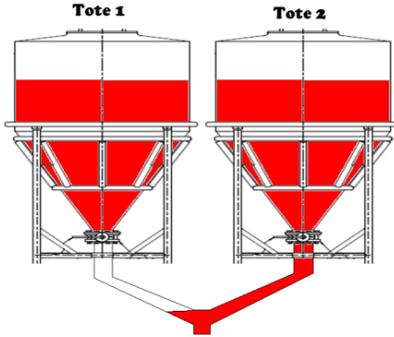
Gráfico 36: Capacidad de proceso posterior al apareamiento de Vitamina C

Se pueden observar en la gráfica 36 valores incluso mejores de lo esperado. Estamos ante una capacidad de proceso de 0,91, esto implica una mejora de casi el 50% con respecto a la capacidad de proceso antes del apareamiento.

El apareamiento siguió el método que se detalla a continuación. Es importante que el procedimiento se respete y que sea homogéneo para evitar que el proceso no se vea afectado por el analistas o por condiciones ajenas al producto. Para poder entregar el proceso nuevamente al dueño del mismo, ya sea el gerente de manufactura o los analistas es clave que cada mejora vaya acompañada de los procedimientos necesarios para que los resultados se mantengan.

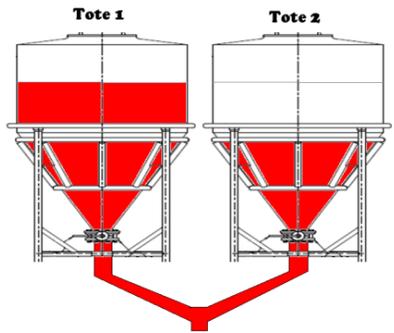
A continuación se demuestra como es el procedimiento de apareado y en qué consiste exactamente.

#### 4.1.5 Procedimiento de apareado de totes



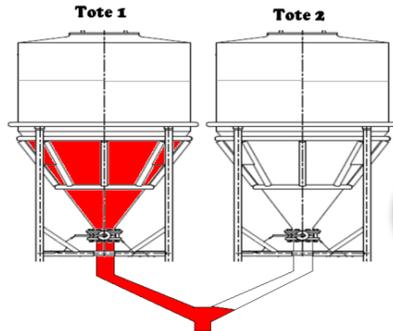
### Paso 1

- El Tote 2: \* 100 % volumen ocupado con producto
- \* válvula abierta 100%
- El Tote 1: \* 100% volumen ocupado con producto
- \* Válvula cerrada



### Paso 2

- El Tote 2: \* 50% volumen ocupado con producto
- \* válvula abierta 50%
- El Tote 1: \* 100% volumen ocupado con producto
- \* Válvula abierta al 100%



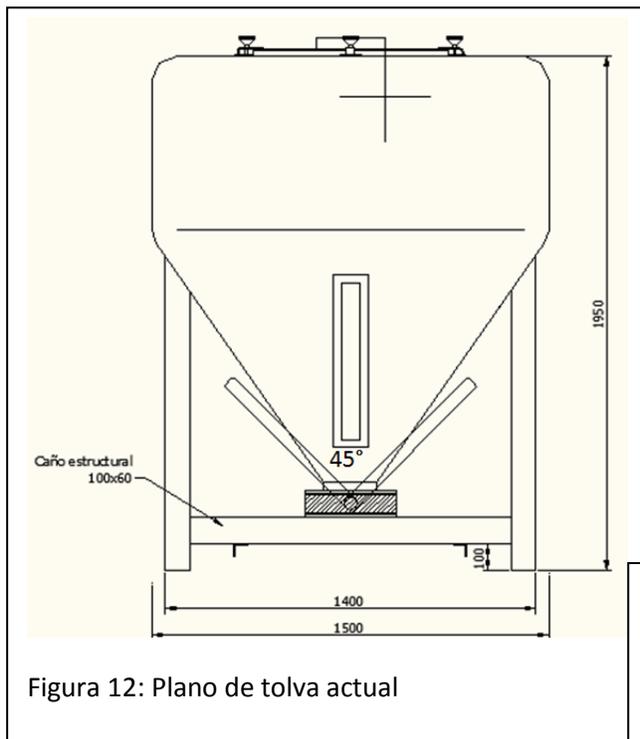
### Paso 3

- El Tote 2: \* 0% volumen ocupado con producto
- \* válvula cerrada
- El Tote 1: \* 50% volumen ocupado con producto
- \* Válvula abierta al 50%
- En este momento se trae un Tote 3 lleno (se abre su válvula al 100%) para reemplazar al Tote 2 que esta vacío. Se repite de nuevo el Paso 1

Se puede observar en los pasos de la figura anterior claramente como el apareado comienza al 50% del tote para asegurar continuidad al proceso es importante trabajar con tres totes en cada línea mínimo, de esa manera el cambio del tote vacío por el lleno es inmediato y no se pierde oportunidad de realizar el apareamiento. Actualmente la planta cuenta con suficientes totes para realizar esta operación por lo que no hay costo asociado en incrementar el uso de 2 a 3 tolvas en la operación diaria. El costo radica en el cambio de las bajadas a envasado solamente como lo detalla el presupuesto de la mejora.

#### 4.2.1 Propuesta de mejora N° 2

Se consideró que un factor clave en la prevención de la segregación consistía en el diseño de la tolva (20). Actualmente contamos con tolvas de acero inoxidable (figura 13) según especificación detallada en la figura 12.



La limitación actual es la de la altura del sector donde las tolvas se utilizan. La altura del sector es de 2,8m y actualmente no se planean modificaciones estructurales por lo que la limitante para mejorar el ángulo de la tolva está definido por un máximo de 65° (27,28 y 30) debido a que ángulo mayor el tote se transforma en casi un cilindro y el flujo empeora y un mínimo de 35° ya que nuevamente el flujo se dificulta (28, 31).

Por las limitaciones de altura y tamaño de lote se diseñó un tote con un ángulo de 55°, una altura de 2,63 m que considerando que el tote para ser trasladado es levantado mediante un sistema hidráulico unos 6 cm por sobre el nivel del piso, el punto más alto de la tolva se encuentra a 2,70 m, con un margen de 10 cm con respecto a la estructura de techo y luminarias para evitar cualquier inconveniente.

#### 4.2.2 Nuevo diseño de las tolvas

A continuación en la figura 14 se puede ver las nuevas tolvas al momento de la entrega. Estas cuentan con un ángulo mayor desde el punto de vista de la bajada y un material plástico que mejora los costos.



Figura 14: Tolvas nuevas

A continuación en la figura 15 se adjuntan los planos de los nuevos totes para entender mejor los cambios realizados. Creemos que este diseño es innovador no solo para esta planta sino para cualquier producto en polvo que deba ser almacenado y luego vaciado por gravedad, maximizando el ángulo de tolva se redujo la segregación en una importante medida.

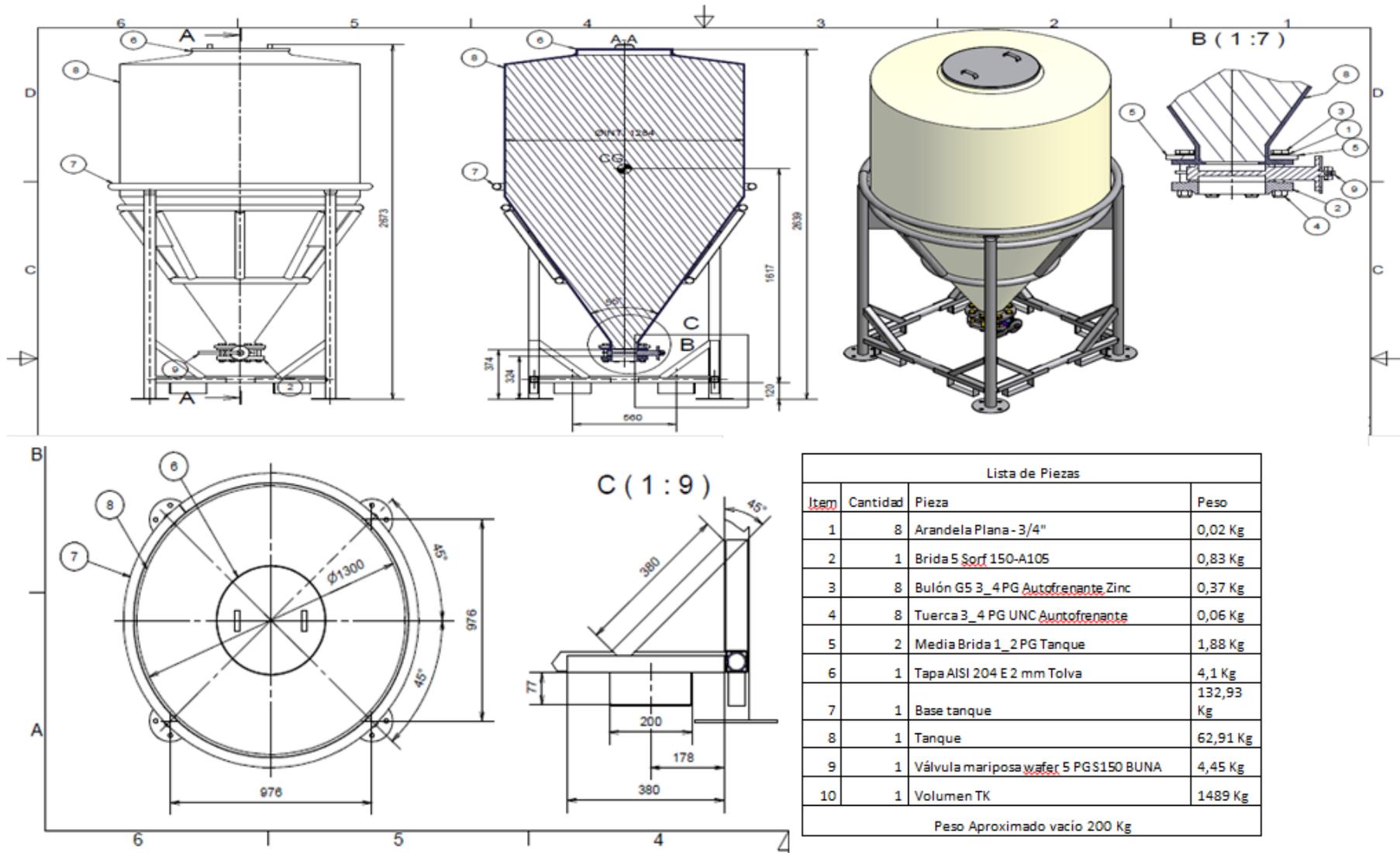


Figura 15: Diseño de tolvas nuevas con plano

Con la nueva configuración del tote se espera una mejor fluidez en cuanto al producto trata y una menor segregación.

#### 4.2.3 Presupuesto de la mejora 2

Presupuesto 2				
Reemplazo de totes actuales de acero inoxidable por totes plásticos				
Requerimientos: Válvulas apta para alimentos, plástico sin pintura con certificado apto para alimentos				
Proveedor	Materiales	Mano de obra	IVA	Total
Proveedor 1	\$ 3.200,00	\$ 2.800,00	\$ 1.260,00	\$ 7.260,00
Proveedor 2	\$ 2.900,00	\$ 2.800,00	\$ 1.197,00	\$ 6.897,00
Nota: Costo para un tote				
Costo actual del tote de acero inoxidable				\$ 14.900
Presupuesto de reparación bianual de totes por abolladuras				\$ 9.200
*El tote de acero inoxidable tiene una vida útil de 5 años				
Costo tote acero inoxidable a los 5 años			\$ 60.900	
Costo tote de acero inoxidable por año			\$ 12.180	
El tote de plástico tiene una vida útil de 2 años				
Costo tote plástico por 2 años			\$ 6.897	
Costo tote de plástico por año			\$ 3.449	
Costo por reemplazar totes por plásticos como recambio y en lugar de reparación				
Costo	-\$ 8.732			
Es decir que por el reemplazo de totes se puede recuperar la inversión				
Reemplazando 25 totes en un año el ahorro es de \$ 218.288				
Ahorro total			\$ 218.288	

#### 4.2.4 Validación estadística de la mejora

Una vez implementada la mejora se midieron los mismos factores que se habían medido en el momento de analizar el proceso actual, los resultados en la tabla XII. Es decir se sacaron 10 muestras al momento de vaciarse el tote en los distintos estadios del producto para determinar segregación de finos y características organolépticas.

Tabla XII: Vitamina C para tolvas con mejora implementada

Muestra	Vitamina C (300 mg - 400 mg)									
	Lleno	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
1	314,0	341,3	329,7	341,6	360,5	336,5	357,4	330,1	294,0	327,9
2	322,6	354,4	347,4	336,0	334,6	330,4	365,8	331,2	344,4	352,6
3	355,1	350,3	328,8	358,5	350,4	327,8	332,4	387,3	360,8	330,6
4	319,9	313,1	337,0	351,0	352,6	322,0	341,6	335,1	372,1	310,0
5	371,8	362,9	319,2	368,6	358,0	348,0	346,3	327,1	332,3	342,4
6	334,0	377,0	339,7	344,6	344,1	344,5	344,9	368,8	330,4	365,1
7	350,5	315,2	340,6	339,4	337,2	353,2	327,8	334,4	308,3	367,7
8	331,1	346,7	333,2	360,0	347,3	365,3	334,5	326,4	375,7	340,9
9	354,8	349,8	302,2	340,4	310,2	302,6	332,9	340,4	385,4	329,5
10	332,5	325,1	343,1	320,8	328,5	357,7	335,2	404,0	375,9	335,4

Se pueden observar los valores que se obtienen del vaciado de un tote con nuevo diseño. Se realizaron los mismos gráficos que para el tote de diseño antiguo para poder comparar (gráfico 37, 38 y 39).

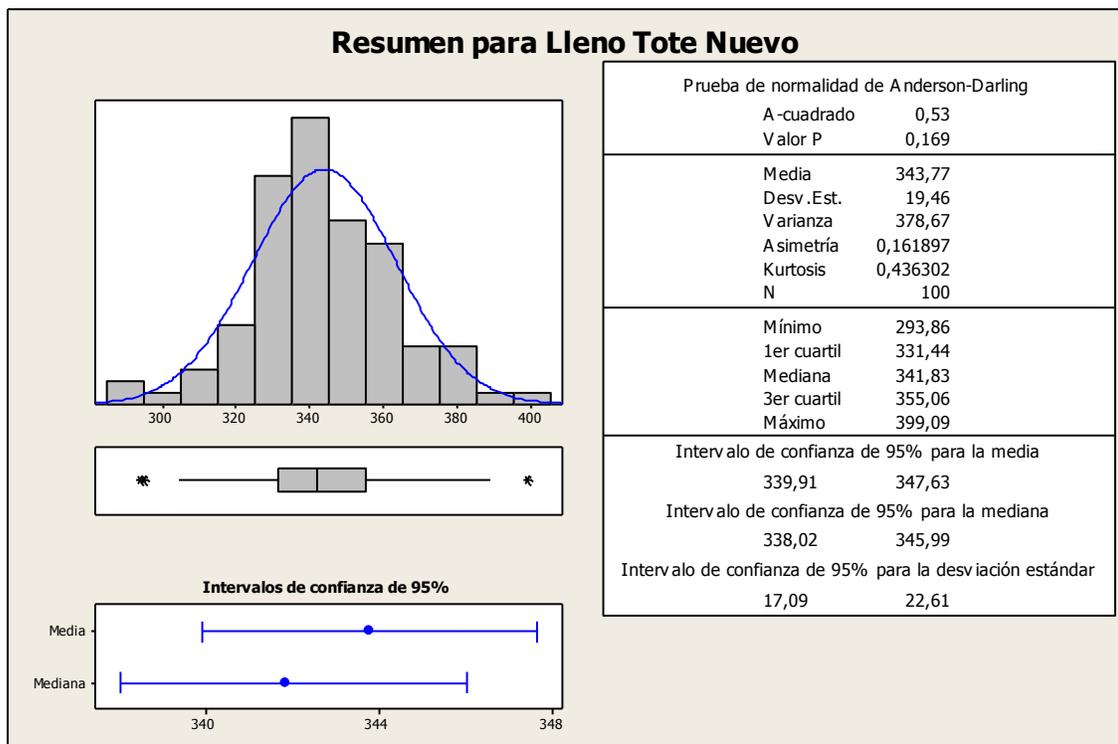


Gráfico 37: Resumen gráfico para Vitamina C en tolva con diseño nuevo lleno

Se puede ver una leve mejora en la media, una desviación estándar ligeramente inferior, esta diferencia no es significativa con el diseño anterior de los totes. Igualmente la diferencia se debería producir al momento del vaciado no al momento del llenado, ya que el nuevo diseño tiene como principal modificación el ángulo de la tolva lo que facilitaría el deslizamiento del producto haciéndolo más homogéneo a medida que la tolva se vacía.

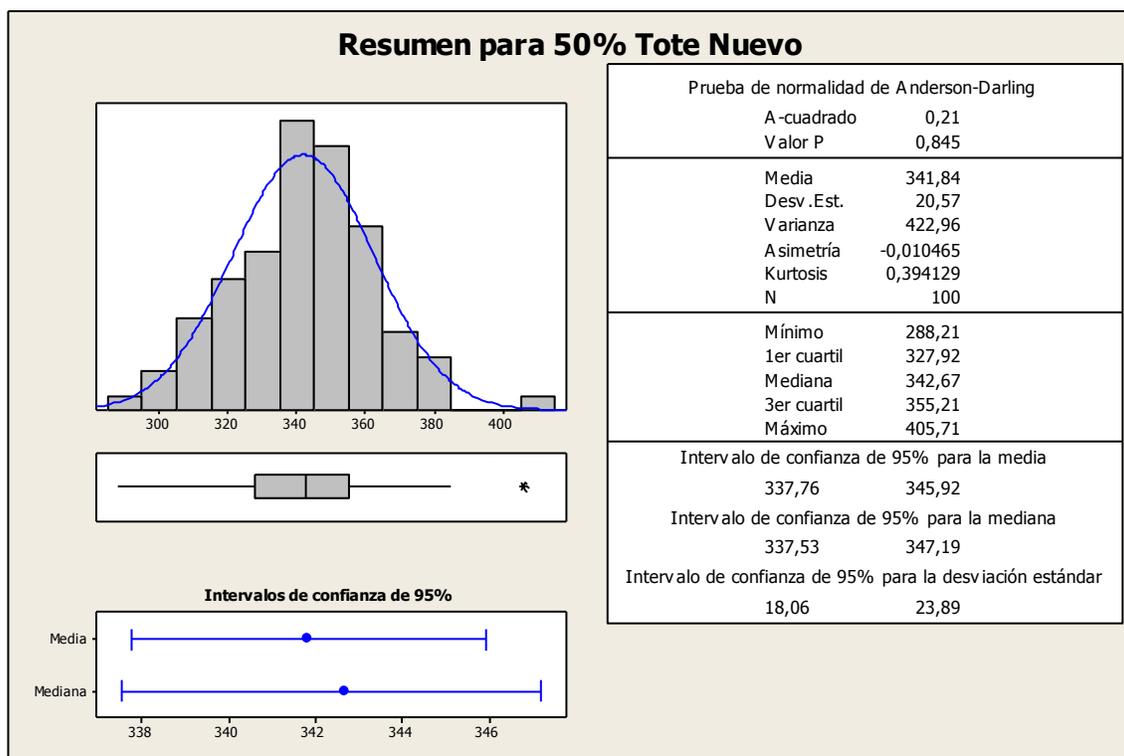


Gráfico 38: Resumen gráfico para Vitamina C con diseño de tolva nuevo al 50% de capacidad.

Se puede ver una dispersión con una desviación estándar similar a la observada en el proceso original, sin embargo la media se ha reducido en menor medida que lo observado anteriormente. Esto se puede deber a una menor segregación lo que mantendría la media y la desviación estándar más estable. Es importante comparar con los valores de Vitamina C cuando el contenido llega al 10%, en éste momento el proceso se volvía crítico por lo que un cambio en esta etapa puede llevarnos a mejorar el proceso y poder reducir los costos de retrabajo.

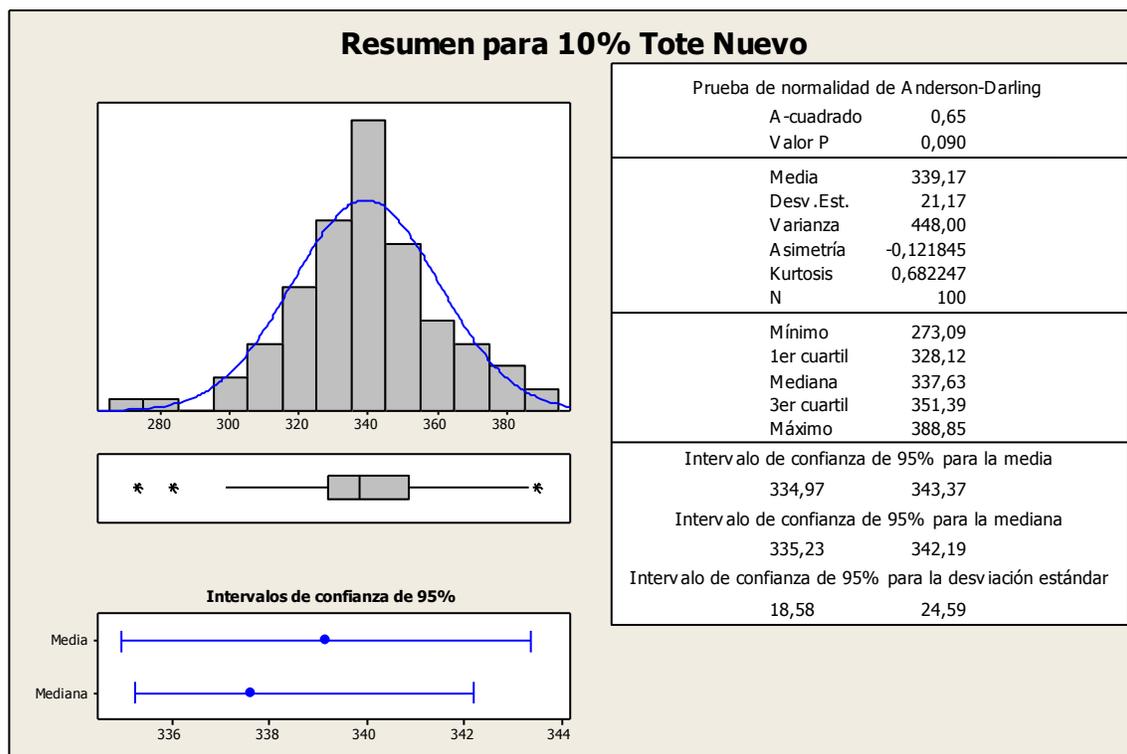


Gráfico 39: Resumen gráfico para Vitamina C con tolva de diseño nuevo al 10% de capacidad.

Se puede ver al igual que en diseño anterior una leve variación de la desviación estándar y una disminución de la media. Igualmente la diferencia con el valor cuando el producto se encontraba llenando el 50% de la tolva es mucho menor. Esto implicaría que la segregación ha ocurrido en menor medida y que podemos estar acercándonos a una situación donde los límites de especificación pueden ser cumplidos al menos en mejor condición que antes.

Como paso previo para determinar si la mejora da resultados es necesario realizar el estudio de capacidad para el proceso acumulado y para el proceso cuando el producto se encuentra al 10%. Además de los análisis organolépticos para determinar si hay diferencia perceptible para el cliente con esta segregación o si es admisible.

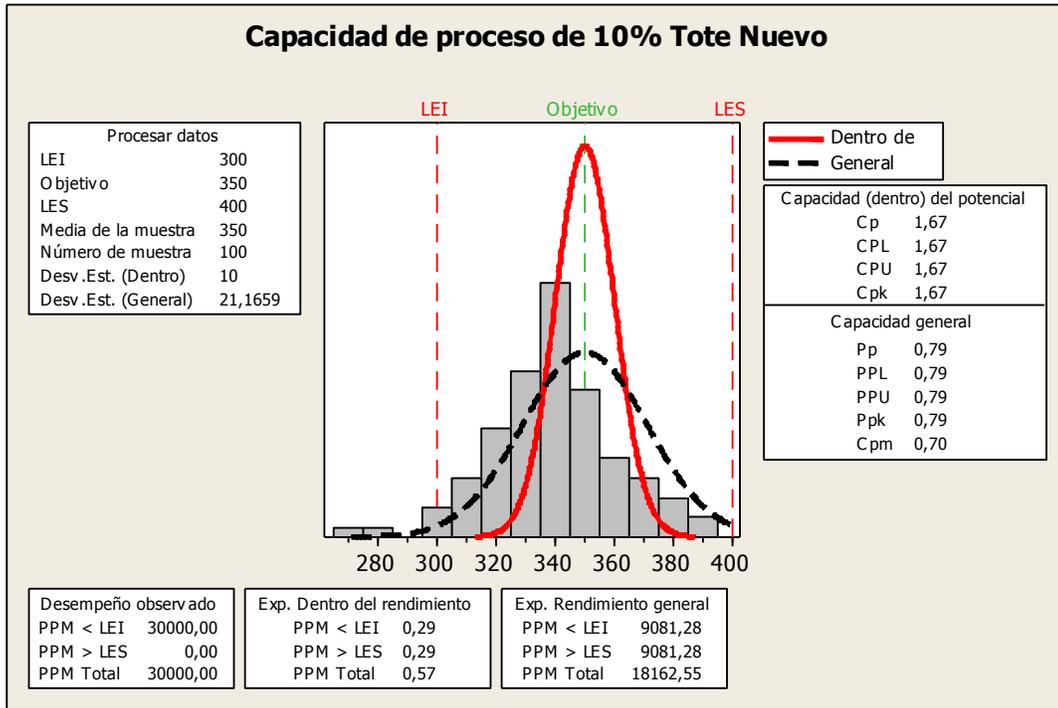


Gráfico 40: Capacidad de proceso para Vitamina C con tolva nueva a una capacidad del 10%

Se puede observar claramente en el gráfico 40 una mejor distribución de los puntos, si bien todavía no podemos llegar a cumplir con el objetivo deseado es importante remarcar que comparado con el diseño anterior se observa un incremento del 27% del material conforme comparado con la cantidad de material que antes se encontraba por fuera de la especificación contra lo que podemos observar mediante la implementación del nuevo diseño de tolva.

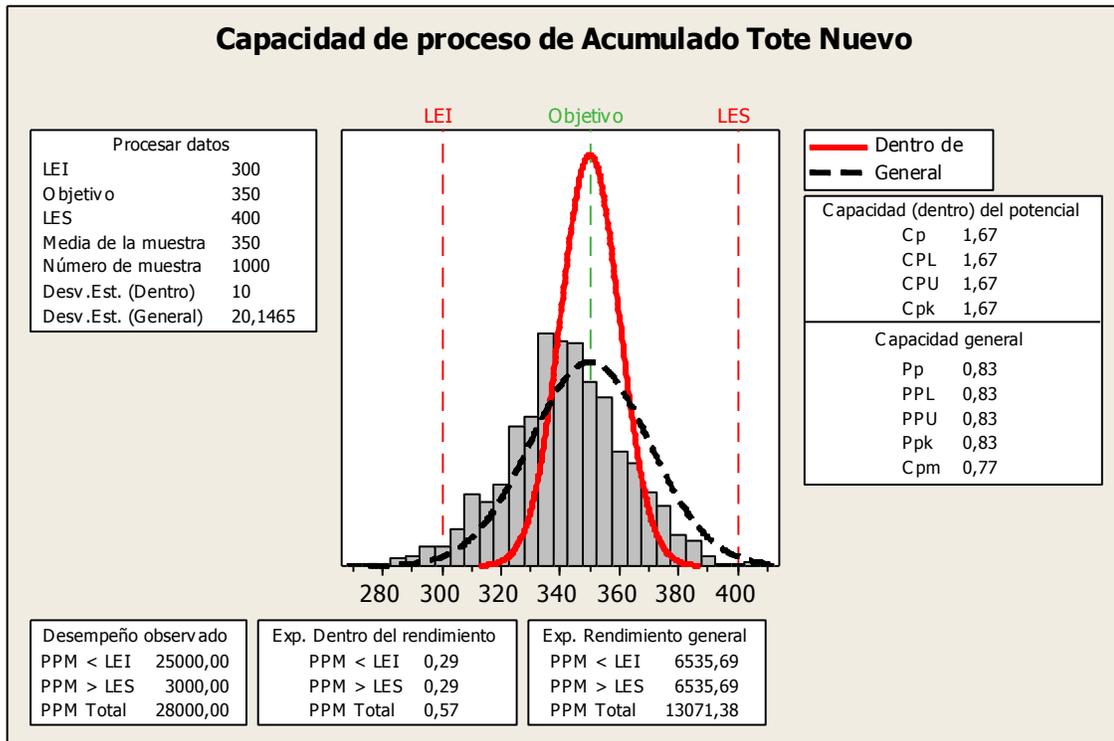


Gráfico 41: Capacidad durante el vaciado completo de la tolva con el formato de tolva nuevo.

Se puede observar en el gráfico 41 que al acumular los datos de todo el proceso de vaciado obtenemos una capacidad o cpm de 0,77. Esto es una importante mejora con respecto al valor originalmente obtenido de 0,67. Podemos ver una mejora de casi un 15% mediante la implementación de estos totes.

Tabla XIII: Evaluación organoléptica de las muestras durante el vaciado de la tolva con diseño nuevo

Muestra	Organoléptico – Tote Nuevo									
	Lleno	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
1	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
2	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
3	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
4	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
5	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
6	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
7	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
8	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
9	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
10	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

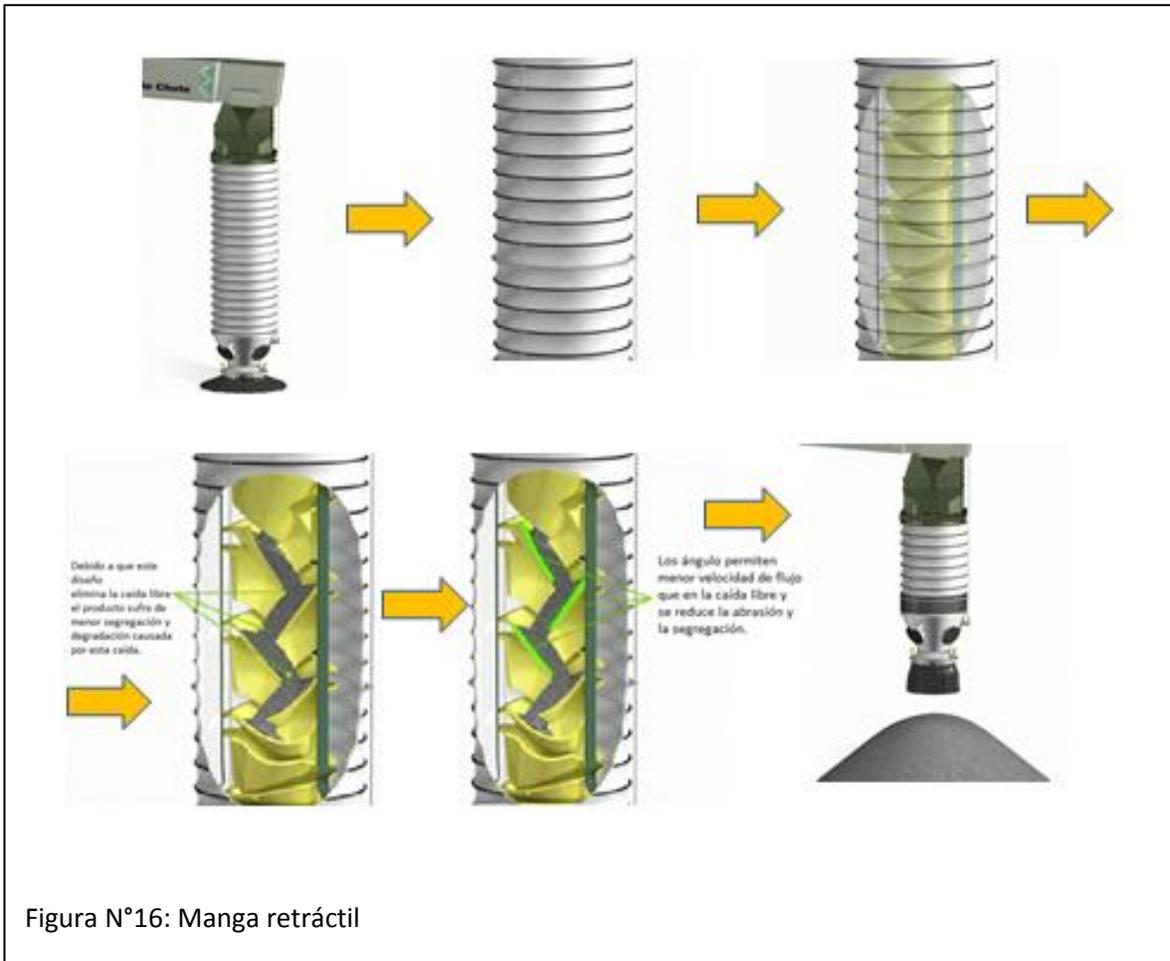
Se observa en la tabla XIII los resultados del análisis y comparación organoléptica con el estándar de laboratorio que los resultados son correctos para todos los porcentajes de vaciado de tote. Esto implica que al menos si bien no cumplimos 100% con la especificación, no estamos perdiendo la homogeneidad de producto que puede ser percibida por el cliente lo cual nos asegura una mejor imagen de marca y una reducción en los reclamos del consumidor.

Si bien el costo de reemplazo de los totes no es bajo, es importante tener en cuenta que actualmente los totes de acero inoxidable tienen un alto costo por mantenimientos programados, y el costo de reemplazarlos es aún más alto, por lo que teniendo en cuenta el valor del tote nuevo con respecto al viejo, si nos permite alcanzar el objetivo de reducir el retrabajo en menos de 24 meses podemos estar recuperando la inversión inicial de totes por disminución de costo en mantenimientos y reemplazos, de esa manera la implementación de la mejora no impacta reduciendo el resultado esperado sino que se subvenciona por tener otra estructura de costos.

#### 4.3.1 Propuesta de Mejora N° 3

Como tercer mejora propuesta se encuentra la bajada de producto desde la mezcladora al tote, para evitar la caída libre y para evitar que la media de vitamina y que el producto segregue incluso antes de comenzar el proceso de envasado (18). Para lograr este objetivo se pueden plantear distintas alternativas, una de ellas consiste en colocar una manga retráctil (figura 16) que baje hasta la base del

tote, de esa manera el producto va siendo depositado desde el fondo hacia arriba, mientras la manga va dosificando la misma se va retro trayendo hasta llegar a su punto más alto y posición de descanso donde deja de dosificar.



#### 4.3.2 Presupuesto de la mejora 3

Presupuesto 3				
Reemplazo de bajada de mezcladora Requerimientos retráctil y anti segregación				
Proveedor	Materiales	Mano de obra	IVA	Total
Proveedor 1	\$ 11.200,00	\$ 9.400,00	\$ 4.326,00	\$ 24.926,00
Tiempo estimado de parada		2 días		
Costo asociado de parada		\$ 100.000,00		
<b>Costo total real mejora 1</b>			\$	<b>124.926,00</b>

Las pruebas que se realizaron son del mismo tipo que para las otras mejoras, como esta mejora está orientada al proceso de llenado, se van a tomar las muestras para el vaciado igual que para los otros análisis con la diferencia que el análisis de capacidad se va a focalizar en el producto cuando el tote está lleno recién se baja de la mezcladora y el segundo con el tote también con producto al 100% pero después de 120 minutos de reposo. Además vamos a tener en cuenta la capacidad de proceso acumulada para poder compararla con el método de bajada tradicional.

### 4.3.3 Resumen gráfico para mejora 3

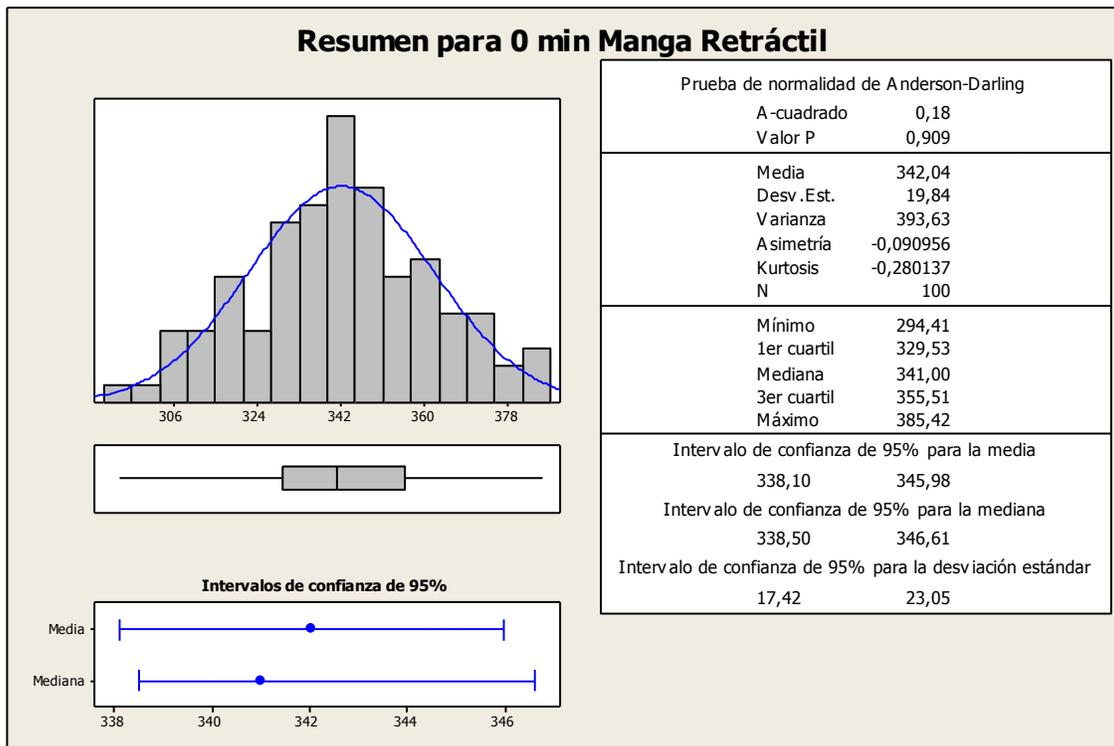
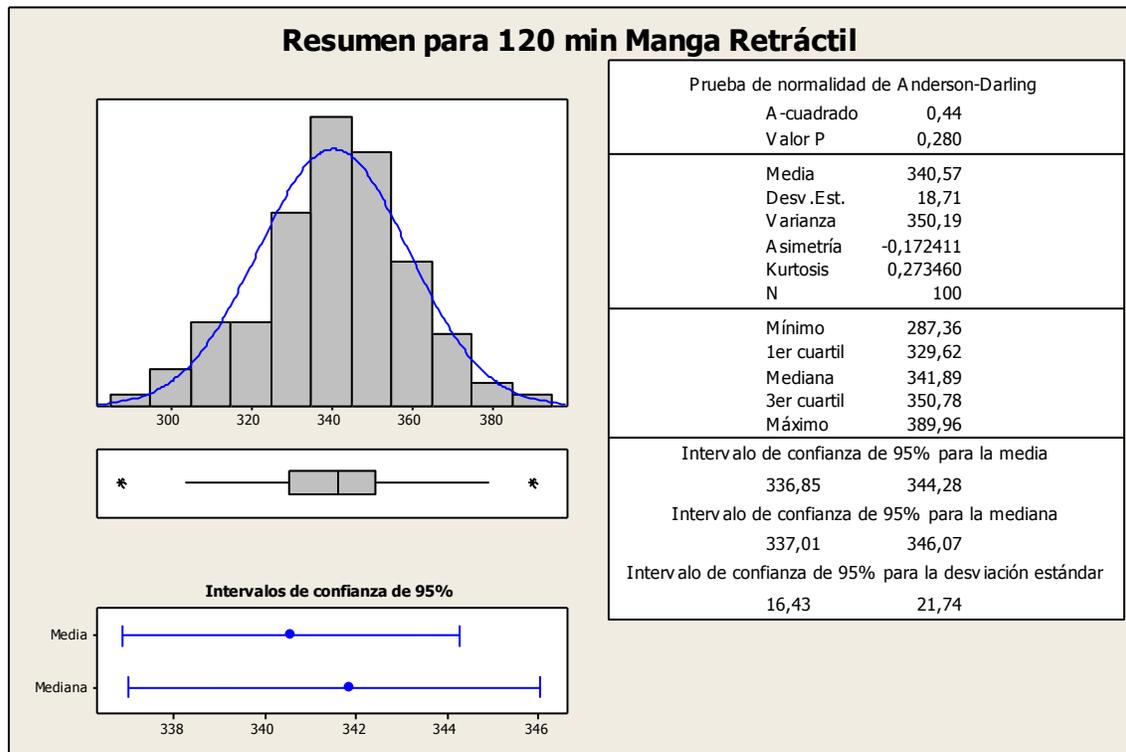


Gráfico 42: Resumen gráfico para manga retráctil Vitamina C

Se puede ver en el gráfico 42 una leve mejoría en la media pero un empeoramiento en la desviación estándar. Contrario a lo esperado aparentemente la caída libre en el caso de este producto no promueve la segregación, y los ángulos a los que se somete el producto mediante la manga retráctil sí lo hacen. Confirmaremos esta hipótesis analizando el resultado a los 120 minutos para evitar perder algún detalle.



Gráfico 43: Resumen gráfico para manga retráctil a los 120 minutos

El comportamiento como se observa en el gráfico 43 se mantiene dentro de lo esperado, la media baja por la degradación de la vitamina C, la desviación estándar no se modifica en gran medida y aparentemente esta mejora no tendría sentido para el jugo azucarado en polvo.

Antes de desestimar este tipo de mejora, se identifica la nueva capacidad del proceso comparándola con la capacidad inicial de esta etapa en el gráfico 44. En general esta etapa se encontraba por arriba de 1 nuestro objetivo pero es posible que si mejoramos aún más esta etapa los resultados se vean aguas abajo.

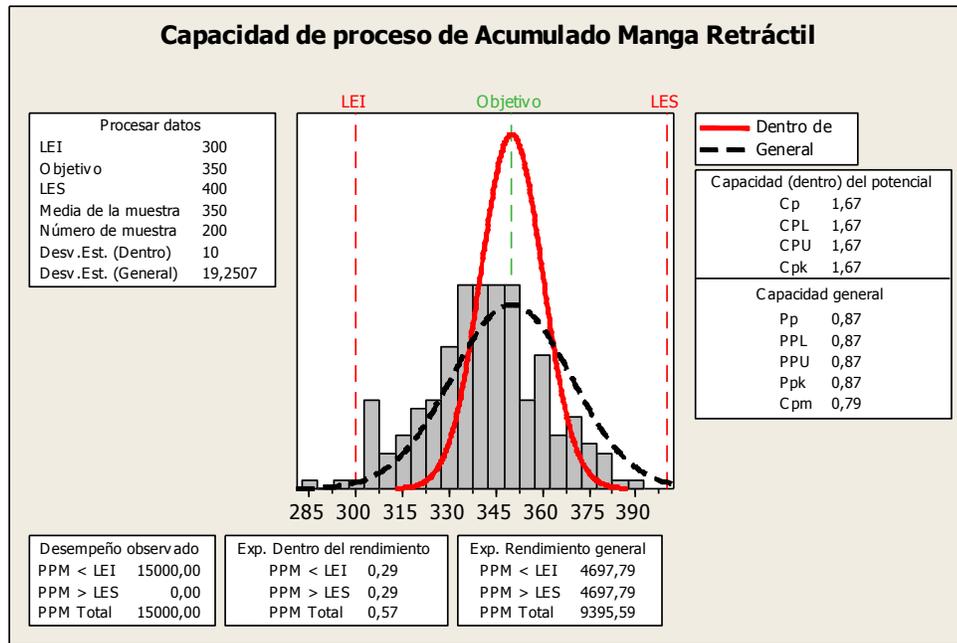


Gráfico 44: Capacidad de proceso de manga retráctil

#### 4.3.4 Conclusiones de la mejora 3

La mejora 3 aparentemente genera un proceso segregador ya que la capacidad del proceso empeora con la implementación. La misma no va a ser aplicada por este motivo.

#### 4.4 Diseño de experimento, interacción entre las mejoras.

Tal como se detalló al inicio del trabajo se realizó un diseño de experimento con las variables en simultáneo para poder determinar la mejor combinación y las posibles interacciones entre ellas. Se siguieron los lineamientos del software utilizado para el diseño de experimento y a continuación se detallan las etapas y los resultados obtenidos.

Se pueden ver en la tabla XIV del diseño de experimento que el orden de las muestras se realizó al azar, para evitar que esto influya en el experimento. Se muestran los primeros 10 valores de la tabla de diseño de experimento, la tabla completa puede observarse en el anexo de tablas.

Tabla XIV: Diseño de Experimento para validar las mejoras

Orden Estud.	Orden Corrida	Punto Central	Bloques	Tote	Ángulo	Bajada	Apareamiento	Vit. C
14	1	1	1	Plástico	45	Nueva	Con	322
13	2	1	1	Metálico	45	Nueva	Con	341
16	3	1	1	Plástico	55	Nueva	Con	342
32	4	1	1	Plástico	55	Nueva	Con	343
42	5	1	1	Plástico	45	Actual	Con	325
49	6	0	1	Metálico	50	Actual	Sin	315
2	7	1	1	Plástico	45	Actual	Sin	309
46	8	1	1	Plástico	45	Nueva	Con	350
39	9	1	1	Metálico	55	Nueva	Sin	329
47	10	1	1	Metálico	55	Nueva	Con	345

Durante el diseño de experimento se eligió trabajar con un diseño completo como se observa en la figura 17, con 4 factores como mencionamos anteriormente, 3 repeticiones para mejorar la exactitud y 1 punto central para el ángulo. Como se ve en la imagen siguiente en función de la cantidad de factores se determinó el número necesario de muestras.

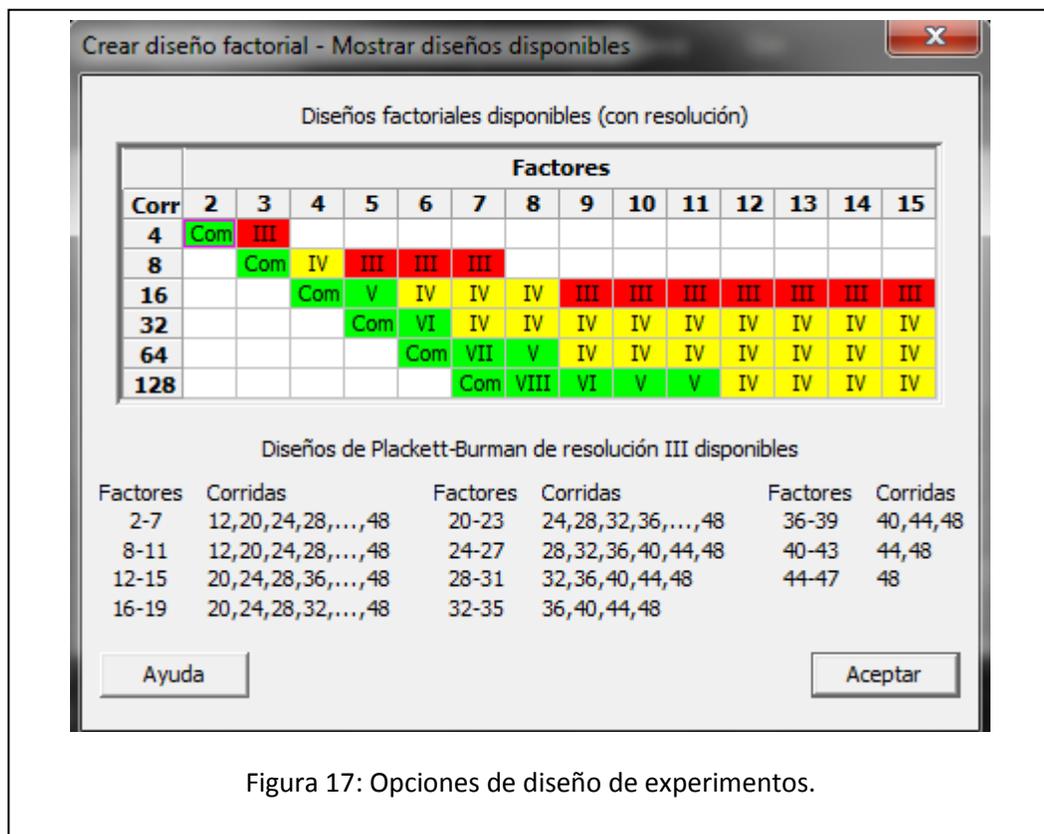


Figura 17: Opciones de diseño de experimentos.

El primer paso y análisis del experimento tomando en cuenta todas las variables consiste en analizar la tabla de resultados donde podremos observar que variables son significativas y cuales no. Además de cuales interacciones impactan en el resultado. Una vez obtenido esto se fueron eliminando interacciones por orden de nivel como lo indica la técnica del diseño de experimentos. Para evitar alargar el proceso se incorpora la etapa inicial y final que en definitiva es la que nos permite obtener las conclusiones.

### **Ajuste factorial: Vitamina C vs. Tote. Ángulo. Bajada. Apareamiento**

Efectos y coeficientes estimados para Vitamina C (unidades codificadas)

Tabla XV: Resultados para interacciones en experimento sin eliminar variables no significativas

Término	Efecto	Coef	SE Coef	T	P
Constante	327,417	2,077	157,63	0,000	
Tote	2,000	1,000	1,923	0,52	0,606
Ángulo	12,917	6,458	2,077	3,11	0,003
Bajada	0,214	0,107	1,923	0,06	0,956
Apareamiento	20,000	10,000	1,923	5,20	0,000
Tote*Ángulo	-6,083	-3,042	2,077	-1,46	0,151
Tote*Bajada	2,143	1,071	1,923	0,56	0,581
Tote*Apareamiento	-0,214	-0,107	1,923	-0,06	0,956
Ángulo*Bajada	-1,000	-0,500	2,077	-0,24	0,811
Ángulo*Apareamiento	0,750	0,375	2,077	0,18	0,858
Bajada*Apareamiento	0,429	0,214	1,923	0,11	0,912
Tote*Ángulo*Bajada	-2,000	-1,000	2,077	-0,48	0,633
Tote*Ángulo*Apareamiento	4,750	2,375	2,077	1,14	0,260
Tote*Bajada*Apareamiento	-2,643	-1,321	1,923	-0,69	0,496
Ángulo*Bajada*Apareamiento	-0,167	-0,083	2,077	-0,04	0,968
Tote*Ángulo*Bajada*Apareamiento	0,167	0,083	2,077	0,04	0,968
Pt	Ctral	-1,667	5,496	-0,30	0,763

Observando la tabla XV anterior o el Pareto que se ve a continuación en el gráfico 45, podemos ver que hay factores que no son significativos, la interacción de los 4 factores siendo la menos significativo, y tal como se esperaba de los experimentos individuales, como factor individual, la bajada no es significativa o por lo menos no entrega los resultados esperados. La determinación de significancia está dada por un p menor o igual a 0,05.

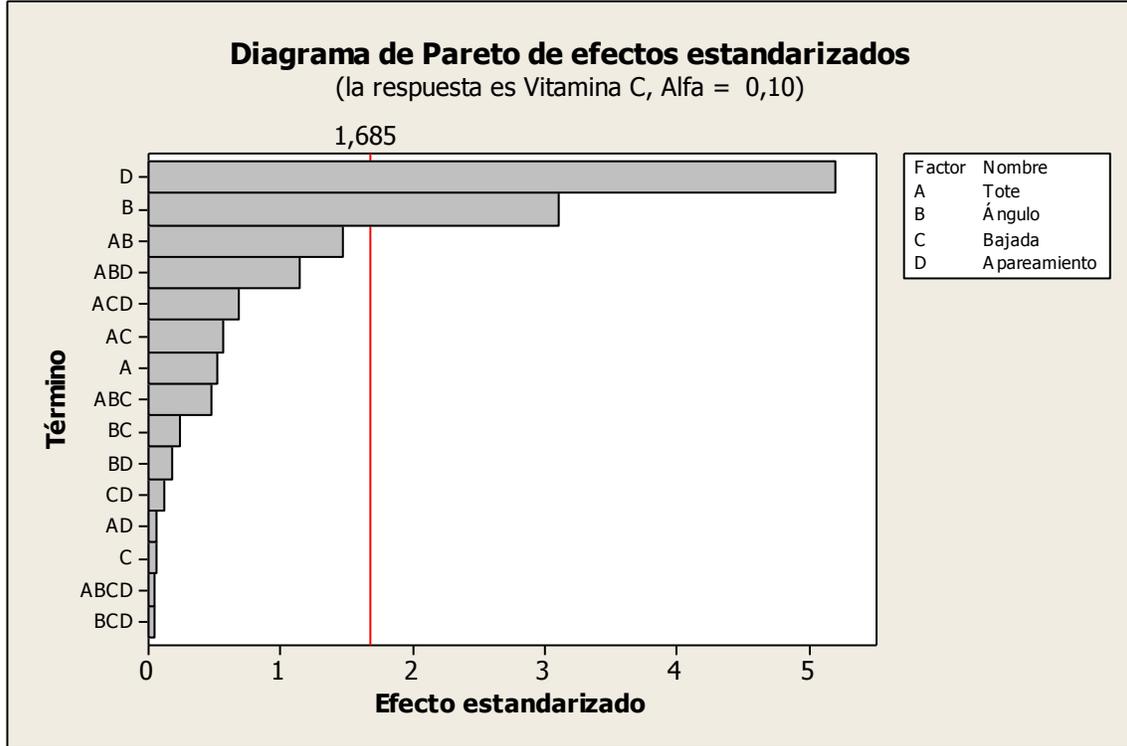


Gráfico 45: Pareto para efectos sobre Vitamina C según factores

Se eliminaron las variables no significativas y la tabla y gráfica que se obtuvieron son las siguientes.

Tabla XVI: Efecto de las constantes y de las interacciones significativas

Término	Efecto	Coef	SE Coef	T	P
Constante	327,417	1,891	173,16	0,000	
Tote	2,000	1,000	1,751	0,57	0,570
Ángulo	12,917	6,458	1,891	3,42	0,001
Apareamiento	20,000	10,000	1,751	5,71	0,000
Tote*Ángulo	-6,083	-3,042	1,891	-1,61	0,114
Pt	Ctral	-1,667	5,003	-0,33	0,740

Se puede ver en la tabla XVI que la variable de tote por si sola no es significativa pero la variable tote y ángulo tienen un impacto muy levemente superior al 10% esperado, por lo que no podemos eliminar la variable individual para los análisis finales. Esto surge de la teoría de diseño de experimentos (14). El mismo resultado se observa en el diagrama de Pareto del gráfico 46.

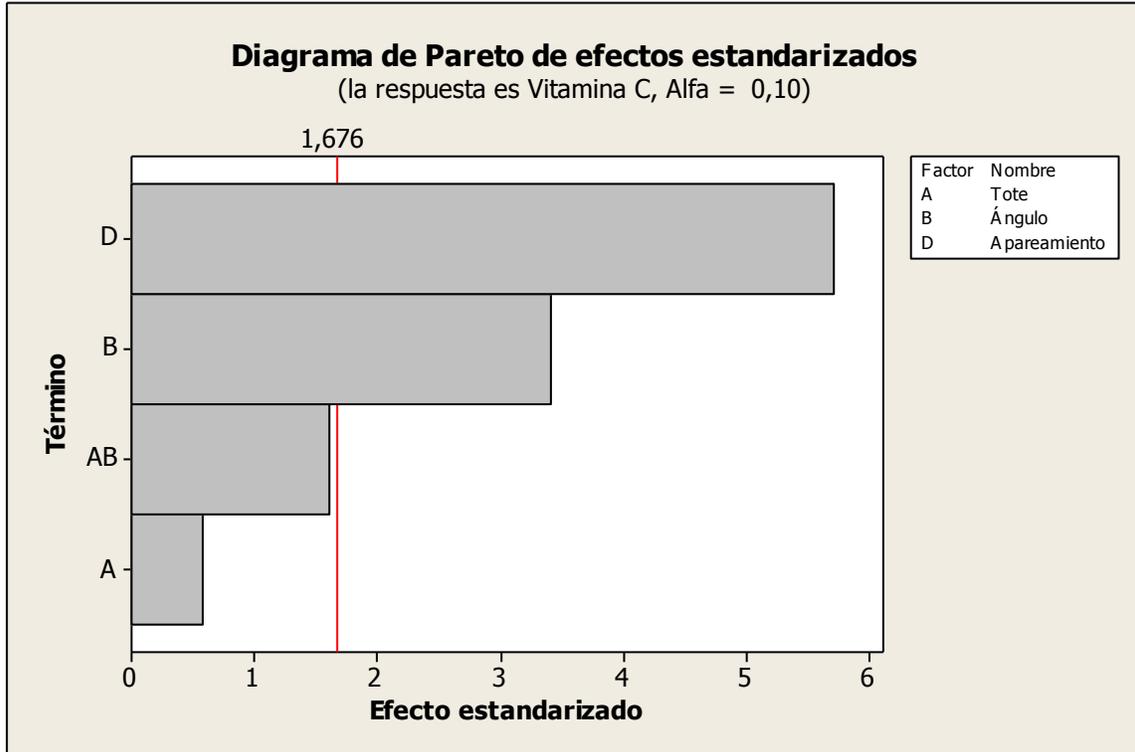


Gráfico 46: Diagrama de Pareto para interacciones y efectos de factores.

La ecuación que se obtiene para determinar el contenido que tendremos en función de las variables que definimos es la siguiente

$$\text{Vit. C} = 1,891 + \text{Tote} + 6,45 (\text{Ángulo}) + 10 (\text{Apareamiento}) - 3,042 (\text{Tote} * \text{Ángulo})$$

$R^2 = 87.49\%$  - Siendo los valores de cada variable reflejados en la siguiente tabla XVII.

Tabla XVII: Variables codificadas para el diseño de experimento

Concepto	Valor
<b>Tote</b>	
Metálico	-1
Plástico	1
<b>Ángulo</b>	
45	-1
50	0
55	1
<b>Apareamiento</b>	
Sin	-1
Con	1
<b>Bajada</b>	
Anterior	-1
Nueva	1

Esta ecuación nos va a permitir realizar cálculos teóricos para el producto en caso que haya modificaciones al proceso o para implementar futuras mejoras.

Del análisis gráfico del diseño de experimento se desprende lo siguiente

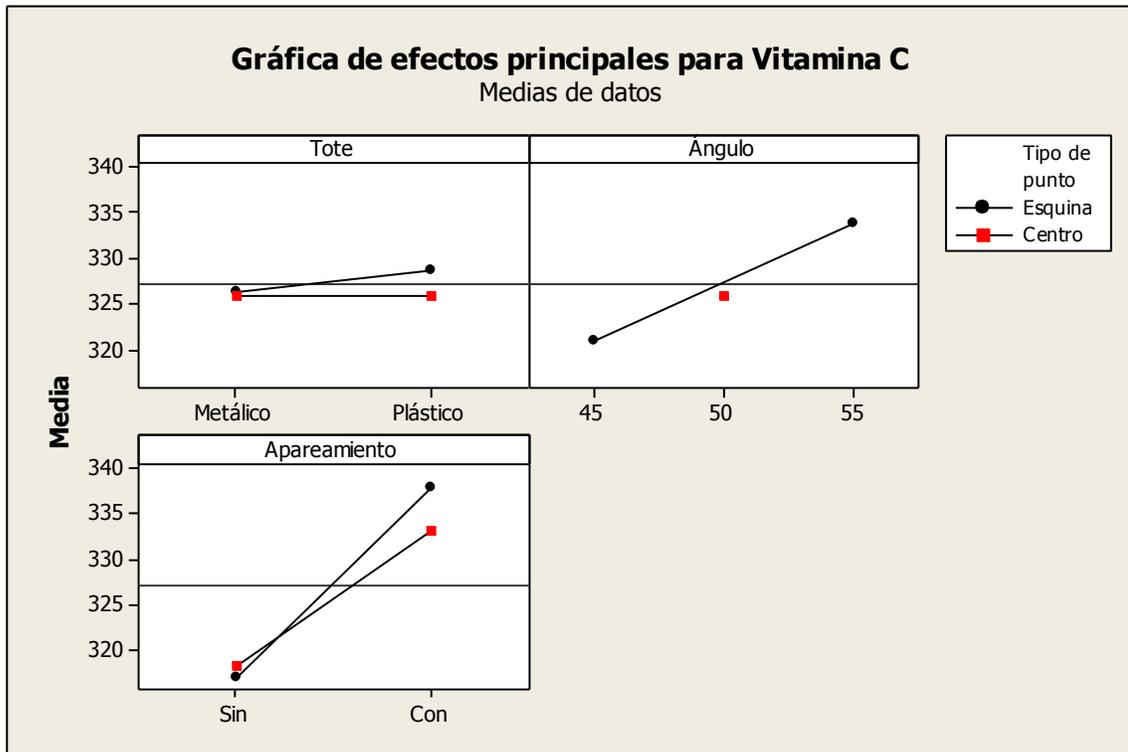


Gráfico 47: Interacciones de cada factor con los restantes.

Se puede observar en el gráfico 47 anterior que las variables que más impactan incluso combinadas son el ángulo y el apareamiento, el tipo de tote no impacta de manera significativa.

Todas las variables se midieron en función de la Vitamina C.

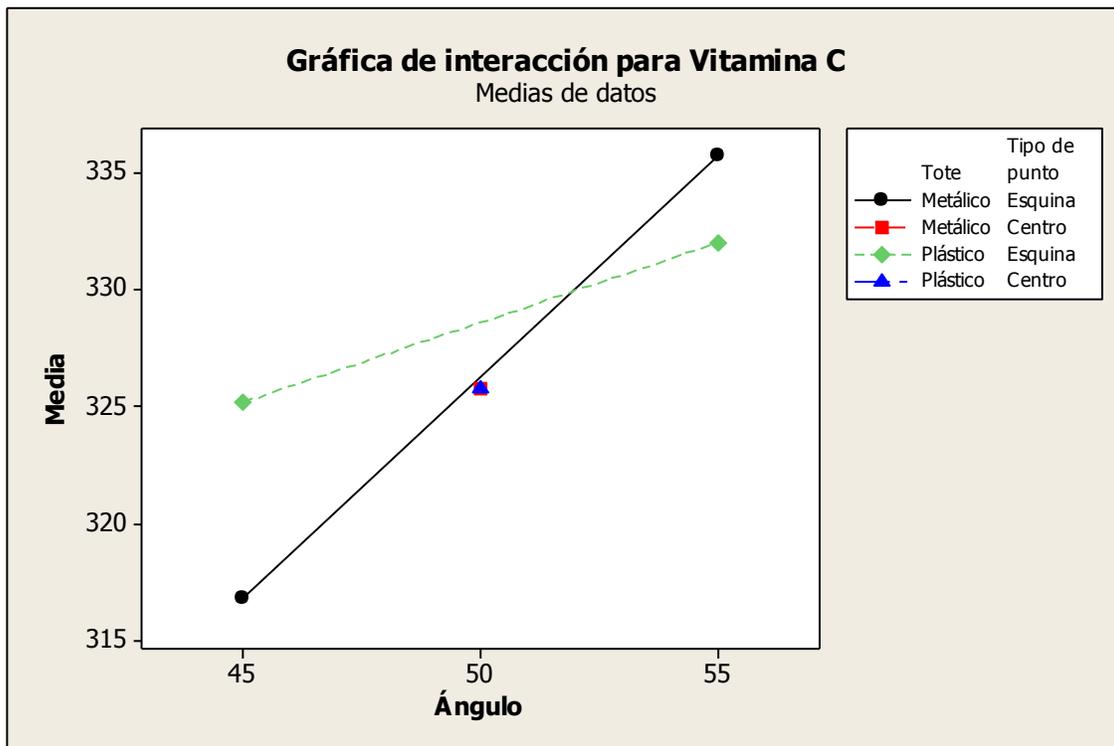


Gráfico 48: Interacción del ángulo con el tipo de material de la tolva

En este caso la única interacción que resultó significativa se puede observar que como resultado final no hay grandes diferencias, sí las hay en el caso del ángulo de 45° como se observa en el gráfico 48. Esto es importante ya que en el caso que por algún motivo no se pudiera seguir obteniendo el tote con ángulo de 55°, se debería utilizar material plástico para los totes y así evitar un marcado descenso de la Vitamina C durante el transporte del producto. Se puede ver que a igual condición de ángulo en el gráfico anterior el tote plástico posee una media mayor. Por lo tanto mejor en función de este proceso.

Se observa en el diagrama de cubos a continuación expuesto todas las interrelaciones entre los factores que se tuvieron en cuenta como oportunidad de mejora y que arrojaron un valor significativo en este diseño de experimento.

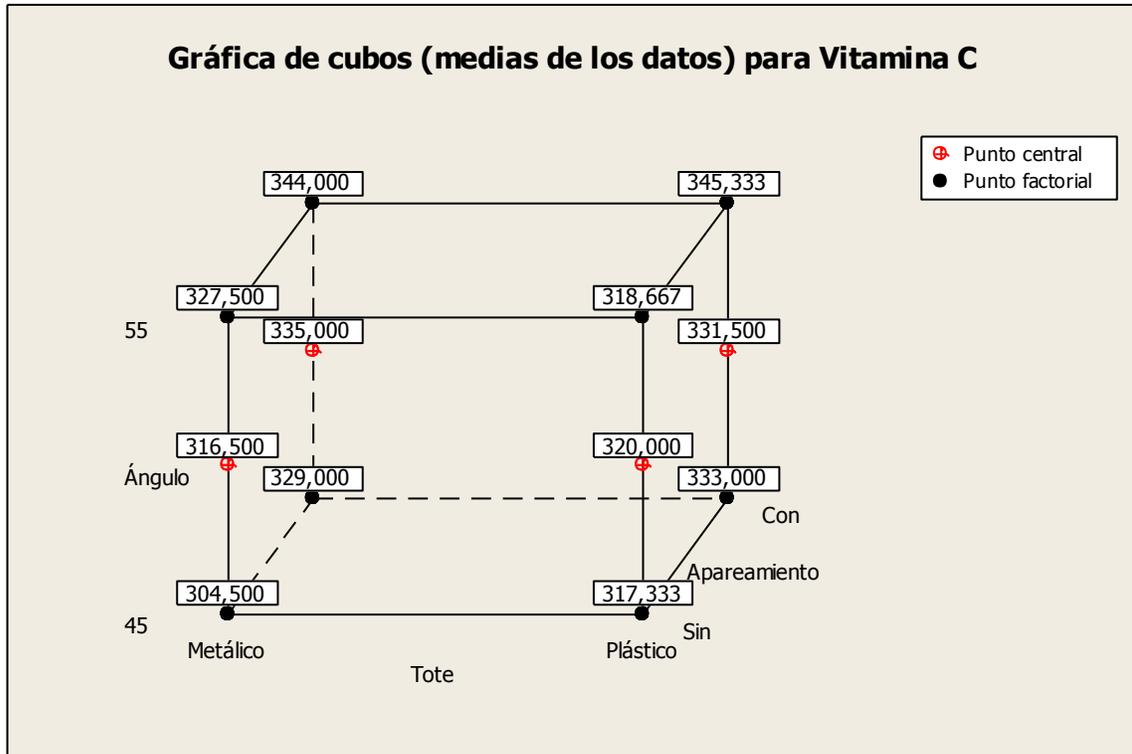


Gráfico 49: Diagrama de cubos, con puntos centrales

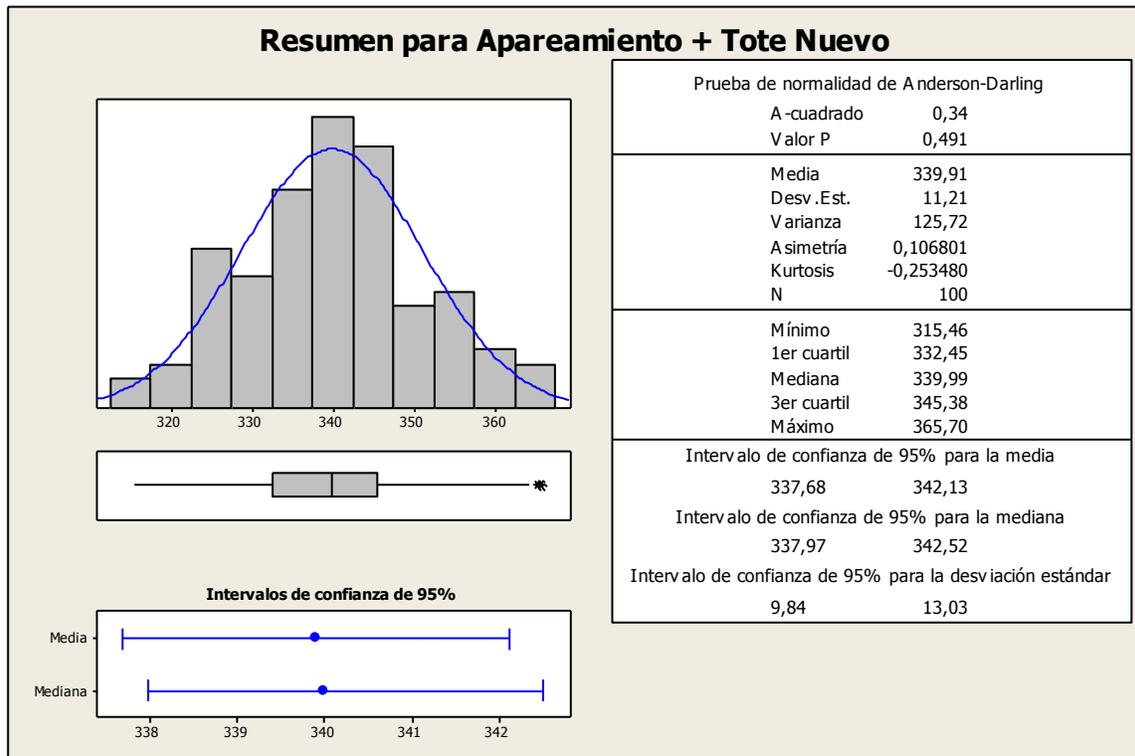
En conclusión de la gráfica de cubos del gráfico 49, y posiblemente el gráfico más útil ya que nos permite observar cual es la mejor combinación para los tres factores, observamos que el valor que más se aproxima a 350, que es nuestro objetivo corresponde al vértice, trasero, superior derecho. Esto es consistente con el tote de plástico, con apareamiento y un ángulo de cono de tote de 55°.

Se puede concluir que de las tres mejoras planteadas las que impactan positivamente y nos acercan al resultado esperado son las mejoras del diseño de la tolva y del apareamiento. Con cada mejora individual no logramos el objetivo de una capacidad de proceso mayor a 1. Combinadas los resultados mejoran bastante y a continuación se realiza el análisis estadístico para corroborar si se alcanza el objetivo o si se deben plantear mejoras alternativas, complementarias o suplementarias a las planteadas.

#### 4.5 Implementación de mejoras y corroboración

Para iniciar la prueba se utilizan las tolvas con nuevo diseño y el sistema de apareamiento mencionado anteriormente. Se realiza el mismo análisis que durante las etapas iniciales del proyecto, para determinar el resultado de cada prueba, durante el vaciado del tote se van a obtener muestras del caño de bajada para poder tomar en consideración el producto que se obtiene al combinar los dos totes y se va a analizar el resultado y estimar la capacidad de proceso. En este caso y a diferencia del diseño de experimento se desea corroborar el impacto a largo plazo por lo que se van a tomar 100 mediciones una vez que se implementen las mejoras y se van a realizar las comparaciones de los valores una vez concluida esta etapa.

##### 4.5.1 Resumen gráfico posterior a las mejoras



Se observa que la media del gráfico 50 sigue levemente desplazada hacia la izquierda del objetivo, pero que la desviación estándar está en niveles bajos que permiten que el proceso cumpla con la especificación continuamente.

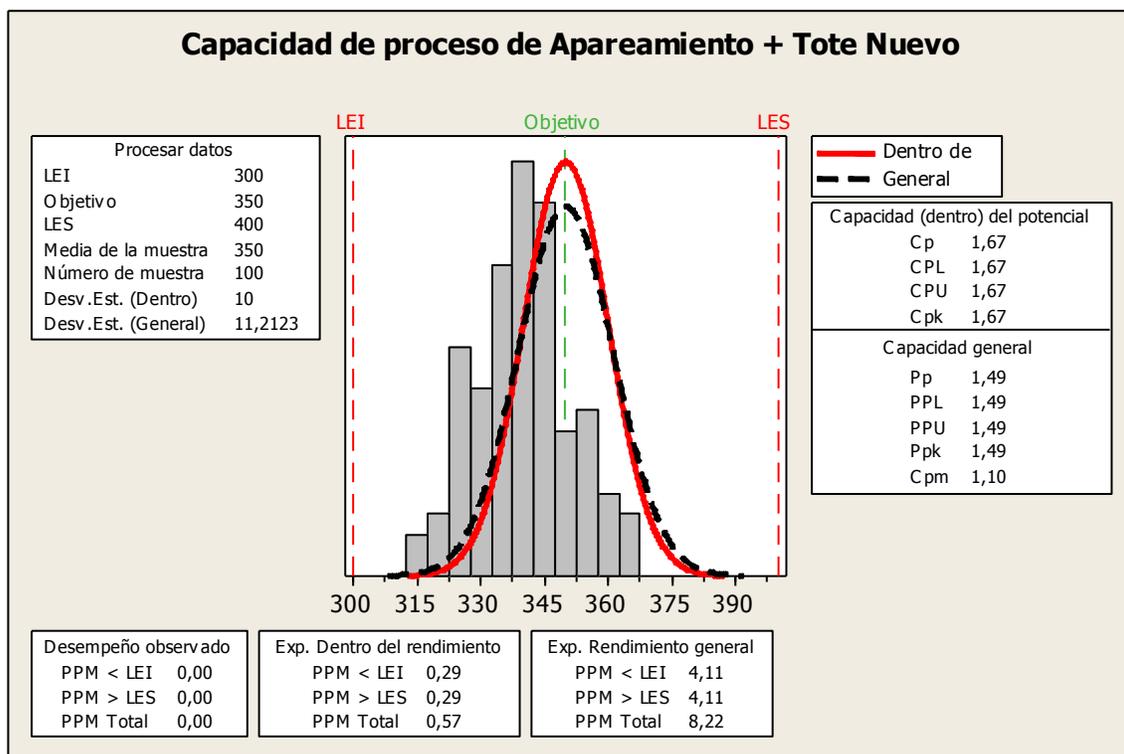


Gráfico 51: Capacidad de proceso con mejora 1 y 2 implementadas.

En la capacidad combinada del proceso podemos observar en el gráfico 51 un valor de 1,1. Es decir que tenemos una especificación que se cumple en el 100% de los casos siempre y cuando se respeten los procedimientos definidos como mejora. De esta manera podemos garantizar que la totalidad del lote puede ser envasado, que no es necesario retrabajar el material y que además esto permitiría reducir los tiempos muertos por línea parada.

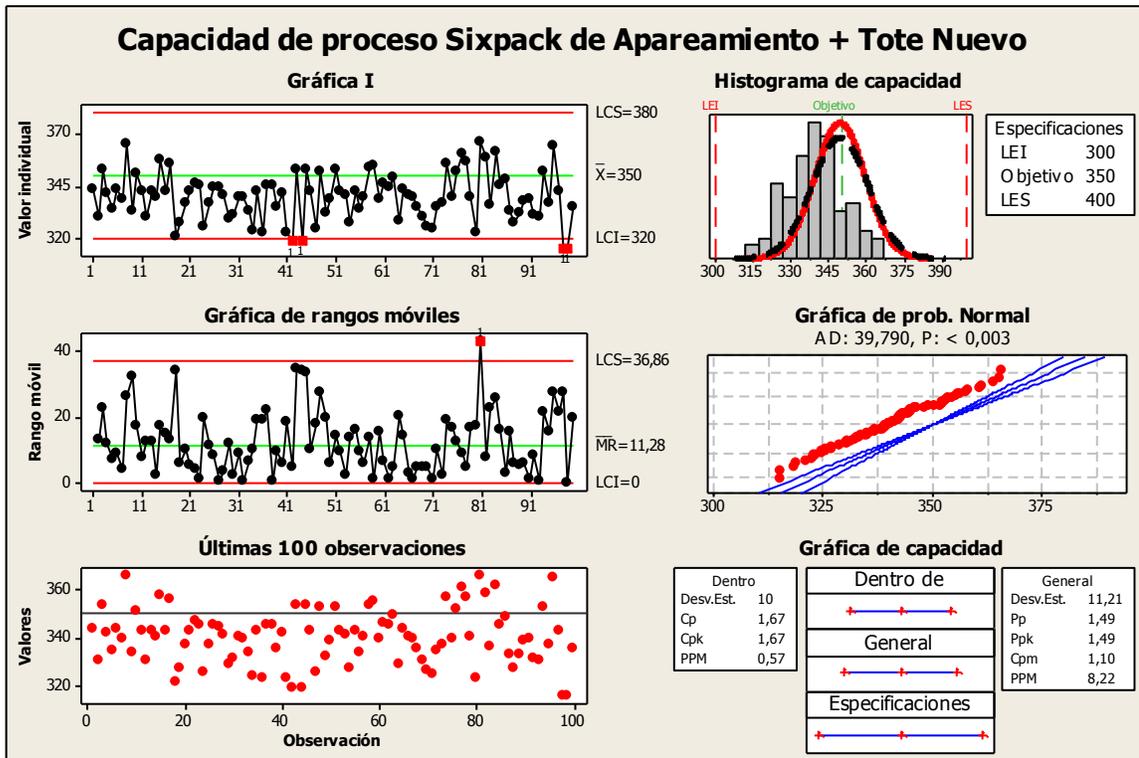


Gráfico 52: Capacidad de proceso completa para Vitamina C, con mejoras 1 y 2 implementadas.

Se puede confirmar que las mejoras fueron genuinas en los gráficos anteriores como se observa el gráfico 52, se puede ver que los valores individuales en una gráfica de control están dentro de especificación, y los límites establecidos por la gráfica de control son aún más exigentes que los preestablecidos por la empresa. El rango móvil supera los 40 puntos de vitamina en un solo caso, y no llega ni siquiera a 45. Esto nos permite aseverar que mientras el producto de origen se mantenga cerca de la media no corremos riesgo de observar desvíos por fuera de la especificación. En las últimas 100 observaciones podemos observar una distribución bastante predecible, con más valores por debajo de la media como esperábamos por la reducción del contenido de Vitamina C pero no hay valores por debajo de la especificación de 300 mg por litro. En la gráfica de probabilidad normal se puede observar una buena distribución de valores con un inicio de rango por sobre 320 y un final debajo de 375.

#### 4.5.3 Comparación de la capacidad antes y después de la mejora

Mediante el software Minitab se cargan los datos de antes y después de las mejoras y se obtienen los siguientes resultados como se ve el gráfico 53 que validan la aplicabilidad y el impacto de las mejoras planteadas.

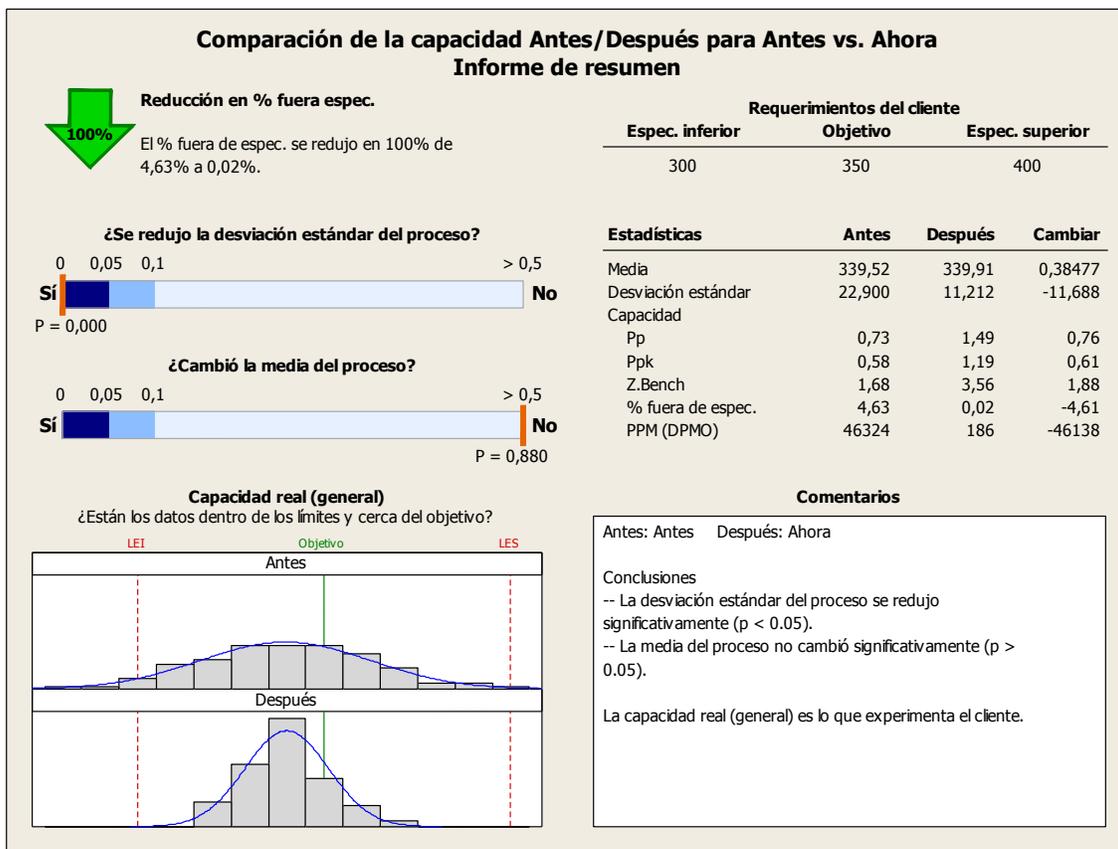
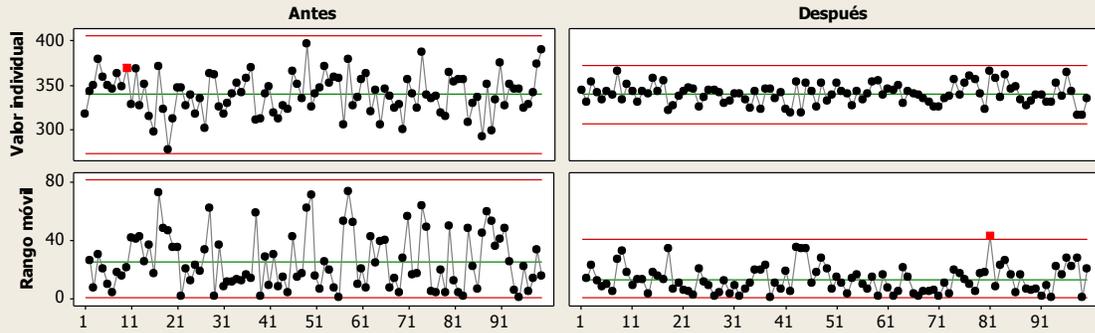


Gráfico 53: Comparación de capacidad de proceso para Vitamina C, antes y después de implementación de mejoras 1 y 2.

### Comparación de la capacidad Antes/Después para Antes vs. Ahora Informe de diagnóstico

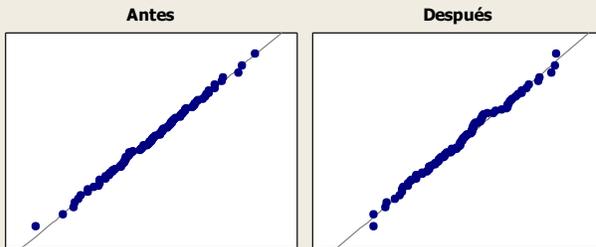
#### Gráficas I-MR

Confirme que las condiciones del proceso Antes y Después sean estables.



#### Gráficas de normalidad

Los puntos deben estar cerca de la línea.



#### Prueba de normalidad (Anderson-Darling)

	Antes	Después
Resultados	Pasa	Pasa
Valor p	0,990	0,491

Gráfico 54: Comparación de la capacidad de proceso mediante gráficos de control antes y después de la implementación de mejoras.

Como se ve en el gráfico 53 se redujeron en un 100% los valores fuera de especificación, solamente teniendo un esperado de 0,02% de valores por fuera. Obteniendo un Z de 1,88. Lo que demuestra que el proceso no solo es capaz sino que supera con creces las expectativas. En el gráfico 54 observamos la capacidad de proceso antes y después de las mejoras.

# 5. CONTROL

## 5.1 RESULTADOS

Se pudo confirmar a través del diseño de experimento anterior que se logró un alto impacto positivo en el proceso. A continuación mediante una serie de tiempo en el gráfico 55 se puede demostrar como se redujo el promedio de minutos de parada de máquina bajando el promedio de 45 minutos por día a 15 minutos por día.

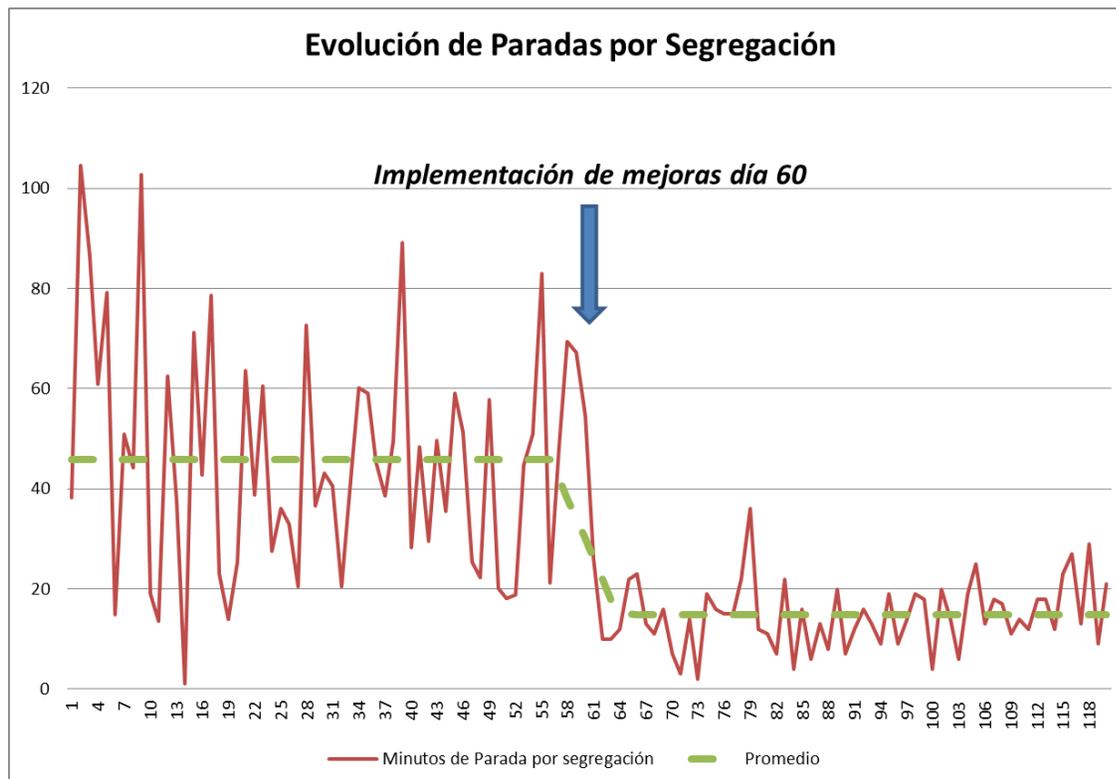


Gráfico 55: Evolución de minutos de máquina parada por segregación de polvos.

Esto permite un incremento de eficiencia en línea promedio de 2,08% con un costo asociado de A\$R 38.250 mensuales. Si la tendencia se mantiene el ahorro tendrá un impacto de reducción de costo del producto de A\$R 459.000 solo por el ahorro de paradas de línea. Además se facilita la operación reduciendo tareas de reproceso lo que permitiría avocar parte del personal que hoy las realiza a tareas más productivas, como capacitaciones.

Podemos evaluar la evolución de los resultados de Vitamina C que se obtuvieron en piso de planta posterior a la implementación de mejoras. Se puede ver en el gráfico 56 a continuación la reducción del rango y como el promedio de la vitamina se acerca al objetivo que es de 350 mg de Vitamina C.

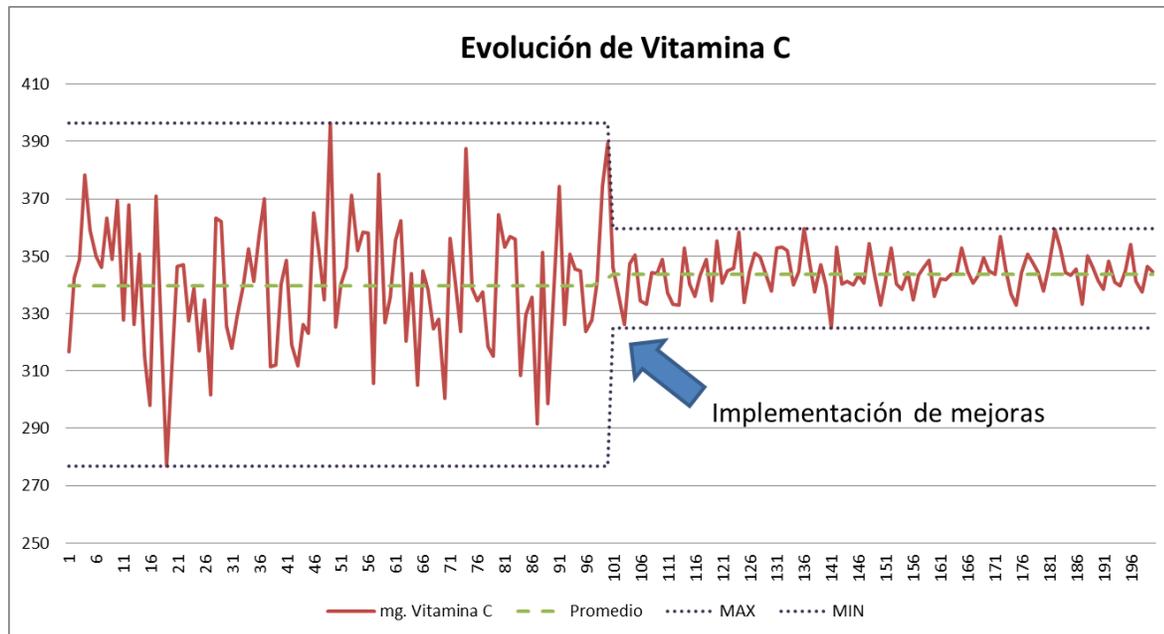


Gráfico 56: Evolución de Vitamina C en análisis antes y después de mejoras

El dueño del proceso recibe una vez concluido este trabajo de mejora un proceso bajo control.

Como se puede observar en el gráfico 57 siguiente, este gráfico permite observar con los criterios estadísticos definidos si el proceso está bajo control y es predecible. Al ser valores individuales tomados como los minutos de parada por segregación de producto se utiliza la gráfica I-MR para valores individuales sin subgrupo.

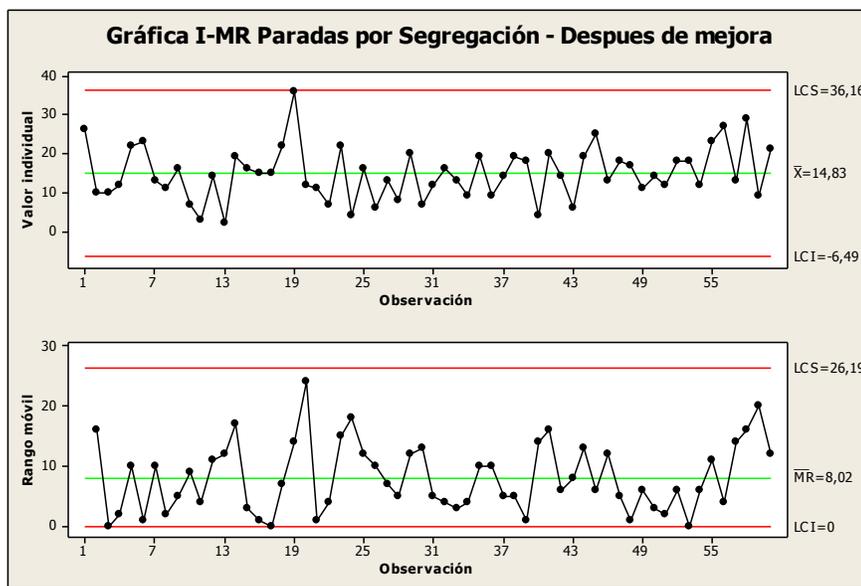


Gráfico 57: Gráfico de control de paradas por segregación en línea posterior a mejoras

Como última etapa y para entregar al dueño del proceso se prepara un plan de control, esto es determinante para la sustentabilidad de las mejoras y lograr mantener estos resultados en el tiempo. Se dejan claramente expresados en los instructivos de cada puesto clave para este proyecto cuales son las funciones que le competen y como deben desarrollar su función para poder asegurar que los resultados sean mantenidos en el largo plazo.

## 5.2 Discusión

Dentro de los hallazgos de este trabajo y como consecuencia de los análisis estadísticos aquí realizados se exponen a continuación las validaciones o las refutaciones de las distintas teorías que permitirán continuar desde este trabajo para seguir profundizando los conocimientos sobre material particulado, en especial y para este caso con granulometrías diferentes.

Una de las causas que se observaron durante el análisis consiste en la formación de agujeros de rata en el producto, es decir la conformación de un túnel, como embudo, por donde se desaloja el producto. Esto se expone en el abstract de Jenike and Johansen (8). Se puede observar que el producto segrega en torno a esta zona y los finos se acumulan en las paredes de este embudo formado naturalmente (19).

Este proceso para el material que fue analizado si bien es fuente de segregación, fue compensado de distintas maneras mediante las mejoras implementadas y no fue necesaria la implementación de un vibrador en la tolva como lo recomienda el informe realizado por la empresa Jenike and Johansen (24, 19). Este hecho concuerda más con la evaluación realizada por la Universidad de Delft (22) donde constata que la vibración en caso de material particulado puede generar mayor segregación. Se considera que ante materiales de misma densidad y granulometría los vibradores rompen este agujero de rata y mejoran la fluctuación de producto, pero en productos con diferentes granulometrías el producto segrega aun más con sistemas de vibración ya que separan los finos de los gruesos.

Como segundo factor de la segregación el material que Jenike and Johansen presenta en su abstract consiste en conformar una tolva con un ángulo de tolva de  $50^\circ$  como ideal. En cambio el manual del Ingeniero Químico de Perry recomendando ángulos entre  $35^\circ$  y  $60^\circ$  (9). En este proyecto se prueban 3 tipos de conformaciones y se corrobora que a mayor ángulo mejor fue el rendimiento y se evitó la segregación en tolva. El límite de  $55^\circ$  de este proyecto estuvo dado por limitaciones espaciales y no tecnológicas. De seguir con la investigación se puede continuar aumentando el ángulo hasta determinar un ángulo teórico óptimo. Desde el punto de vista del proceso de jugo, los  $55^\circ$  cumplen con lo esperado.

Se discute en este proyecto el efecto negativo de la gravedad en el transporte de productos particulados, al menos en la distancia que se realiza en este proceso en particular, se informa que el peor método de transporte en caso de productos en polvo con problemas de segregación es la gravedad

y que hay diferentes métodos de transporte que mejoran este inconveniente para Kalman (5). Si bien durante la etapa de análisis se verificó que en el proceso de transvasado desde la mezcladora a la tolva el producto ampliaba su desviación estándar con respecto a los valores de la etapa previa y se observaba una leve segregación, la tecnología disponible en este caso no solo no redujo la segregación sino que la incrementó. Es posible que con el paso del tiempo o para otros productos particulados o que deben recorrer mayor distancia que la del proceso actual requieran de esta tecnología pero para el caso del jugo azucarado en polvo, con el proceso descrito anteriormente la gravedad cumple de mejor manera el rol de transporte (32).

El apareamiento de totes probó ser una herramienta eficaz para el procesamiento de jugo el polvo (33). Las mejoras se observaron inmediatamente y el polvo a pesar de ser un fluido no compresible se mezcló con el nuevo lote sin problemas en la distancia recorrida por el material hasta llegar a la envasadora. El abstract de la revista Scientist Live acerca de twin-shaft batch mixers, si bien estaba orientado a productos lácteos propone este procedimiento con excelentes resultados tanto en lácteos como en otros materiales purverulentos.

### 5.3 CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo se pudo comprobar que la segregación es una de las causas raíz a algunos de los problemas más comunes de la industria de jugo azucarado. Dentro de ésta categoría a la que llamamos segregación se logró demostrar una correlación entre los problemas de parada de máquina, la variación en los parámetros críticos de salida y las variaciones del producto en cuanto a sus aspectos organolépticos. Mediante el análisis se pudo detectar en que etapas la segregación afectaba en mayor medida al proceso y se pudieron detectar algunos factores a ser atacados para solucionar parcialmente este problema, como el ángulo de la tolva, el proceso de vaciado de tote, etc. Posterior al análisis y gracias a la participación de un grupo de gente muy comprometida con el proceso, se logró identificar posibles soluciones que o estaban disponibles tecnológicamente o que podían ser llevadas a cabo en planta junto con el departamento de proyectos y mantenimiento. Estas ideas que quedaron plasmadas en la etapa de mejorar mostraron como 3 de las 4 mejoras planteadas arrojaron mejoras significativas a los valores de segregación, a los tiempos muertos por paradas relacionadas con este factor y mejoraron la percepción organoléptica del jugo preparado dando un producto terminado más homogéneo y de mejor calidad.

Se pueden ver 4 claros puntos de mejora que se obtuvieron a partir de este proyecto

- ✚ Reducción de tiempos muertos por segregación de 45 minutos a 15 minutos por turno en promedio. Aumentando la eficiencia de la línea en un 2,08% promedio.
  
- ✚ Reducción de la variación del parámetro crítico Vitamina C en el jugo para cumplir con los requerimientos de la compañía y obtener un proceso dentro de especificación en situaciones normales del mismo.
  
- ✚ Reducción del retrabajo necesario para recuperar el producto no conforme en lotes conformes para evitar pérdidas. De esta manera el personal que invertía parte de su tiempo en esta tarea está disponible para otras tareas más productivas, ya sea capacitación o nuevas funciones.
  
- ✚ Sentar un precedente para investigación en material particulado con distintas densidades para poder ser punto de partida de otros proyectos con necesidades similares o distintas pero encarados con un conocimiento previo de variables críticas que aún no estaba disponible.

Es muy importante destacar que las conclusiones y los resultados obtenidos forman parte de un proceso vivo y variable. Es importante que ante cambios en el proceso se reevalúen las condiciones óptimas, logrando mantener el nivel alcanzado en la actualidad.

Desde el punto de vista académico la investigación aporta en referencia al ángulo óptimo de tolv de trabajo para este proceso en particular, además permite comprender algunos fenómenos prácticos que facilitan el manejo de productos pulverulentos de diferentes granulometrías.

Nos parece muy importante destacar que la planta de jugos de Villa Mercedes continuará con las investigaciones para mantener el proceso de mejora continua y mantiene las mejoras planteadas para asegurar un mejor rendimiento y la eficiencia deseada.

“Lo que tenemos que aprender, lo aprendemos haciendo” - Aristóteles

## BIBLIOGRAFÍA

1. **Nowak, Sharon.** *Improving your Batch or Continuous Process: Options in Feeder Technologies for Dry Powders.* Chicago : Kett, 2009. 0012492174.
2. **Ortega Rivas E, Juliano Pablo y Hong, Yan.** *Physical Properties, Processing and functionality.* Boston : Food Engineering Series, 2010. 0010398051.
3. **Levine, David M.** *Statistics for Six Sigma Green Belts.* New York : Pearson Education, 2006. 091S91U84.
4. **Lewis, Joseph D.** *Technology Review Level measurement of Bulk Solid in Bins, Silos and Hoppers.* San Francisco : Monitor technologies LLC, 2011, Vol. 98.
5. **Kalman, A Levy Christopher.** *Handbook of conveying and handling particulate solids.* Edimburg : Elsevier, 2011. 0444502351.
6. **Bass, Issa and Lawton, Barbara.** *Lean Six Sigma.* New York : Mc Graw Hill, 2009. 978-0-07-162621-7.
7. **FAO Stat.** [Online] 04 12, 2012. [Cited: 02 21, 2012.] <http://www.fao.org/economic/ess/syb/en/>. 2012.
8. **Jenike y Johansen.** *Flow od Solids, in bins, hoppers, chutes and feeders.* Tyngsboro : Jenike & Johansen Inc., 2008. 0019786493300.
9. **Perry, Robert H. and Green, Don W.** *Manual del Ingeniero Quimico.* Madrid : Mc Graw Hill, 2007 - 7 edición. 8448130081.
10. **Sainz, Alfredo.** Pelea por los jugos en polvo. *La Nacion.* Impresa, 2011, Vol. 02 de Diciembre, 2011.
11. **Alimentos Argentinos - Ministerio Agricultura.** [Online] Junio 01, 2012. [Cited: 07 16, 2012.] [http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/bebidas/productos/MercBebAnalc%C3%B3licas\\_06Jun.pdf](http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/bebidas/productos/MercBebAnalc%C3%B3licas_06Jun.pdf). 1.
12. **Ministerio de Economia y Finanzas Públicas.** [Online] 03 11, 2012. [Cited: 05 21, 2012.] [http://www.mecon.gov.ar/peconomica/dnper/fichas\\_provinciales/San\\_Luis.pdf](http://www.mecon.gov.ar/peconomica/dnper/fichas_provinciales/San_Luis.pdf). 1.
13. **ANMAT.** Anmat. [Online] 08 12, 2008. [Cited: 11 19, 2011.] [http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/Capitulo\\_V.pdf](http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/Capitulo_V.pdf). 1.
14. **Kleijnen, Jack P. C.** *Design of Experiments: Overview.* Tilburg : Tilburg University, 2008. 2008-70.

15. **Kerry, Johanson.** *Effect of Particle Shape on Unconfined Yield Strength.* Talahasee : Elsevier, 2009. 3.
16. **Jenike, A. W.** *Storage and Flow of Solids.* Salt Lake : University of Utah, 1964. 123.
17. **Moahker, M. T. Shinbrot.** *Experimentally validated computations of flow, mixing and segregation of non cohesive grains in 3d tumbling blenders.* Cincinnati : Powder Technology, 2000. 109.
18. **Rathbone, T.** *The deaeration of fine powders.* Boston : Mc Graw Hill, 1987. 51.
19. **Wes, G. W. J. Stemerding.** *Control of flow of cohesive powders by means of simultaneous aeration and vibration.* 1, Newark : Powder Technology, 1990, Vol. April 1990. 61 .
20. **Wang, Zhaolin.** *Fluidization of fine particles.* Beijing : Chemical Engineering Science, 1998. 53.
21. **Spetch, D.** *Caking of granular materials: an experimental and theoretical study (Thesis).* Miami : University of Florida, 2006. 1.
22. **Kraan, Van der.** *Techniques for the measurement of flow properties of cohesive powders.* Delft : University of Delft, 2000. 1.
23. **Jaeger, H.M. y Nagel, S.R.** *Physics of the granular state.* Berlin : Science, 1992. 255.
24. **Schelten, J. y Schmatz, W.** *Multiple-scattering treatment for small-angle scattering problems.* Chester : Journal of Applied Crystallography, 1980. 13.
25. **Hinrichsen, D.E. Wolf.** *The physics of granular media.* Weinheim : Wiley-VCH, 2004. 009312274301.
26. **Barbosa-Canovas, G.V. y Malave-Lopez, J and Peleg, M.** *Segregation in Food Powders.* Amherst : University of Massachusetts, 1985. 20568151.
27. **Peleg, M.** *Physical properties of food.* Westpoint : AVI, 1983. 1821931277421.
28. **Brown, R.L.** *Flown patterns and Segregation.* Oxford : Pergamon Press, 1970. 1.
29. **Ott, R.L.** *Introduction to Statistical Methods and Data Analysis.* Belmont : Duxbury Press, 1992. 4.
30. **Hollenbach, A.M.** *Interparticle Surface Affinity and the Bulk Properties of Conditioned Powders.* 51, Surrey : Powder Technology, 1983, Vol. 35. 1983.
31. **Schubert, H.** *Principles of Agglomeration* 3, Hamburg : Scientific Press, 1981, Vol. 21. 363377.
32. **Brock, Don J. y May, James G. and Renegar Greg.** Astecinc. [Online] 05 18, 1994. [Cited: 02 11, 12.] [http://www.astecinc.com/images/file/literature/T117\\_SP.PDF](http://www.astecinc.com/images/file/literature/T117_SP.PDF). 117S.

33. **Forberg International.** Scientist Live. [Online] 07 12, 2009. [Cited: 05 18, 2012.] [http://www.scientistlive.com/European-Food-Scientist/Processing\\_Equipment/Twin-shaft\\_batch\\_mixers\\_for\\_bulk\\_dairy\\_powers/24399/](http://www.scientistlive.com/European-Food-Scientist/Processing_Equipment/Twin-shaft_batch_mixers_for_bulk_dairy_powers/24399/). 78.

# *ANEXO DE TABLAS*

Tabla XVIII: MSA Organoléptico completo Parte 1

Orden	Evaluadores	Ensayos	Muestra	Resultados	Estándar
1	Analista TA	1	Elemento 49	Bueno	Bueno
2	Analista TA	1	Elemento 33	Malo	Malo
3	Analista TA	1	Elemento 12	Bueno	Bueno
4	Analista TA	1	Elemento 47	Bueno	Bueno
5	Analista TA	1	Elemento 35	Bueno	Bueno
6	Analista TA	1	Elemento 28	Malo	Malo
7	Analista TA	1	Elemento 8	Bueno	Bueno
8	Analista TA	1	Elemento 17	Malo	Malo
9	Analista TA	1	Elemento 16	Bueno	Bueno
10	Analista TA	1	Elemento 19	Bueno	Bueno
11	Analista TA	1	Elemento 23	Bueno	Bueno
12	Analista TA	1	Elemento 11	Malo	Malo
13	Analista TA	1	Elemento 50	Bueno	Bueno
14	Analista TA	1	Elemento 5	Bueno	Bueno
15	Analista TA	1	Elemento 9	Malo	Malo
16	Analista TA	1	Elemento 6	Bueno	Bueno
17	Analista TA	1	Elemento 37	Bueno	Bueno
18	Analista TA	1	Elemento 18	Bueno	Bueno
19	Analista TA	1	Elemento 10	Bueno	Bueno
20	Analista TA	1	Elemento 20	Malo	Malo
21	Analista TA	1	Elemento 26	Malo	Malo
22	Analista TA	1	Elemento 22	Bueno	Bueno
23	Analista TA	1	Elemento 29	Malo	Malo
24	Analista TA	1	Elemento 14	Malo	Malo
25	Analista TA	1	Elemento 32	Malo	Malo
26	Analista TA	1	Elemento 4	Malo	Malo
27	Analista TA	1	Elemento 39	Bueno	Bueno
28	Analista TA	1	Elemento 27	Bueno	Bueno
29	Analista TA	1	Elemento 3	Malo	Malo
30	Analista TA	1	Elemento 7	Bueno	Bueno
31	Analista TA	1	Elemento 48	Malo	Malo
32	Analista TA	1	Elemento 25	Bueno	Bueno
33	Analista TA	1	Elemento 15	Bueno	Bueno
34	Analista TA	1	Elemento 40	Bueno	Bueno
35	Analista TA	1	Elemento 44	Malo	Malo
36	Analista TA	1	Elemento 38	Malo	Malo
37	Analista TA	1	Elemento 1	Bueno	Bueno
38	Analista TA	1	Elemento 42	Bueno	Bueno
39	Analista TA	1	Elemento 2	Bueno	Bueno
40	Analista TA	1	Elemento 21	Bueno	Bueno

Tabla XIX: MSA Organoléptico completo Parte 2

41	Analista TA	1	Elemento 36	Bueno	Bueno
42	Analista TA	1	Elemento 43	Bueno	Bueno
43	Analista TA	1	Elemento 31	Malo	Malo
44	Analista TA	1	Elemento 34	Malo	Malo
45	Analista TA	1	Elemento 13	Bueno	Bueno
46	Analista TA	1	Elemento 45	Malo	Malo
47	Analista TA	1	Elemento 24	Bueno	Bueno
48	Analista TA	1	Elemento 46	Bueno	Bueno
49	Analista TA	1	Elemento 30	Malo	Malo
50	Analista TA	1	Elemento 41	Malo	Malo
51	Analista TB	1	Elemento 19	Bueno	Bueno
52	Analista TB	1	Elemento 33	Malo	Malo
53	Analista TB	1	Elemento 10	Bueno	Bueno
54	Analista TB	1	Elemento 42	Bueno	Bueno
55	Analista TB	1	Elemento 44	Malo	Malo
56	Analista TB	1	Elemento 7	Bueno	Bueno
57	Analista TB	1	Elemento 17	Malo	Malo
58	Analista TB	1	Elemento 8	Bueno	Bueno
59	Analista TB	1	Elemento 23	Bueno	Bueno
60	Analista TB	1	Elemento 6	Bueno	Bueno
61	Analista TB	1	Elemento 47	Bueno	Bueno
62	Analista TB	1	Elemento 50	Bueno	Bueno
63	Analista TB	1	Elemento 46	Bueno	Bueno
64	Analista TB	1	Elemento 22	Bueno	Bueno
65	Analista TB	1	Elemento 11	Malo	Malo
66	Analista TB	1	Elemento 36	Bueno	Bueno
67	Analista TB	1	Elemento 41	Malo	Malo
68	Analista TB	1	Elemento 40	Bueno	Bueno
69	Analista TB	1	Elemento 15	Bueno	Bueno
70	Analista TB	1	Elemento 32	Malo	Malo
71	Analista TB	1	Elemento 34	Malo	Malo
72	Analista TB	1	Elemento 45	Malo	Malo
73	Analista TB	1	Elemento 20	Malo	Malo
74	Analista TB	1	Elemento 24	Bueno	Bueno
75	Analista TB	1	Elemento 18	Bueno	Bueno
76	Analista TB	1	Elemento 4	Malo	Malo
77	Analista TB	1	Elemento 30	Bueno	Malo
78	Analista TB	1	Elemento 13	Bueno	Bueno
79	Analista TB	1	Elemento 12	Bueno	Bueno
80	Analista TB	1	Elemento 38	Malo	Malo

Tabla XX: MSA Organoléptico completo Parte 3

81	Analista TB	1	Elemento 29	Malo	Malo
82	Analista TB	1	Elemento 16	Bueno	Bueno
83	Analista TB	1	Elemento 49	Bueno	Bueno
84	Analista TB	1	Elemento 21	Bueno	Bueno
85	Analista TB	1	Elemento 26	Malo	Malo
86	Analista TB	1	Elemento 1	Bueno	Bueno
87	Analista TB	1	Elemento 2	Bueno	Bueno
88	Analista TB	1	Elemento 48	Malo	Malo
89	Analista TB	1	Elemento 28	Malo	Malo
90	Analista TB	1	Elemento 9	Malo	Malo
91	Analista TB	1	Elemento 39	Bueno	Bueno
92	Analista TB	1	Elemento 3	Malo	Malo
93	Analista TB	1	Elemento 31	Malo	Malo
94	Analista TB	1	Elemento 25	Bueno	Bueno
95	Analista TB	1	Elemento 35	Bueno	Bueno
96	Analista TB	1	Elemento 14	Malo	Malo
97	Analista TB	1	Elemento 5	Bueno	Bueno
98	Analista TB	1	Elemento 37	Bueno	Bueno
99	Analista TB	1	Elemento 27	Bueno	Bueno
100	Analista TB	1	Elemento 43	Bueno	Bueno
101	Analista TC	1	Elemento 32	Malo	Malo
102	Analista TC	1	Elemento 4	Malo	Malo
103	Analista TC	1	Elemento 50	Bueno	Bueno
104	Analista TC	1	Elemento 19	Bueno	Bueno
105	Analista TC	1	Elemento 23	Bueno	Bueno
106	Analista TC	1	Elemento 11	Malo	Malo
107	Analista TC	1	Elemento 5	Bueno	Bueno
108	Analista TC	1	Elemento 36	Bueno	Bueno
109	Analista TC	1	Elemento 15	Bueno	Bueno
110	Analista TC	1	Elemento 40	Bueno	Bueno
111	Analista TC	1	Elemento 22	Bueno	Bueno
112	Analista TC	1	Elemento 37	Bueno	Bueno
113	Analista TC	1	Elemento 13	Bueno	Bueno
114	Analista TC	1	Elemento 25	Bueno	Bueno
115	Analista TC	1	Elemento 41	Malo	Malo
116	Analista TC	1	Elemento 21	Bueno	Bueno
117	Analista TC	1	Elemento 12	Bueno	Bueno
118	Analista TC	1	Elemento 48	Malo	Malo
119	Analista TC	1	Elemento 44	Malo	Malo
120	Analista TC	1	Elemento 43	Bueno	Bueno

Tabla XXI: MSA Organoléptico completo Parte 4

121	Analista TC	1	Elemento 46	Bueno	Bueno
122	Analista TC	1	Elemento 28	Malo	Malo
123	Analista TC	1	Elemento 20	Malo	Malo
124	Analista TC	1	Elemento 26	Malo	Malo
125	Analista TC	1	Elemento 39	Bueno	Bueno
126	Analista TC	1	Elemento 27	Bueno	Bueno
127	Analista TC	1	Elemento 35	Bueno	Bueno
128	Analista TC	1	Elemento 49	Bueno	Bueno
129	Analista TC	1	Elemento 18	Bueno	Bueno
130	Analista TC	1	Elemento 47	Bueno	Bueno
131	Analista TC	1	Elemento 29	Malo	Malo
132	Analista TC	1	Elemento 34	Malo	Malo
133	Analista TC	1	Elemento 2	Bueno	Bueno
134	Analista TC	1	Elemento 8	Bueno	Bueno
135	Analista TC	1	Elemento 31	Malo	Malo
136	Analista TC	1	Elemento 24	Bueno	Bueno
137	Analista TC	1	Elemento 17	Malo	Malo
138	Analista TC	1	Elemento 7	Bueno	Bueno
139	Analista TC	1	Elemento 42	Bueno	Bueno
140	Analista TC	1	Elemento 9	Malo	Malo
141	Analista TC	1	Elemento 1	Bueno	Bueno
142	Analista TC	1	Elemento 38	Malo	Malo
143	Analista TC	1	Elemento 6	Bueno	Bueno
144	Analista TC	1	Elemento 16	Bueno	Bueno
145	Analista TC	1	Elemento 14	Malo	Malo
146	Analista TC	1	Elemento 33	Malo	Malo
147	Analista TC	1	Elemento 10	Bueno	Bueno
148	Analista TC	1	Elemento 45	Malo	Malo
149	Analista TC	1	Elemento 3	Malo	Malo
150	Analista TC	1	Elemento 30	Malo	Malo
151	Analista TD	1	Elemento 37	Bueno	Bueno
152	Analista TD	1	Elemento 44	Malo	Malo
153	Analista TD	1	Elemento 30	Malo	Malo
154	Analista TD	1	Elemento 15	Bueno	Bueno
155	Analista TD	1	Elemento 50	Bueno	Bueno
156	Analista TD	1	Elemento 29	Malo	Malo
157	Analista TD	1	Elemento 8	Bueno	Bueno
158	Analista TD	1	Elemento 34	Malo	Malo
159	Analista TD	1	Elemento 40	Bueno	Bueno
160	Analista TD	1	Elemento 25	Bueno	Bueno

Tabla XXII: MSA Organoléptico completo Parte 5

161	Analista TD	1	Elemento 26	Malo	Malo
162	Analista TD	1	Elemento 3	Malo	Malo
163	Analista TD	1	Elemento 39	Bueno	Bueno
164	Analista TD	1	Elemento 24	Bueno	Bueno
165	Analista TD	1	Elemento 12	Bueno	Bueno
166	Analista TD	1	Elemento 45	Malo	Malo
167	Analista TD	1	Elemento 16	Bueno	Bueno
168	Analista TD	1	Elemento 48	Malo	Malo
169	Analista TD	1	Elemento 6	Bueno	Bueno
170	Analista TD	1	Elemento 28	Malo	Malo
171	Analista TD	1	Elemento 22	Bueno	Bueno
172	Analista TD	1	Elemento 41	Malo	Malo
173	Analista TD	1	Elemento 9	Malo	Malo
174	Analista TD	1	Elemento 4	Malo	Malo
175	Analista TD	1	Elemento 31	Malo	Malo
176	Analista TD	1	Elemento 42	Bueno	Bueno
177	Analista TD	1	Elemento 35	Malo	Bueno
178	Analista TD	1	Elemento 5	Bueno	Bueno
179	Analista TD	1	Elemento 49	Bueno	Bueno
180	Analista TD	1	Elemento 11	Malo	Malo
181	Analista TD	1	Elemento 20	Malo	Malo
182	Analista TD	1	Elemento 10	Bueno	Bueno
183	Analista TD	1	Elemento 13	Bueno	Bueno
184	Analista TD	1	Elemento 21	Bueno	Bueno
185	Analista TD	1	Elemento 46	Bueno	Bueno
186	Analista TD	1	Elemento 18	Bueno	Bueno
187	Analista TD	1	Elemento 17	Malo	Malo
188	Analista TD	1	Elemento 36	Bueno	Bueno
189	Analista TD	1	Elemento 32	Malo	Malo
190	Analista TD	1	Elemento 43	Bueno	Bueno
191	Analista TD	1	Elemento 38	Malo	Malo
192	Analista TD	1	Elemento 47	Bueno	Bueno
193	Analista TD	1	Elemento 14	Malo	Malo
194	Analista TD	1	Elemento 27	Bueno	Bueno
195	Analista TD	1	Elemento 7	Bueno	Bueno
196	Analista TD	1	Elemento 23	Bueno	Bueno
197	Analista TD	1	Elemento 19	Bueno	Bueno
198	Analista TD	1	Elemento 33	Malo	Malo
199	Analista TD	1	Elemento 1	Bueno	Bueno
200	Analista TD	1	Elemento 2	Bueno	Bueno

Tabla XXIII: MSA Organoléptico completo Parte 6

201	Analista TA	2	Elemento 18	Bueno	Bueno
202	Analista TA	2	Elemento 8	Bueno	Bueno
203	Analista TA	2	Elemento 3	Malo	Malo
204	Analista TA	2	Elemento 28	Malo	Malo
205	Analista TA	2	Elemento 32	Malo	Malo
206	Analista TA	2	Elemento 30	Malo	Malo
207	Analista TA	2	Elemento 42	Bueno	Bueno
208	Analista TA	2	Elemento 14	Malo	Malo
209	Analista TA	2	Elemento 25	Bueno	Bueno
210	Analista TA	2	Elemento 23	Bueno	Bueno
211	Analista TA	2	Elemento 31	Malo	Malo
212	Analista TA	2	Elemento 44	Malo	Malo
213	Analista TA	2	Elemento 27	Bueno	Bueno
214	Analista TA	2	Elemento 38	Malo	Malo
215	Analista TA	2	Elemento 49	Bueno	Bueno
216	Analista TA	2	Elemento 46	Bueno	Bueno
217	Analista TA	2	Elemento 22	Bueno	Bueno
218	Analista TA	2	Elemento 34	Malo	Malo
219	Analista TA	2	Elemento 50	Bueno	Bueno
220	Analista TA	2	Elemento 6	Bueno	Bueno
221	Analista TA	2	Elemento 29	Malo	Malo
222	Analista TA	2	Elemento 9	Malo	Malo
223	Analista TA	2	Elemento 16	Bueno	Bueno
224	Analista TA	2	Elemento 5	Bueno	Bueno
225	Analista TA	2	Elemento 20	Malo	Malo
226	Analista TA	2	Elemento 26	Malo	Malo
227	Analista TA	2	Elemento 10	Bueno	Bueno
228	Analista TA	2	Elemento 21	Bueno	Bueno
229	Analista TA	2	Elemento 2	Bueno	Bueno
230	Analista TA	2	Elemento 39	Bueno	Bueno
231	Analista TA	2	Elemento 33	Malo	Malo
232	Analista TA	2	Elemento 19	Bueno	Bueno
233	Analista TA	2	Elemento 7	Bueno	Bueno
234	Analista TA	2	Elemento 4	Malo	Malo
235	Analista TA	2	Elemento 13	Bueno	Bueno
236	Analista TA	2	Elemento 40	Bueno	Bueno
237	Analista TA	2	Elemento 15	Bueno	Bueno
238	Analista TA	2	Elemento 48	Malo	Malo
239	Analista TA	2	Elemento 41	Malo	Malo
240	Analista TA	2	Elemento 43	Bueno	Bueno

Tabla XXIV: MSA Organoléptico completo Parte 7

241	Analista TA	2	Elemento 1	Bueno	Bueno
242	Analista TA	2	Elemento 35	Bueno	Bueno
243	Analista TA	2	Elemento 47	Bueno	Bueno
244	Analista TA	2	Elemento 17	Malo	Malo
245	Analista TA	2	Elemento 12	Bueno	Bueno
246	Analista TA	2	Elemento 24	Bueno	Bueno
247	Analista TA	2	Elemento 45	Malo	Malo
248	Analista TA	2	Elemento 36	Bueno	Bueno
249	Analista TA	2	Elemento 11	Malo	Malo
250	Analista TA	2	Elemento 37	Bueno	Bueno
251	Analista TB	2	Elemento 40	Bueno	Bueno
252	Analista TB	2	Elemento 4	Malo	Malo
253	Analista TB	2	Elemento 19	Bueno	Bueno
254	Analista TB	2	Elemento 11	Malo	Malo
255	Analista TB	2	Elemento 42	Bueno	Bueno
256	Analista TB	2	Elemento 41	Malo	Malo
257	Analista TB	2	Elemento 43	Bueno	Bueno
258	Analista TB	2	Elemento 10	Bueno	Bueno
259	Analista TB	2	Elemento 7	Bueno	Bueno
260	Analista TB	2	Elemento 5	Bueno	Bueno
261	Analista TB	2	Elemento 6	Bueno	Bueno
262	Analista TB	2	Elemento 3	Malo	Malo
263	Analista TB	2	Elemento 36	Bueno	Bueno
264	Analista TB	2	Elemento 44	Bueno	Malo
265	Analista TB	2	Elemento 35	Bueno	Bueno
266	Analista TB	2	Elemento 47	Bueno	Bueno
267	Analista TB	2	Elemento 45	Malo	Malo
268	Analista TB	2	Elemento 22	Bueno	Bueno
269	Analista TB	2	Elemento 8	Bueno	Bueno
270	Analista TB	2	Elemento 37	Bueno	Bueno
271	Analista TB	2	Elemento 46	Bueno	Bueno
272	Analista TB	2	Elemento 16	Bueno	Bueno
273	Analista TB	2	Elemento 26	Malo	Malo
274	Analista TB	2	Elemento 18	Bueno	Bueno
275	Analista TB	2	Elemento 1	Bueno	Bueno
276	Analista TB	2	Elemento 33	Malo	Malo
277	Analista TB	2	Elemento 34	Bueno	Malo
278	Analista TB	2	Elemento 25	Bueno	Bueno
279	Analista TB	2	Elemento 14	Bueno	Malo
280	Analista TB	2	Elemento 17	Malo	Malo

Tabla XXV: MSA Organoléptico completo Parte 8

281	Analista TB	2	Elemento 2	Bueno	Bueno
282	Analista TB	2	Elemento 30	Malo	Malo
283	Analista TB	2	Elemento 9	Malo	Malo
284	Analista TB	2	Elemento 29	Malo	Malo
285	Analista TB	2	Elemento 48	Malo	Malo
286	Analista TB	2	Elemento 32	Malo	Malo
287	Analista TB	2	Elemento 15	Bueno	Bueno
288	Analista TB	2	Elemento 20	Malo	Malo
289	Analista TB	2	Elemento 23	Bueno	Bueno
290	Analista TB	2	Elemento 27	Bueno	Bueno
291	Analista TB	2	Elemento 24	Bueno	Bueno
292	Analista TB	2	Elemento 49	Bueno	Bueno
293	Analista TB	2	Elemento 28	Malo	Malo
294	Analista TB	2	Elemento 39	Bueno	Bueno
295	Analista TB	2	Elemento 13	Bueno	Bueno
296	Analista TB	2	Elemento 50	Bueno	Bueno
297	Analista TB	2	Elemento 12	Bueno	Bueno
298	Analista TB	2	Elemento 21	Bueno	Bueno
299	Analista TB	2	Elemento 38	Malo	Malo
300	Analista TB	2	Elemento 31	Bueno	Malo
301	Analista TC	2	Elemento 3	Malo	Malo
302	Analista TC	2	Elemento 9	Malo	Malo
303	Analista TC	2	Elemento 29	Malo	Malo
304	Analista TC	2	Elemento 34	Malo	Malo
305	Analista TC	2	Elemento 19	Bueno	Bueno
306	Analista TC	2	Elemento 28	Malo	Malo
307	Analista TC	2	Elemento 18	Bueno	Bueno
308	Analista TC	2	Elemento 26	Malo	Malo
309	Analista TC	2	Elemento 24	Bueno	Bueno
310	Analista TC	2	Elemento 42	Bueno	Bueno
311	Analista TC	2	Elemento 32	Malo	Malo
312	Analista TC	2	Elemento 16	Bueno	Bueno
313	Analista TC	2	Elemento 2	Bueno	Bueno
314	Analista TC	2	Elemento 25	Bueno	Bueno
315	Analista TC	2	Elemento 31	Malo	Malo
316	Analista TC	2	Elemento 8	Bueno	Bueno
317	Analista TC	2	Elemento 30	Malo	Malo
318	Analista TC	2	Elemento 46	Bueno	Bueno
319	Analista TC	2	Elemento 39	Bueno	Bueno
320	Analista TC	2	Elemento 43	Bueno	Bueno

Tabla XXVI: MSA Organoléptico completo Parte 9

321	Analista TC	2	Elemento 10	Bueno	Bueno
322	Analista TC	2	Elemento 20	Malo	Malo
323	Analista TC	2	Elemento 49	Bueno	Bueno
324	Analista TC	2	Elemento 5	Bueno	Bueno
325	Analista TC	2	Elemento 45	Malo	Malo
326	Analista TC	2	Elemento 35	Bueno	Bueno
327	Analista TC	2	Elemento 15	Bueno	Bueno
328	Analista TC	2	Elemento 6	Bueno	Bueno
329	Analista TC	2	Elemento 38	Malo	Malo
330	Analista TC	2	Elemento 17	Malo	Malo
331	Analista TC	2	Elemento 22	Bueno	Bueno
332	Analista TC	2	Elemento 44	Malo	Malo
333	Analista TC	2	Elemento 14	Malo	Malo
334	Analista TC	2	Elemento 36	Bueno	Bueno
335	Analista TC	2	Elemento 33	Malo	Malo
336	Analista TC	2	Elemento 21	Bueno	Bueno
337	Analista TC	2	Elemento 50	Bueno	Bueno
338	Analista TC	2	Elemento 37	Bueno	Bueno
339	Analista TC	2	Elemento 11	Malo	Malo
340	Analista TC	2	Elemento 40	Bueno	Bueno
341	Analista TC	2	Elemento 41	Malo	Malo
342	Analista TC	2	Elemento 27	Bueno	Bueno
343	Analista TC	2	Elemento 12	Bueno	Bueno
344	Analista TC	2	Elemento 47	Bueno	Bueno
345	Analista TC	2	Elemento 48	Malo	Malo
346	Analista TC	2	Elemento 23	Bueno	Bueno
347	Analista TC	2	Elemento 13	Bueno	Bueno
348	Analista TC	2	Elemento 7	Bueno	Bueno
349	Analista TC	2	Elemento 1	Bueno	Bueno
350	Analista TC	2	Elemento 4	Malo	Malo
351	Analista TD	2	Elemento 9	Malo	Malo
352	Analista TD	2	Elemento 44	Malo	Malo
353	Analista TD	2	Elemento 26	Malo	Malo
354	Analista TD	2	Elemento 15	Bueno	Bueno
355	Analista TD	2	Elemento 27	Bueno	Bueno
356	Analista TD	2	Elemento 38	Malo	Malo
357	Analista TD	2	Elemento 50	Bueno	Bueno
358	Analista TD	2	Elemento 35	Bueno	Bueno
359	Analista TD	2	Elemento 39	Bueno	Bueno
360	Analista TD	2	Elemento 6	Bueno	Bueno

Tabla XXVII: MSA Organoléptico completo Parte 10

361	Analista TD	2	Elemento 45	Malo	Malo
362	Analista TD	2	Elemento 49	Bueno	Bueno
363	Analista TD	2	Elemento 23	Bueno	Bueno
364	Analista TD	2	Elemento 40	Bueno	Bueno
365	Analista TD	2	Elemento 14	Malo	Malo
366	Analista TD	2	Elemento 24	Bueno	Bueno
367	Analista TD	2	Elemento 16	Bueno	Bueno
368	Analista TD	2	Elemento 11	Malo	Malo
369	Analista TD	2	Elemento 31	Malo	Malo
370	Analista TD	2	Elemento 21	Bueno	Bueno
371	Analista TD	2	Elemento 48	Malo	Malo
372	Analista TD	2	Elemento 8	Bueno	Bueno
373	Analista TD	2	Elemento 22	Bueno	Bueno
374	Analista TD	2	Elemento 5	Bueno	Bueno
375	Analista TD	2	Elemento 18	Bueno	Bueno
376	Analista TD	2	Elemento 34	Malo	Malo
377	Analista TD	2	Elemento 25	Bueno	Bueno
378	Analista TD	2	Elemento 33	Malo	Malo
379	Analista TD	2	Elemento 29	Malo	Malo
380	Analista TD	2	Elemento 12	Bueno	Bueno
381	Analista TD	2	Elemento 36	Bueno	Bueno
382	Analista TD	2	Elemento 37	Bueno	Bueno
383	Analista TD	2	Elemento 28	Malo	Malo
384	Analista TD	2	Elemento 32	Malo	Malo
385	Analista TD	2	Elemento 13	Bueno	Bueno
386	Analista TD	2	Elemento 47	Bueno	Bueno
387	Analista TD	2	Elemento 10	Bueno	Bueno
388	Analista TD	2	Elemento 46	Bueno	Bueno
389	Analista TD	2	Elemento 42	Bueno	Bueno
390	Analista TD	2	Elemento 19	Bueno	Bueno
391	Analista TD	2	Elemento 43	Bueno	Bueno
392	Analista TD	2	Elemento 4	Malo	Malo
393	Analista TD	2	Elemento 41	Malo	Malo
394	Analista TD	2	Elemento 17	Malo	Malo
395	Analista TD	2	Elemento 7	Bueno	Bueno
396	Analista TD	2	Elemento 3	Malo	Malo
397	Analista TD	2	Elemento 1	Bueno	Bueno
398	Analista TD	2	Elemento 20	Malo	Malo
399	Analista TD	2	Elemento 2	Bueno	Bueno
400	Analista TD	2	Elemento 30	Malo	Malo

Tabla XXVIII: Situación previa a la mejora Vitamina C Parte 1

Tiempo / Muestra	Vitamina C (300 mg - 400 mg)				
	0 minutos	30 minutos	60 minutos	90 minutos	120 minutos
1	349	348	366	366	355
2	335	332	345	346	347
3	356	355	349	339	343
4	351	354	335	367	366
5	366	355	356	355	349
6	346	347	351	354	335
7	339	343	355	355	356
8	367	366	354	347	351
9	354	345	355	356	355
10	344	336	347	351	354
1	349	348	366	366	355
2	335	332	345	346	347
3	356	355	349	339	343
4	351	354	335	367	366
5	366	355	356	355	349
6	346	347	351	354	335
7	339	343	355	355	356
8	367	366	354	347	351
9	354	345	355	356	355
10	344	336	347	351	354
1	349	348	366	366	355
2	335	332	345	346	347
3	356	355	349	339	343
4	351	354	335	367	366
5	366	355	356	355	349
6	346	347	351	354	335
7	339	343	355	355	356
8	367	366	354	347	351
9	354	345	355	356	355
10	344	336	347	351	354
1	349	348	366	366	355
2	335	332	345	346	347
3	356	355	349	339	343
4	351	354	335	367	366
5	366	355	356	355	349
6	346	347	351	354	335
7	339	343	355	355	356
8	367	366	354	347	351
9	354	345	355	356	355
10	344	336	347	351	354

Tabla XXIX: Situación previa a la mejora Vitamina C Parte 2

Tiempo / Muestra	Vitamina C (300 mg - 400 mg)				
	0 minutos	30 minutos	60 minutos	90 minutos	120 minutos
1	349	348	366	366	355
2	335	332	345	346	347
3	356	355	349	339	343
4	351	354	335	367	366
5	366	355	356	355	349
6	346	347	351	354	335
7	339	343	355	355	356
8	367	366	354	347	351
9	354	345	355	356	355
10	344	336	347	351	354
1	349	348	366	366	355
2	335	332	345	346	347
3	356	355	349	339	343
4	351	354	335	367	366
5	366	355	356	355	349
6	346	347	351	354	335
7	339	343	355	355	356
8	367	366	354	347	351
9	354	345	355	356	355
10	344	336	347	351	354
1	344	336	347	351	354
2	349	348	366	366	355
3	335	332	345	346	347
4	356	355	349	339	343
5	351	354	335	367	366
6	366	355	356	355	349
7	346	347	351	354	335
8	339	343	355	355	356
9	367	366	354	347	351
10	354	345	355	356	355
1	344	336	347	351	354
2	349	348	366	366	355
3	335	332	345	346	347
4	356	355	349	339	343
5	351	354	335	367	366
6	366	355	356	355	349
7	346	347	351	354	335
8	339	343	355	355	356
9	367	366	354	347	351
10	354	345	355	356	355

Tabla XXX: Situación previa a la mejora Vitamina C Parte 3

Tiempo / Muestra	Vitamina C (300 mg - 400 mg)				
	0 minutos	30 minutos	60 minutos	90 minutos	120 minutos
1	344	336	347	351	354
2	349	348	366	366	355
3	335	332	345	346	347
4	356	355	349	339	343
5	351	354	335	367	366
6	366	355	356	355	349
7	346	347	351	354	335
8	339	343	355	355	356
9	367	366	354	347	351
10	354	345	355	356	355
1	344	336	347	351	354
2	349	348	366	366	355
3	335	332	345	346	347
4	356	355	349	339	343
5	351	354	335	367	366
6	366	355	356	355	349
7	346	347	351	354	335
8	339	343	355	355	356
9	367	366	354	347	351
10	354	345	355	356	355

Tabla XXXI: Situación previa a la mejora Acidez Parte 1

Tiempo / Muestra	Acidez (9 ml - 11 ml)				
	0 minutos	30 minutos	60 minutos	90 minutos	120 minutos
1	9,8	10	10,1	9,8	10,1
2	9,8	9,9	9,8	10	9,9
3	10	10	9,8	9,9	10
4	10,1	10,3	9,8	9,8	10,3
5	9,8	10	10	10	10
6	9,8	9,9	10,1	10,3	10,3
7	10	10	9,8	10,1	10
8	10,3	10,3	9,8	9,8	9,8
9	10	9,8	10	9,8	9,8
10	9,9	9,8	9,9	10,1	10,1
11	10,1	10,0	10,3	10,1	10,1
12	9,9	9,8	10,0	10,1	10,3
13	10,0	9,9	9,7	10,2	10,0
14	10,2	10,0	10,1	10,1	9,9
15	9,8	10,1	9,9	10,1	9,9
16	9,9	10,2	10,0	10,1	9,6
17	10,0	10,2	10,1	10,1	10,2
18	10,2	9,9	10,3	10,3	9,8
19	9,5	10,2	9,8	10,0	10,0
20	10,1	10,2	10,0	9,8	9,9
21	9,8	10,0	10,2	9,9	9,9
22	10,2	9,9	10,1	10,0	10,3
23	9,8	10,0	10,1	10,1	10,2
24	9,9	10,1	9,9	10,1	9,7
25	10,2	9,8	9,9	9,7	10,1
26	9,9	10,2	10,1	10,1	9,9
27	10,3	10,0	10,1	9,9	9,7
28	10,2	9,9	9,7	10,0	10,0
29	9,9	10,0	10,3	10,0	10,0
30	10,4	10,2	10,0	10,0	10,3
31	9,9	10,0	9,9	9,9	9,9
32	10,3	9,7	9,9	10,3	10,0
33	10,1	10,2	10,2	9,9	10,2
34	10,0	10,1	10,2	10,1	10,1
35	10,2	9,8	10,2	10,3	9,9
36	10,1	10,0	10,0	10,0	10,1
37	10,0	9,8	10,2	10,1	9,8
38	10,0	10,0	9,8	10,1	9,7
39	9,8	10,0	9,9	9,9	10,0
40	9,9	10,0	10,1	9,7	9,8

Tabla XXXII: Situación previa a la mejora Acidez Parte 2

Tiempo / Muestra	Acidez (9 ml - 11 ml)				
	0 minutos	30 minutos	60 minutos	90 minutos	120 minutos
41	9,6	9,7	10,1	10,1	9,9
42	9,8	10,0	10,2	9,9	10,1
43	10,0	10,0	10,1	10,1	10,1
44	10,1	10,0	10,2	10,1	10,0
45	10,0	10,0	10,3	10,2	10,1
46	10,2	9,9	10,2	10,1	10,2
47	10,0	10,1	10,1	9,9	10,0
48	10,0	10,0	9,9	10,2	10,1
49	10,2	10,0	10,1	9,8	10,0
50	9,9	9,7	9,9	9,8	10,0
51	10,3	9,7	9,8	10,1	9,9
52	9,9	10,1	9,9	10,0	10,0
53	9,8	9,8	9,9	10,1	10,0
54	10,0	9,8	9,7	10,0	9,8
55	10,2	10,1	10,1	10,1	9,9
56	9,9	9,6	10,2	9,9	9,7
57	10,1	9,8	10,3	9,8	9,7
58	9,8	10,1	10,3	9,9	9,8
59	9,9	10,2	10,1	9,9	10,0
60	9,9	10,1	10,0	10,1	10,3
61	9,8	10,4	9,8	10,3	10,1
62	10,3	9,9	9,8	9,9	10,1
63	10,3	10,1	10,3	10,0	10,0
64	10,0	10,2	10,1	9,9	10,3
65	10,3	9,9	10,0	9,9	9,8
66	10,2	10,0	9,9	10,1	9,9
67	9,9	9,9	10,2	10,1	10,1
68	10,0	10,1	10,2	9,8	10,0
69	9,9	9,8	10,1	10,4	10,1
70	9,9	10,1	10,1	9,8	10,1
71	10,3	9,8	10,1	9,9	10,2
72	9,8	9,9	10,0	10,1	10,0
73	10,1	10,0	10,1	10,1	10,1
74	9,9	10,0	10,0	10,0	10,1
75	9,7	9,8	9,8	10,2	9,8
76	10,2	10,0	9,7	9,9	10,0
77	10,0	10,1	10,0	10,0	10,1
78	9,8	10,0	9,8	10,1	10,1
79	10,1	10,1	10,0	9,7	10,0
80	10,3	10,0	10,1	9,9	10,3

Tabla XXXIII: Situación previa a la mejora Acidez Parte 3

Tiempo / Muestra	Acidez (9 ml - 11 ml)				
	0 minutos	30 minutos	60 minutos	90 minutos	120 minutos
81	9,9	10,4	10,0	9,9	9,9
82	9,8	10,0	9,7	9,8	10,1
83	10,2	10,1	10,0	10,0	9,9
84	9,9	10,0	9,8	9,7	10,1
85	10,0	10,3	9,9	10,2	10,0
86	9,9	10,1	9,9	9,9	9,7
87	9,8	10,2	9,4	10,1	9,9
88	10,0	9,8	9,8	10,1	10,2
89	9,8	9,8	9,6	10,1	9,9
90	9,8	9,6	9,7	10,2	10,0
91	9,6	9,9	10,0	10,1	10,0
92	10,0	10,0	10,1	10,2	9,9
93	10,1	9,8	10,3	10,0	10,1
94	10,0	9,9	9,7	10,2	10,0
95	10,2	10,1	10,0	10,2	10,2
96	9,9	10,1	10,2	10,0	10,1
97	9,8	10,1	10,1	9,9	9,9
98	9,9	10,1	9,8	9,8	9,9
99	9,9	10,0	10,2	10,1	10,1
100	9,9	9,7	10,1	10,0	9,9

Tabla XXXIV: Situación previa a la mejora Organoléptico Parte 1

Tiempo / Muestra	Organoléptico				
	0 minutos	30 minutos	60 minutos	90 minutos	120 minutos
1	OK	OK	OK	OK	OK
2	OK	OK	OK	OK	OK
3	OK	OK	OK	OK	OK
4	OK	OK	OK	OK	OK
5	OK	OK	OK	OK	OK
6	OK	OK	OK	OK	OK
7	OK	OK	OK	OK	OK
8	OK	OK	OK	OK	OK
9	OK	OK	OK	OK	OK
10	OK	OK	OK	OK	OK
11	OK	OK	OK	OK	OK
12	OK	OK	OK	OK	OK
13	OK	OK	OK	OK	OK
14	OK	OK	OK	OK	OK
15	OK	OK	OK	OK	OK
16	OK	OK	OK	OK	OK
17	OK	OK	OK	OK	OK
18	OK	OK	OK	OK	OK
19	OK	OK	OK	OK	OK
20	OK	OK	OK	OK	OK
21	OK	OK	OK	OK	OK
22	OK	OK	OK	OK	OK
23	OK	OK	OK	OK	OK
24	OK	OK	OK	OK	OK
25	OK	OK	OK	OK	OK
26	OK	OK	OK	OK	OK
27	OK	OK	OK	OK	OK
28	OK	OK	OK	OK	OK
29	OK	OK	OK	OK	OK
30	OK	OK	OK	OK	OK
31	OK	OK	OK	OK	OK
32	OK	OK	OK	OK	OK
33	OK	OK	OK	OK	OK
34	OK	OK	OK	OK	OK
35	OK	OK	OK	OK	OK
36	OK	OK	OK	OK	OK
37	OK	OK	OK	OK	OK
38	OK	OK	OK	OK	OK
39	OK	OK	OK	OK	OK
40	OK	OK	OK	OK	OK

Tabla XXXV: Situación previa a la mejora Organoléptico Parte 2

Tiempo / Muestra	Organoléptico				
	0 minutos	30 minutos	60 minutos	90 minutos	120 minutos
41	OK	OK	OK	OK	OK
42	OK	OK	OK	OK	OK
43	OK	OK	OK	OK	OK
44	OK	OK	OK	OK	OK
45	OK	OK	OK	OK	OK
46	OK	OK	OK	OK	OK
47	OK	OK	OK	OK	OK
48	OK	OK	OK	OK	OK
49	OK	OK	OK	OK	OK
50	OK	OK	OK	OK	OK
51	OK	OK	OK	OK	OK
52	OK	OK	OK	OK	OK
53	OK	OK	OK	OK	OK
54	OK	OK	OK	OK	OK
55	OK	OK	OK	OK	OK
56	OK	OK	OK	OK	OK
57	OK	OK	OK	OK	OK
58	OK	OK	OK	OK	OK
59	OK	OK	OK	OK	OK
60	OK	OK	OK	OK	OK
61	OK	OK	OK	OK	OK
62	OK	OK	OK	OK	OK
63	OK	OK	OK	OK	OK
64	OK	OK	OK	OK	OK
65	OK	OK	OK	OK	OK
66	OK	OK	OK	OK	OK
67	OK	OK	OK	OK	OK
68	OK	OK	OK	OK	OK
69	OK	OK	OK	OK	OK
70	OK	OK	OK	OK	OK
71	OK	OK	OK	OK	OK
72	OK	OK	OK	OK	OK
73	OK	OK	OK	OK	OK
74	OK	OK	OK	OK	OK
75	OK	OK	OK	OK	OK
76	OK	OK	OK	OK	OK
77	OK	OK	OK	OK	OK
78	OK	OK	OK	OK	OK
79	OK	OK	OK	OK	OK
80	OK	OK	OK	OK	OK

Tabla XXXVI: Situación previa a la mejora Organoléptico Parte 3

Tiempo / Muestra	Organoléptico				
	0 minutos	30 minutos	60 minutos	90 minutos	120 minutos
81	OK	OK	OK	OK	OK
82	OK	OK	OK	OK	OK
83	OK	OK	OK	OK	OK
84	OK	OK	OK	OK	OK
85	OK	OK	OK	OK	OK
86	OK	OK	OK	OK	OK
87	OK	OK	OK	OK	OK
88	OK	OK	OK	OK	OK
89	OK	OK	OK	OK	OK
90	OK	OK	OK	OK	OK
91	OK	OK	OK	OK	OK
92	OK	OK	OK	OK	OK
93	OK	OK	OK	OK	OK
94	OK	OK	OK	OK	OK
95	OK	OK	OK	OK	OK
96	OK	OK	OK	OK	OK
97	OK	OK	OK	OK	OK
98	OK	OK	OK	OK	OK
99	OK	OK	OK	OK	OK
100	OK	OK	OK	OK	OK

Tabla XXXVII: Diseño de experimento Parte 1

Orden Estud.	Orden Corrida	Punto Central	Bloques	Tote	Ángulo	Bajada	Apareamiento	Vit. C
14	1	1	1	Plástico	45	Nueva	Con	322
13	2	1	1	Metálico	45	Nueva	Con	341
16	3	1	1	Plástico	55	Nueva	Con	342
32	4	1	1	Plástico	55	Nueva	Con	343
42	5	1	1	Plástico	45	Actual	Con	325
49	6	0	1	Metálico	50	Actual	Sin	315
2	7	1	1	Plástico	45	Actual	Sin	309
46	8	1	1	Plástico	45	Nueva	Con	350
39	9	1	1	Metálico	55	Nueva	Sin	329
47	10	1	1	Metálico	55	Nueva	Con	345
24	11	1	1	Plástico	55	Nueva	Sin	328
29	12	1	1	Metálico	45	Nueva	Con	331
20	13	1	1	Plástico	55	Actual	Sin	298
10	14	1	1	Plástico	45	Actual	Con	342
53	15	0	1	Metálico	50	Actual	Con	321
25	16	1	1	Metálico	45	Actual	Con	324
15	17	1	1	Metálico	55	Nueva	Con	342
3	18	1	1	Metálico	55	Actual	Sin	305
51	19	0	1	Metálico	50	Nueva	Sin	318
19	20	1	1	Metálico	55	Actual	Sin	341
34	21	1	1	Plástico	45	Actual	Sin	298
1	22	1	1	Metálico	45	Actual	Sin	330
5	23	1	1	Metálico	45	Nueva	Sin	288
37	24	1	1	Metálico	45	Nueva	Sin	315
31	25	1	1	Metálico	55	Nueva	Con	341
38	26	1	1	Plástico	45	Nueva	Sin	328
17	27	1	1	Metálico	45	Actual	Sin	285
4	28	1	1	Plástico	55	Actual	Sin	349
48	29	1	1	Plástico	55	Nueva	Con	345
40	30	1	1	Plástico	55	Nueva	Sin	327
28	31	1	1	Plástico	55	Actual	Con	345
41	32	1	1	Metálico	45	Actual	Con	328
35	33	1	1	Metálico	55	Actual	Sin	344
23	34	1	1	Metálico	55	Nueva	Sin	301
9	35	1	1	Metálico	45	Actual	Con	341

Tabla XXXVIII: Diseño de experimento Parte 2

43	36	1	1	Metálico	55	Actual	Con	346
52	37	0	1	Plástico	50	Nueva	Sin	319
11	38	1	1	Metálico	55	Actual	Con	342
22	39	1	1	Plástico	45	Nueva	Sin	331
26	40	1	1	Plástico	45	Actual	Con	329
56	41	0	1	Plástico	50	Nueva	Con	335
12	42	1	1	Plástico	55	Actual	Con	350
50	43	0	1	Plástico	50	Actual	Sin	321
45	44	1	1	Metálico	45	Nueva	Con	309
44	45	1	1	Plástico	55	Actual	Con	347
27	46	1	1	Metálico	55	Actual	Con	348
30	47	1	1	Plástico	45	Nueva	Con	330
8	48	1	1	Plástico	55	Nueva	Sin	305
21	49	1	1	Metálico	45	Nueva	Sin	299
6	50	1	1	Plástico	45	Nueva	Sin	306
55	51	0	1	Metálico	50	Nueva	Con	349
18	52	1	1	Plástico	45	Actual	Sin	332
33	53	1	1	Metálico	45	Actual	Sin	310
54	54	0	1	Plástico	50	Actual	Con	328
7	55	1	1	Metálico	55	Nueva	Sin	345
36	56	1	1	Plástico	55	Actual	Sin	305